Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2017



OCDE

Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2017



DES POLITIQUES MEILLEURES
POUR UNE VIE MEILLEURE

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Citer ce titre comme suit :
OCDE (2018), *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2017*, Éditions OCDE, Paris.
http://dx.doi.org/10.1787/9789264282483-fr

ISBN 978-92-64-28240-7 (imprimé)
ISBN 978-92-64-28248-3 (PDF)
ISBN 978-92-64-28249-0 (epub)

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Crédit photo: Maro Haas.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : *www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm*.

© OCDE 2018

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à *rights@oecd.org*. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) *info@copyright.com* ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) *contact@cfcopies.com*.

Avant-propos

La publication biennale des Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE *examine et décrypte les évolutions et les opportunités et défis qui se font jour dans l'économie numérique. Elle met en lumière la manière dont les pays membres et économies partenaires de l'OCDE tirent parti des technologies de l'information et des communications (TIC) et de l'internet pour atteindre leurs objectifs d'action publique. Données comparatives à l'appui, elle expose les pratiques réglementaires et les lignes d'action dont les décideurs peuvent s'inspirer pour optimiser le potentiel de l'économie numérique au service de l'innovation et de la croissance inclusive. Cette deuxième édition des* Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE *propose un tour d'horizon complet des tendances, de l'évolution des politiques et des données de l'économie numérique, du côté de l'offre comme de la demande, et dépeint les incidences de la transformation numérique sur les économies et les sociétés.*

L'édition 2017 des Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE *a été préparée par le Secrétariat de l'Organisation, sous la direction du Comité de la politique de l'économie numérique (CPEN), présidé par M. Wonki Min (Corée). Elle a bénéficié de la contribution des délégués du Comité et de ses groupes de travail sur les politiques d'infrastructure et de services de communication (GTPISC), la mesure et l'analyse de l'économie numérique (GTMAEN), et la sécurité et la vie privée dans l'économie numérique (GTSVPEN). Son contenu s'appuie en grande partie sur les réponses des pays membres et économies partenaires au questionnaire sur les politiques, diffusé en 2016 aux fins de l'élaboration de la présente édition.*

L'édition 2017 des Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE *a été préparée par la Division de la politique de l'économie numérique de la Direction de la science, de la technologie et de l'innovation de l'OCDE. David Gierten en a assuré la supervision et la coordination avec le concours de Cristina Serra Vallejo. Parmi les auteurs, citons, dans l'ordre alphabétique : Laurent Bernat, Frédéric Bourassa, Anne Carblanc, Lauren Crean, Michael Donohue, Marie-Lou Dupont, David Gierten, Gaël Hernandez, Bong Soo Keum, Elif Koksal-Oudot, Molly Lesher, Pierre Montagnier, Sam Paltridge, Karine Perset, Lorrayne Porciuncula, Giorgio Presidente, Christian Reimsbach-Kounatze, Elettra Ronchi, Carthage Smith, Cristina Serra Vallejo, Vincenzo Spiezia, Jan Tscheke, Verena Weber, Jeremy West et Yuki Yokoromi. Plusieurs contributeurs externes ont pris part à l'élaboration du chapitre 7 : Primavera De Filippi, Cyrus Hodes et Nicolas Miailhe. La version française a été réalisée par la Division de la traduction de l'OCDE. Le travail éditorial a été réalisé par Isabelle Etienne, Janine Treves, Angela Gosmann, et par la Direction des relations extérieures et de la communication de l'OCDE. Sarah Ferguson a contribué à la mise en forme de la publication.*

Enfin, il convient de saluer l'aide précieuse apportée par Airbnb, Akamai, General Motors, Neftcraft et Teligen, une division de Strategy Analytics Ltd., sans oublier nos collègues de l'OCDE, qui ont fourni des données à l'appui des analyses.

Les Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2017 *ont été déclassifiées par le Comité de la politique de l'économie numérique (CPEN) le 27 juillet 2017 par procédure écrite et préparées pour publication par le Secrétariat de l'OCDE.*

Table des matières

Résumé 13

Liste des acronymes, abréviations et unités de mesure 17

Partie I
Politiques

Chapitre 1. **La transformation numérique** 23

La transformation numérique, priorité phare des programmes d'action internationaux 24
La transformation numérique de l'économie et de la société 26
Principaux éléments en termes de politiques et de mesure à considérer à l'appui de la transformation numérique 30
Tour d'horizon des stratégies numériques nationales 38

Note 43
Références 43
Annexe 1.A1. Défis liés à la réalisation des objectifs d'action en faveur du numérique 44
Annexe 1.A2. Déclaration ministérielle sur l'économie numérique : innovation, croissance et prospérité sociale (« Déclaration de Cancún ») 45

Chapitre 2. **Politiques publiques et réglementation** 49

Introduction 50
Accès et connectivité 51
Utilisation des TIC et compétences 67
Innovation, applications et transformation 81
Risque numérique et confiance 98

Notes 115
Références 117
Annexe 2.A1. Sélection de fusions dans le secteur des communications, d'un montant égal ou supérieur à 500 millions USD, 2014-16 121
Annexe 2.A2. Autorités de réglementation communes 122
Annexe 2.A3. Forfaits d'itinérance aux tarifs nationaux en 2016 125

Partie II

Tendances

Chapitre 3. **Accès et connectivité** 129

Introduction 130
Tendances du secteur des TIC 132
Marchés des télécommunications 149
Les réseaux haut débit 152
L'internet des objets 167

Notes 176
Références 177

Chapitre 4. **Utilisation des TIC et compétences** 181

Introduction 182
Utilisation des TIC 183
Compétences TIC 199

Notes 216
Références 219

Chapitre 5. **Innovations, applications et transformations** 221

Introduction 222
L'innovation par le numérique dans les modèles économiques et les marchés 223
Services et applications numériques en plein essor 237
La transformation numérique de l'emploi et du commerce 259

Notes 272
Références 274

Chapitre 6. **Risque numérique et confiance** 283

Introduction 284
Rôle des risques numériques et de la confiance dans l'adoption des technologies et applications numériques 286
Évolution des incidents préjudiciables à la confiance dans l'économie numérique 298
Instaurer et renforcer la confiance dans l'économie numérique 310

Notes 329
Références 333

Chapitre 7. **Perspectives technologiques** 339

Introduction 340
L'intelligence artificielle 341
Les chaînes de blocs 356

Notes 370
Références 370

Tableaux

1.1. Classement des objectifs d'action en faveur du numérique par ordre de priorité . . . 40
1.2. Gouvernance des stratégies numériques nationales . . . 42
1.3. Cibles associées aux stratégies numériques nationales et état d'avancement de leur mise en œuvre . . . 42
1.A1.1. Principaux défis liés à la réalisation des objectifs d'action en faveur du numérique . . . 44
1.A1.2. Trois principaux défis pour chaque objectif d'action . . . 44
2.1. Principales caractéristiques des incubateurs et des accélérateurs . . . 66
2.2. Obstacles à la souscription d'une cyberassurance . . . 102
3.1. Offres commerciales et tarifaires pour les réseaux LPWA . . . 176
4.1. Dix principaux types de profils que les entreprises peinent à recruter, 2016 . . . 202
5.1. Quinze principaux acteurs de l'internet, classés selon leur capitalisation boursière, 1995 et 2017 . . . 235
5.2. Marchés de plateformes aux États-Unis : collaboration et recettes . . . 266
6.1. Coût de l'ensemble des incidents et des incidents les plus perturbateurs subis au cours des 12 derniers mois, Royaume-Uni, 2016 . . . 304

Graphiques

1.1. Conditions-cadres influant sur la transformation numérique . . . 32
1.2. Accès aux infrastructures numériques . . . 32
1.3. Adoption des technologies numériques par les entreprises . . . 34
1.4. Utilisation des technologies numériques par les particuliers . . . 35
1.5. Compétences numériques, enseignement supérieur et formation . . . 35
1.6. Innovations liées aux TIC . . . 36
1.7. Sécurité numérique et confiance . . . 37
1.8. Numérique et société . . . 38
2.1. Politiques de soutien à la croissance du secteur des TIC . . . 64
2.2. Initiatives gouvernementales de soutien à la croissance du secteur des TIC . . . 65
2.3. Dispositifs visant à encourager l'utilisation des TIC . . . 69
2.4. Mesures de promotion des TIC dans l'administration publique, par type de mesure . . . 70
2.5. Dispositifs visant à améliorer les compétences en TIC . . . 77
2.6. Dispositifs visant à soutenir l'innovation . . . 84
2.7. Dispositifs visant à promouvoir les applications et les services numériques . . . 88
2.8. Nombre de pays ayant adopté des stratégies nationales de sécurité numérique . . . 99
2.9. Dispositifs de renforcement de la sécurité numérique . . . 99
2.10. Dispositifs visant à renforcer la protection de la vie privée . . . 105
3.1. Croissance de la valeur ajoutée du secteur des TIC et de ses différentes industries dans la zone OCDE . . . 133
3.2. Valeur ajoutée du secteur des TIC et de ses différentes industries, 2015 . . . 133
3.3. Évolution de la part de la valeur ajoutée des TIC . . . 134

3.4. Croissance de l'emploi dans le secteur des TIC et ses différentes industries pour la zone OCDE . . . 135
3.5. Emploi dans le secteur des TIC et ses différentes industries, 2015 . . . 135
3.6. Évolution de la part du secteur des TIC dans l'emploi total . . . 136
3.7. Valeur ajoutée et emploi des TIC attribuables aux filiales étrangères, 2015 . . . 137
3.8. Croissance de la production des industries manufacturières des TIC . . . 137
3.9. Croissance des activités de services TIC . . . 139
3.10. Marché mondial des semi-conducteurs par région . . . 140
3.11. Évolution des investissements en capital-risque aux États-Unis . . . 140
3.12. Commerce de biens TIC . . . 141
3.13. Commerce de biens TIC par rapport aux échanges mondiaux . . . 142
3.14. Dix principaux exportateurs mondiaux de biens TIC . . . 142
3.15. Exportations mondiales de biens TIC par catégorie de produits TIC . . . 143
3.16. Exportations de services TIC . . . 143
3.17. Pays de l'OCDE et principaux exportateurs de services TIC . . . 144
3.18. Dix principaux exportateurs mondiaux de services TIC . . . 145
3.19. Intensité des dépenses de R-D des entreprises, total et secteur des TIC, 2015 . . . 145
3.20. DIRDE dans le secteur des TIC, 2015 . . . 146
3.21. Spécialisation des brevets relatifs aux TIC, 2012-15 . . . 147
3.22. Part des 20 principaux déposants de modèles d'appareils audiovisuels et TIC, 2006-09 et 2011-14 . . . 148
3.23. Marques relatives aux TIC, 20 principaux déposants, 2006-09 et 2011-14 . . . 148
3.24. Tendance des recettes et investissements dans le secteur des télécommunications . . . 150
3.25. Tendances en termes de voies d'accès . . . 150
3.26. Investissement dans les télécommunications en pourcentage des recettes . . . 152
3.27. Nombre d'abonnements au haut débit fixe pour 100 habitants, par technologie, décembre 2016 . . . 153
3.28. Nombre d'abonnements au haut débit fixe pour 100 habitants en pourcentage d'augmentation, décembre 2015 à décembre 2016 . . . 154
3.29. Débit moyen fourni par Akamai, T1 2016 . . . 156
3.30. Nombre d'abonnements au haut débit fixe pour 100 habitants, par catégorie de débit, décembre 2016 . . . 156
3.31. Abonnements au haut débit fixe, par technologie, zone OCDE . . . 160
3.32. Tendances des prix du haut débit fixe et mobile dans la zone OCDE, 2013-16 . . . 161
3.33. Nombre d'abonnements au haut débit mobile pour 100 habitants, décembre 2016 . . . 163
3.34. Cinq premiers pays en termes d'utilisation des données par abonnement au haut débit mobile . . . 165
3.35. Utilisation des données par abonnement au haut débit mobile, 2016 . . . 166
3.36. Utilisation des données par les véhicules Chevrolet connectés . . . 171
3.37. Adoption mondiale de l'IPv6 . . . 172
3.38. Adoption de l'IPv6 par pays . . . 173

4.1. Pénétration du haut débit dans les entreprises, par taille, 2016 184
4.2. Entreprises disposant d'une page ou d'un site web, par taille, 2016 185
4.3. Diffusion d'une sélection d'outils et d'activités TIC dans les entreprises, 2016 186
4.4. Pénétration des progiciels de gestion intégrés, par taille d'entreprise, 2015 187
4.5. Entreprises ayant recours aux services infonuagiques, par taille, 2016 188
4.6. Entreprises ayant recours à l'analytique des données massives, 2016 189
4.7. Nombre total de robots industriels opérationnels à l'échelle mondiale, 2014 191
4.8. Dix secteurs les plus robotisés, en pourcentage du parc de robots industriels opérationnels 192
4.9. Internautes, par âge, 2016 193
4.10. Internautes, par âge et niveau d'instruction, 2016 194
4.11. Diffusion d'une sélection d'activités en ligne parmi les internautes, 2016 195
4.12. Diffusion des achats en ligne 196
4.13. Utilisation de l'infonuagique par les individus dans une sélection de pays de l'OCDE, par groupe d'âge, 2016 197
4.14. Individus ayant suivi un cours en ligne 198
4.15. Individus utilisant les services de l'administration électronique, 2016 199
4.16. Compétences TIC spécialisées 202
4.17. Entreprises faisant état de difficultés à pourvoir des postes de spécialistes des TIC 203
4.18. Taux d'emplois vacants moyen dans les services TIC, rapporté au taux observé dans l'ensemble du secteur des entreprises 204
4.19. Offres d'emploi TIC publiées sur l'internet 205
4.20. Offres d'emploi en ligne destinées aux professionnels des TIC en Australie 205
4.21. Évolution des salaires par rapport à la productivité de la main-d'œuvre, 2001-16 206
4.22. Part de l'emploi des spécialistes des TIC à l'échelle de l'économie, 2016 207
4.23. Spécialistes des TIC par sexe, 2016 208
4.24. Diplômés de l'enseignement supérieur en technologies de l'information et des communications, 2015 208
4.25. Chercheurs dans le secteur des TIC 209
4.26. Utilisateurs quotidiens d'outils de communication et de recherche d'informations, et de logiciels de bureautique, dans un cadre professionnel, 2012 210
4.27. Demande de compétences TIC génériques (solutions de communication et de recherche d'informations) par pays 211
4.28. Demande de compétences TIC génériques (logiciels de bureautique) par pays 212
4.29. Personnes utilisant quotidiennement, au travail, des logiciels de bureautique, 2012 212
4.30. Corrélations entre le degré d'utilisation des TIC (solutions de bureautique) et la fréquence d'autres tâches ou activités, par niveau de compétences, 2012 214
4.31. Robots industriels, applications et professions 215

5.1. Investissements dans les TIC par type d'actifs, 2015 224
5.2. Évolution des investissements dans les TIC 226
5.3. Dynamisme des entreprises dans les industries productrices des TIC, utilisatrices des TIC et autres 227
5.4. Évolution des investissements en capital-risque 228
5.5. Charges administratives pesant sur les start-ups, 2013. 229
5.6. Convergence des technologies clés qui sous-tendent la transformation numérique des procédés industriels. 232
5.7. Marchés de plateformes en ligne. 236
5.8. Utilisation de plateformes en ligne pour les services d'« économie collaborative », 2016. 237
5.9. Adoption des programmes d'applications mobiles de santé par type, 2015 244
5.10. Utilisation des services de l'administration électronique par les particuliers et les entreprises dans les pays de l'OCDE. 252
5.11. Disponibilité et accessibilité des données publiques ouvertes, 2017 253
5.12. Responsables publics les plus suivis sur Twitter, 2017 254
5.13. Estimation des créations d'emploi imputables à l'augmentation du capital TIC 260
5.14. Hôtes et nuitées Airbnb aux États-Unis et sur les principaux marchés européens 263
5.15. Utilisateurs inscrits sur les plateformes Upwork et Freelancer 264
5.16. Biens et services TIC dans les exportations manufacturières. 269
5.17. Indice de restrictivité des échanges de services de l'OCDE, 2016 271
6.1. Inquiétudes suscitées par l'enregistrement des activités en ligne dans le but de fournir des publicités ciblées, 2016 290
6.2. Internautes s'abstenant d'effectuer certaines activités en ligne pour des raisons de sécurité 292
6.3. Internautes s'abstenant d'utiliser l'infonuagique pour des raisons de sécurité et de protection de la vie privée, 2014 293
6.4. Raisons avancées par les entreprises pour ne pas utiliser l'infonuagique, 2014. 296
6.5. Limitation de l'utilisation des services d'infonuagique par les entreprises en raison des difficultés rencontrées pour changer de prestataire, 2014 297
6.6. Entreprises ayant subi des incidents de sécurité numérique, 2010 ou ultérieurement 300
6.7. Individus ayant subi des incidents de sécurité numérique, 2015 ou ultérieurement 300
6.8. Évolution de la bande passante utilisée pour les plus grandes attaques par déni de service. 302
6.9. Individus ayant subi une violation de leur vie privée au cours des trois mois précédents. 305
6.10. Individus ayant communiqué des données personnelles sur l'internet, 2016. 307
6.11. Utilisation de données massives par les entreprises, par source de données et par secteur, groupe UE28, 2016. 308

6.12. Individus ayant subi une perte financière du fait d'un paiement en ligne frauduleux au cours des trois derniers mois 309
6.13. Individus ayant subi une perte financière du fait d'un hameçonnage ou d'un clonage de sites au cours des trois derniers mois 310
6.14. Individus gérant l'utilisation de leurs données personnelles sur l'internet, 2016 312
6.15. Large déploiement du chiffrement par les entreprises à l'échelle mondiale 313
6.16. Serveurs sécurisés par pays d'hébergement, mars 2017 314
6.17. Évolution du nombre de clés OpenPGP créées. 315
6.18. Nombre journalier d'utilisateurs de tous pays se connectant directement, septembre 2011-août 2017 315
6.19. Évolution du nombre de spécialistes certifiés et de professionnels de la protection de la vie privée et de la sécurité 318
6.20. Offres d'emploi et emplois d'analyste de la sécurité de l'information aux États-Unis 319
6.21. Entreprises ayant défini de façon formelle une politique de sécurité des TIC, par taille, 2015 323
6.22. Entreprises disposant d'une politique formellement définie pour gérer les risques d'atteinte à la vie privée dans un contexte numérique, 2015 325
7.1. Transactions Bitcoin confirmées par jour 358

Suivez les publications de l'OCDE sur :

http://twitter.com/OECD_Pubs
http://www.facebook.com/OECDPublications
http://www.linkedin.com/groups/OECD-Publications-4645871
http://www.youtube.com/oecdilibrary
http://www.oecd.org/oecddirect/

Ce livre contient des...

StatLinks
Accédez aux fichiers Excel® à partir des livres imprimés !

En bas des tableaux ou graphiques de cet ouvrage, vous trouverez des *StatLinks*. Pour télécharger le fichier Excel® correspondant, il vous suffit de retranscrire dans votre navigateur Internet le lien commençant par : *http://dx.doi.org*, ou de cliquer sur le lien depuis la version PDF de l'ouvrage.

Résumé

Les pouvoirs publics prennent peu à peu conscience des opportunités et des défis qui naissent de la révolution numérique

La transformation numérique figure en bonne place dans les programmes d'action des pouvoirs publics du monde entier, conscients du potentiel qu'elle recèle pour leurs économies. Les pays de l'OCDE ont formulé leurs objectifs lors de la Réunion ministérielle sur l'économie numérique, qui s'est tenue en 2016 à Cancún. Pour tirer le meilleur parti de la transformation numérique au service de l'innovation, de la croissance et de la prospérité sociale, ils concentrent leurs efforts sur les incidences de la révolution à l'œuvre sur l'action des pouvoirs publics, l'amélioration de la mesure, et la mise en place d'un cadre d'action intégré à l'appui d'une approche à l'échelle de l'ensemble du gouvernement. Bien que la mise en œuvre des stratégies numériques nationales soit en bonne voie dans la zone OCDE, des progrès restent à faire en matière de coordination. De fait, rares sont les pays dans lesquels la coordination de la stratégie numérique nationale a été confiée à un haut responsable ou un organisme dédié au numérique.

Malgré les effets persistants de la crise, les services informatiques continuent de progresser et les perspectives sont prometteuses

Depuis la crise économique mondiale, la valeur ajoutée dans le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) a globalement diminué dans la zone OCDE, une évolution conforme à celle de la valeur ajoutée totale. En revanche, au sein du secteur des TIC, elle a certes fléchi dans les services de télécommunications et la fabrication de matériel informatique et électronique, mais a progressé dans les services informatiques, et est restée stable dans l'édition logicielle. Ces tendances, qui transparaissent dans les chiffres de l'emploi TIC dans les pays de l'OCDE, devraient se confirmer dans les années à venir, la part des investissements en capital-risque dans les TIC – un indicateur des perspectives des entreprises – ayant renoué avec le pic de 2000. Le secteur des TIC reste un moteur d'innovation essentiel ; il représente la part la plus importante des dépenses de R-D des entreprises de la zone OCDE et plus d'un tiers des dépôts de brevet dans le monde.

Les infrastructures et services de communication se mettent à niveau afin de faire face à l'explosion des données

Les marchés des communications progressent sous l'effet de la demande et, dans de nombreux pays, de l'évolution des cadres réglementaires, qui favorisent la concurrence, l'innovation et l'investissement. La part des revenus consacrés à l'investissement dans les télécommunications a augmenté et les opérateurs continuent de déployer la fibre optique. Les tarifs moyens du haut débit fixe et mobile ont diminué, tandis que le nombre d'abonnements a progressé ; dans certains pays, l'utilisation des données mobiles a connu une croissance

exponentielle. La convergence des télécommunications et de la radiodiffusion donne lieu à des opérations de fusion-acquisition et à des réformes des cadres réglementaires et des institutions. Les débits d'un gigabit par seconde (Gbit/s) sont devenus monnaie courante, et l'on voit désormais apparaître les premières offres commerciales proposant 10 Gbit/s, de quoi prendre en charge la croissance exponentielle des données, avec, notamment, l'arrivée des véhicules connectés et autonomes.

L'utilisation des TIC poursuit sa progression, mais demeure inégalement répartie selon les pays, les entreprises et les individus

Si, en moyenne, l'utilisation des TIC par les individus bat des records, des disparités demeurent selon les pays et les catégories sociales, notamment pour les usages plus avancés de l'internet mobile (achats en ligne ou services bancaires, par exemple). Les personnes âgées et les moins instruits accusent les retards les plus marqués. Les pouvoirs publics mettent l'accent sur la formation professionnelle, ainsi que l'enseignement primaire ou secondaire, et investissent en priorité dans l'achat de matériel et la connectivité des établissements scolaires. Les utilisateurs s'inquiètent de la sécurité et de la protection de leur vie privée dans l'environnement numérique, deux obstacles majeurs à l'utilisation de l'internet, y compris parmi les plus instruits. Du côté des entreprises, les PME affichent un retard dans l'utilisation des TIC, que ce soit pour des tâches élémentaires ou plus avancées. L'infonuagique et l'analyse des données massives progressent rapidement, quoique partant de niveaux relativement bas. Si l'utilisation des robots dans la production augmente, elle se concentre pour l'heure dans un nombre limité de pays.

L'innovation par le numérique et les nouveaux modèles économiques changent la donne, y compris dans les domaines de l'emploi et des échanges

L'innovation fondée sur les données, les nouveaux modèles économiques et les applications numériques bouleversent les modes de fonctionnement de la science, des administrations, des villes et de secteurs comme la santé et l'agriculture. Les politiques en faveur de l'innovation par le numérique tendent à mettre l'accent davantage sur les réseaux d'innovation, l'accès au financement et l'utilisation (et la réutilisation) des données, que sur l'investissement dans les TIC, le capital intellectuel et l'analytique des données. La transformation numérique se traduit par des destructions et des créations d'emplois dans différents secteurs, et donne lieu à l'émergence de nouvelles formes de travail et à un remodelage des échanges commerciaux, en particulier dans les services. Face à ces bouleversements, les pouvoirs publics de nombreux pays ont entrepris de revoir leur législation du travail et leurs accords commerciaux.

L'utilisation efficace des TIC dans la sphère privée comme professionnelle ne peut se faire sans un renforcement non seulement des compétences TIC génériques et spécialisées, mais aussi des compétences de base

L'utilisation efficace des TIC, au travail comme dans la vie quotidienne, nécessite des compétences adaptées. Le « personnel informatique » figure en deuxième position dans le classement des dix principaux types de profils que les entreprises peinent à recruter, en particulier dans les services, même si seule une poignée de pays (du moins en Europe) semble confrontée à des pénuries de compétences TIC spécialisées. Autre constat, de nombreux travailleurs utilisant les TIC quotidiennement ne disposent pas de compétences TIC génériques suffisantes ; il en va de même pour les compétences de base, telles la résolution de problèmes et la communication, dont les travailleurs ont pourtant de plus en

plus besoin pour s'adapter à l'évolution des emplois. Quelques pays mettent actuellement en œuvre des programmes destinés à aligner les priorités en matière de formation aux TIC et les besoins en compétences attendus ; en revanche, rares sont ceux qui ont à ce jour adopté une stratégie complète de développement des compétences TIC.

Les inquiétudes quant à la sécurité numérique et à la protection de la vie privée freinent l'adoption des TIC et le développement des entreprises

L'utilisation de plus en plus intensive des TIC expose les entreprises et les individus à des risques accrus en termes de sécurité numérique et d'atteinte à la vie privée. Les PME doivent notamment mettre en place ou améliorer les pratiques de gestion de ces risques. Si de nombreux pays se sont dotés d'une stratégie nationale de sécurité numérique, ils sont peu à en avoir fait de même pour la protection de la vie privée. Or ces risques, conjugués aux inquiétudes suscitées par la fraude en ligne, les mécanismes de recours et la qualité des produits vendus sur l'internet, peuvent saper la confiance des consommateurs et ralentir la croissance du commerce électronique entre entreprises et particuliers. La plupart des politiques en matière de protection des consommateurs restent centrées sur la question générale de la confiance dans le commerce électronique, et commencent à peine à se saisir des nouvelles problématiques liées aux marchés des plateformes mettant en relation les particuliers.

L'intelligence artificielle ouvre certes de nouvelles perspectives, mais soulève également d'importantes problématiques en termes de politique et d'éthique

Sous l'effet de la généralisation de l'intelligence artificielle (IA), les machines sont désormais capables d'exécuter des fonctions cognitives imitant le comportement humain. Grâce à l'apprentissage automatique, aux données massives et à l'infonuagique, les algorithmes peuvent identifier des schémas d'une complexité croissante dans des ensembles de données volumineux, voire surpasser les capacités humaines dans certaines fonctions cognitives. Si l'IA offre des perspectives de gains d'efficience et de productivité, elle pourrait ajouter aux défis auxquels sont confrontés les pouvoirs publics. Et soulever des questions d'ordre politique et éthique, notamment pour ce qui est de ses effets potentiels sur l'avenir du travail et le développement des compétences, ou de ses incidences en termes de transparence et de surveillance, de responsabilité, d'obligations, et de sûreté et de sécurité.

La concrétisation du potentiel des chaînes de blocs dépend de la capacité à surmonter les obstacles techniques et à relever les défis stratégiques pour les politiques publiques

La technologie des chaînes de blocs permet de mener à bien des transactions sans l'intervention d'un intermédiaire de confiance. Par exemple, le Bitcoin, monnaie virtuelle mettant en application cette technologie, fonctionne indépendamment de toute banque centrale ou autre institution financière. Au-delà du Bitcoin, la technologie des chaînes de blocs crée des opportunités dans de nombreux domaines, de la finance au secteur public, en passant par l'éducation et l'internet des objets. Et pour cause : elle contribue à réduire les coûts de transaction, favorise la responsabilisation et permet de garantir l'exécution des obligations par le biais des contrats intelligents. La concrétisation de ce potentiel dépend encore, dans une large mesure, de la capacité à surmonter les contraintes techniques et les questions stratégiques, notamment : comment faire appliquer la loi en l'absence de tout intermédiaire, ou encore comment et à qui imputer la responsabilité juridique en cas de préjudice causé par les systèmes basés sur les chaînes de blocs ?

Liste des acronymes, abréviations et unités de mesure

AGCS	Accord général sur le commerce des services
ALE	Accord de libre-échange
ALENA	Accord de libre-échange nord-américain
APEC	Coopération économique pour l'Asie-Pacifique
API	Interface de programmation d'application
APNIC	Asia Pacific Network Information Center
ARCEP	Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (France)
B2B	Commerce interentreprise
B2C	Commerce entre entreprises et consommateurs
BRIICS	Brésil, Fédération de Russie, Inde, Indonésie, Chine et Afrique du Sud
CI	Capital intellectuel
CIB	Classification internationale des brevets
CIGI	Centre pour l'innovation dans la gouvernance internationale
CITE	Classification internationale type de l'éducation
CITI	Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique
CITP	Classification internationale type des professions
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés (France)
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (Espagne)
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones (Colombie)
CRTC	Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes
CSIRT	Équipe de réponse aux incidents de sécurité informatique
CSN	Consumer Sentinel Network (États-Unis)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (États-Unis)
DESI	Indice relatif à l'économie et à la société numériques (Union européenne)
DIRDE	Dépenses intérieures de R-D des entreprises
DME	Dossier médical électronique
DSL	Ligne d'accès numérique
EAD	Échange automatique de données
EDI	Échange de données informatisé
EEE	Espace économique européen

EUIPO	Office de la propriété intellectuelle de l'Union européenne
FAI	Fournisseur d'accès à l'internet
FCC	Federal Communications Commission (États-Unis)
FIRST	Forum of Incident Response and Security Team
FIT	Forum international des transports
FTC	Federal Trade Commission (États-Unis)
GATT	Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce
Gbit/s	Gigabit par seconde
GBP	Livre sterling
GM	General Motors
Go	Gigaoctet
GPS	Global Positioning System
IA	Intelligence artificielle
IAF	Intelligence artificielle forte
IAPP	Association internationale des professionnels de la protection de la vie privée
IATN	Itinérance aux tarifs nationaux
IdO	Internet des objets
IP	Protocole internet
IP5	Cinq offices de la propriété intellectuelle
IPv6	Protocole internet, version 6
IRES	Indice de restrictivité des échanges de services
ISDE	Innovation, Sciences et Développement économique Canada
ISP	Informations du secteur public
JPO	Office japonais des brevets
kbit	Kilobit
kbit/s	Kilobit par seconde
KIPO	Office coréen de la propriété intellectuelle
km	Kilomètre
ko	Kilo-octet
KRW	Won coréen
LAN	Réseau local
LINX	London Internet Exchange
LPWA	Réseau *low-power, wide-area* (longue portée, faible consommation)
LTE	Technologie d'évolution à long terme
LTE-M	Technologie d'évolution à long terme pour les machines
LTE-V	Technologie d'évolution à long terme pour les véhicules
M2M	Communication de machine à machine
Mbit/s	Mégabit par seconde

MHz	Mégahertz
MNO	Opérateur de réseau mobile
Mo	Mégaoctet
MVNO	Opérateur de téléphonie mobile sans réseau
NAICS	North American Industry Classification System
NCSA	National Cyber Security Alliance (États-Unis)
OAIC	Office of the Australian Information Commissioner (Australie)
OBD	Diagnostic embarqué
OEB	Office européen des brevets
OMC	Organisation mondiale du commerce
ORECE	Organe des régulateurs européens des communications électroniques
OTT	Services *over-the-top*
P2P	Pair à pair
PCAI	Programme canadien des accélérateurs et des incubateurs
PGI	Progiciel de gestion intégré
PGP	Pretty Good Privacy
PIAAC	Programme de l'OCDE pour l'évaluation internationale des compétences des adultes
PIB	Produit intérieur brut
PME	Petites et moyennes entreprises
Po	Pétaoctet
PPA	Parité de pouvoir d'achat
PPP	Partenariat public-privé
R-D	Recherche et développement
RFID	Radio-identification
RGPD	Règlement général sur la protection des données (Union européenne)
RICPC	Réseau international de contrôle et de protection des consommateurs
SCN	Système de comptabilité nationale
SIA	Superintelligence artificielle
SIG	Système d'information géographique
SIPO	Office national de la propriété intellectuelle de Chine
SSL	*Secure socket layer*
STIM	Sciences, technologies, ingénierie et mathématiques
TIC	Technologies de l'information et des communications
TiVA	Échanges en valeur ajoutée
To	Téraoctet
Tor	The Onion Router
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
UE	Union européenne

USD	Dollar des États-Unis
USPTO	Office des brevets et des marques des États-Unis
USTR	United States Trade Representative (États-Unis)
VoD	Vidéo à la demande
VoIP	Voix sur IP
VoLTE	Voix sur la technologie d'évolution à long terme

PARTIE I

Politiques

Chapitre 1

La transformation numérique

La transformation numérique figure en bonne place dans les programmes d'action du monde entier, et les pays de l'OCDE s'attachent à en concrétiser les avantages au service de l'économie et de la société. Ce chapitre propose un panorama de la transformation numérique : il examine ses incidences dans différents domaines d'action, présente les principaux enjeux en termes de politique et de mesure, à l'appui de l'élaboration d'un cadre d'action intégré, et dresse un état des lieux des stratégies numériques nationales mises en œuvre dans la zone OCDE.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

La transformation numérique, priorité phare des programmes d'action internationaux

Des sommets du G7 et du G20 à la Réunion ministérielle de l'OCDE, en 2016, en passant par le sommet du G20 en 2017, la révolution numérique est devenue l'un des thèmes phares des débats internationaux. Les responsables aux plus hauts niveaux des gouvernements comme les dirigeants mondiaux s'accordent sur un point : le numérique transforme la vie des citoyens. Et conviennent à l'unisson de l'urgence d'en mobiliser les bienfaits au service d'une prospérité plus inclusive et durable.

La Réunion ministérielle de l'OCDE sur l'économie numérique, organisée à Cancún en juin 2016, a marqué une étape essentielle de ce processus. Ce fut l'occasion, pour les ministres de 43 pays, de reconnaître que le numérique peut être la clé d'un avenir meilleur, d'appeler de leurs vœux l'adoption d'une approche globale afin d'en concrétiser le plein potentiel au service de la croissance et du bien-être, et d'impulser l'avènement d'une nouvelle ère de l'élaboration des politiques afin de faire en sorte que la révolution numérique profite à tous, dans tous les pays.

Ce premier chapitre plante le décor de l'édition 2017 des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE*. Il rappelle les messages phares de la Réunion ministérielle de Cancún, fait un tour d'horizon de la nouvelle vague de technologies numériques qui sous-tendent la transformation actuelle des économies et des sociétés, et propose des pistes pour mieux appréhender les manifestations de la transformation numérique et ses incidences sur l'action des pouvoirs publics. Il examine en outre les principaux enjeux, en termes de politiques et de mesure, à l'appui de la transformation numérique, et dresse un état des lieux des stratégies numériques nationales.

La Réunion ministérielle sur l'économie numérique organisée à Cancún en 2016 a fixé le cap des travaux de l'OCDE sur la transformation numérique

La Réunion ministérielle de Cancún a été l'occasion de débattre des solutions pour exploiter le potentiel économique et social de l'économie numérique dans des pays présentant différents niveaux de développement. Outre les pays membres de l'OCDE, plusieurs économies des régions Amérique latine et Caraïbes, Afrique et Asie étaient représentées. Tous ont reconnu que la transformation numérique à l'œuvre ces dernières décennies irrigue désormais l'ensemble de l'économie et de la société, avec un déploiement presque complet des infrastructures numériques dans la zone OCDE, un accès à l'internet passé de 4 % à 40 % de la population mondiale en à peine 20 ans, et des pays émergents et en développement qui font une utilisation croissante des technologies numériques dans des secteurs allant du commerce électronique à l'agriculture, en passant par les services bancaires.

Dans l'ensemble, les ministres ont convenu que la concrétisation des avantages de la transformation numérique ne pouvait se faire sans relever les défis qu'elle pose en termes d'emploi, de compétences et de confiance. Ils ont également souligné l'urgence de développer une approche proactive et intégrée, faisant intervenir l'ensemble des parties prenantes, afin

de concevoir et de mettre en œuvre une stratégie claire pour façonner la transformation numérique. Tout au long de l'événement, les participants ont martelé l'importance de combler le déficit de données et de mieux mesurer l'ampleur, le rythme et les conséquences de la révolution numérique, ainsi que l'efficacité des politiques y afférentes.

Encadré 1.1. **Principaux messages de la Réunion ministérielle de Cancún**

Il est urgent de définir une vision stratégique et une approche parfaitement intégrée de la transformation numérique, afin de mieux appréhender la façon dont elle transforme la vie des citoyens, comment en tirer le meilleur parti et comment aider ceux qui risquent d'être laissés pour compte. Ce faisant, il convient de garder à l'esprit les points suivants :

- Le caractère ouvert de l'internet favorise le développement social, économique et culturel.
- Il importe de stimuler l'innovation par le numérique à l'échelle de l'économie.
- La convergence des différentes technologies de communication offre de nombreuses possibilités d'amélioration des réseaux et des services.
- Il est essentiel de s'assurer que les cadres appropriés sont en place pour l'internet des objets de demain.
- La confiance des consommateurs est une condition indispensable pour doper la croissance de l'économie numérique.
- Il importe de mettre en place une gestion du risque de sécurité numérique et d'atteinte à la vie privée pour assurer la prospérité économique et sociale.
- Toutes les parties prenantes ont un rôle à jouer dans l'émergence de nouveaux marchés et la création de nouveaux emplois à l'ère numérique.
- L'utilisation croissante des technologies numériques fait naître des besoins en compétences nouvelles.

Source : OCDE (2016a), *Meeting the policy challenges of tomorrow's digital economy*, *www.oecd.org/fr/internet/ministerielle/*.

Enfin, les 43 pays qui ont entériné la Déclaration ministérielle (voir annexe 1.A2) se sont engagés à travailler de concert avec l'OCDE et l'ensemble des parties prenantes pour :

- préserver le caractère ouvert de l'internet, tout en réalisant simultanément certains objectifs d'action publique, tels que la protection de la vie privée, de la sécurité, des enfants dans l'environnement numérique et de la propriété intellectuelle, ainsi que le renforcement de la confiance dans l'internet
- recenser, développer et dynamiser l'éventail de compétences nécessaires pour permettre une participation inclusive à une économie où le numérique occupe une place de plus en plus importante ; et analyser les nouvelles modalités de travail nées des technologies numériques, ainsi que leurs incidences sur la qualité des emplois et les relations de travail
- mettre au point des stratégies de protection de la vie privée et des données personnelles au plus haut niveau de gouvernement, qui prennent en compte toutes les composantes de la société, tout en offrant la souplesse nécessaire pour tirer le meilleur parti des technologies numériques dans l'intérêt général ; et favorisent le développement de dispositifs internationaux promouvant une protection efficace de la vie privée et des données personnelles d'un pays ou territoire à l'autre, notamment via l'interopérabilité des cadres mis en place

- évaluer les effets de la transformation numérique sur la société et tous les secteurs de l'économie mondiale, afin d'identifier les avantages et les défis à en attendre, et d'examiner comment les stratégies et les politiques nationales peuvent les prendre en compte et miser sur l'innovation pour combler les fossés numériques
- renforcer la collecte de statistiques comparables au niveau international sur l'adoption et l'utilisation des infrastructures haut débit et des services numériques, ainsi que sur l'utilisation des technologies numériques par les entreprises et les individus dans l'ensemble de l'économie et de la société ; et contribuer à la mise au point de nouveaux indicateurs de l'économie numérique, afin notamment d'évaluer la confiance, les compétences et les flux mondiaux de données.

Nombre de ces ambitions ont été réaffirmées à l'occasion de la Réunion du Conseil au niveau des Ministres de 2017, où les pays ont reconnu explicitement la nécessité de promouvoir et de protéger la libre circulation de l'information à l'échelle mondiale, l'importance de normes techniques mondiales adaptées au marché, la nécessité d'intensifier le dialogue international sur les questions de respect de la vie privée et de sécurité numérique, les droits de propriété intellectuelle et la protection des consommateurs, ainsi que la connectivité haut débit (OCDE, 2017a).

La transformation numérique de l'économie et de la société

La transformation numérique repose, depuis l'origine, sur deux piliers technologiques – la numérisation et la réticularité –, complétés par un écosystème de technologies interdépendantes en constante évolution. La numérisation désigne la conversion d'un signal analogique porteur d'information (son, image ou texte, par exemple) en une succession de chiffres binaires (ou bits). Bien que le processus de numérisation ou de collecte reste onéreux, l'information peut être représentée de façon universelle et stockée sous forme de données. Celles-ci peuvent alors être utilisées – à savoir traitées, stockées, filtrées, tracées, identifiées, dupliquées et transmises – à l'infini par des équipements numériques, sans risque de dégradation, à très grande vitesse et pour un coût marginal négligeable. L'internet a ouvert la voie à une réticularité croissante qui permet de réaliser ces opérations à l'échelle mondiale. À l'inverse, le traitement et la diffusion d'informations analogiques est lent et le nombre restreint de formats (papier, bobine, bande magnétique, etc.) limite considérablement les possibilités de les lier, les combiner et les répliquer. En bref, le numérique réduit les contraintes physiques qui entravent le partage et l'exploitation des informations (voir, par exemple, OCDE, 2015a).

Un écosystème de technologies numériques sous-tend la transformation des économies et des sociétés

La numérisation et la réticularité ont été rendues possibles par la croissance exponentielle de la puissance de calcul, avec un doublement du nombre de transistors sur les circuits intégrés tous les 18 à 24 mois, soit une densité multipliée par 100 tous les 10 ans, et ce, pendant près de 50 ans (loi de Moore). La généralisation des smartphones depuis 2007 illustre parfaitement cet essor que vient encore accélérer l'informatique proposée sous forme de service, dans le nuage. Conjugués au développement d'une connectivité mobile ininterrompue, ces phénomènes ont donné lieu, au cours des dix dernières années, à l'émergence d'un large éventail de produits, d'applications et de services formant un écosystème de plus en plus étendu de technologies et d'applications qui, adoptées par

un nombre croissant d'utilisateurs, d'entreprises et d'administrations, impulsent la transformation numérique (OCDE, 2016b). Les composantes phares de cet écosystème sont les suivantes :

- L'internet des objets (IdO) désigne les appareils et objets dont l'état peut être modifié via l'internet, avec ou sans la participation active des utilisateurs (OCDE, 2015a). Entrent dans cette catégorie les objets et capteurs qui recueillent des données et les échangent avec d'autres dispositifs et avec des humains. Les capteurs en réseau ouvrent la voie à de nombreuses applications : ils permettent notamment de suivre la santé, la localisation et les activités des individus et des animaux, ou encore l'état des processus de production, l'efficience des services municipaux, ou l'environnement naturel (OCDE, 2016c). Dans les pays de l'OCDE, le nombre d'appareils connectés à l'intérieur et à proximité du domicile des utilisateurs devrait passer de 1 milliard en 2016 à 14 milliards à l'horizon 2022 (OCDE, 2015a). Ces appareils constituent une importante source de données à l'appui de l'analytique des données massives.
- L'analytique des données massives désigne une série de techniques et d'outils utilisés pour traiter et interpréter les volumes considérables de données résultant de la numérisation croissante des contenus, du suivi accru des activités humaines et de la généralisation de l'internet des objets (OCDE, 2015a). Elle permet d'inférer des relations, d'établir des dépendances et de prévoir des résultats et des comportements. Entreprises, administrations et individus ont ainsi accès à des volumes sans précédent de données qui éclairent la prise de décision en temps réel, grâce à la combinaison d'un large éventail d'informations issues de différentes sources. L'analytique des données massives contribue à son tour à l'apprentissage automatique, l'un des moteurs de l'intelligence artificielle (IA).
- L'IA désigne les techniques mises en œuvre pour créer des machines simulant les fonctions cognitives humaines. Sa diffusion rapide s'explique par les avancées récentes dans le domaine de l'apprentissage automatique, une discipline de l'IA qui identifie automatiquement des schémas dans des ensembles de données complexes. L'IA rend les appareils et les systèmes intelligents, et ouvre la voie à de nouveaux types de logiciels et de robots, qui se démarquent des générations précédentes de machines par une capacité croissante à agir comme des agents autonomes et à faire preuve d'indépendance par rapport aux décisions de leurs inventeurs et de leurs opérateurs. L'IA devrait, à l'avenir, aider à résoudre des questions complexes, à générer des gains de productivité, à améliorer l'efficience de la prise de décision et à réduire les coûts.
- La technologie de chaîne de blocs repose sur une architecture décentralisée, sans intermédiaire, qui facilite les transactions économiques et les interactions de pair à pair. Outre l'échange d'informations, elle prend en charge des protocoles permettant l'échange de valeurs et de contrats juridiques, et ouvre la voie à d'autres applications comparables. Les chaînes de blocs publiques (utilisables sans autorisation), telles Bitcoin, fonctionnent comme une base de données distribuée inviolable qui tient lieu de registre public ouvert, partagé et sécurisé ne pouvant être falsifié, et que tout un chacun peut inspecter. La transparence des transactions, les règles strictes et la surveillance constante qui caractérisent les réseaux basés sur la technologie de chaîne de blocs sont autant de conditions favorisant la confiance des utilisateurs à l'égard des transactions qui y sont menées ; il n'est donc pas nécessaire de faire appel à une autorité de confiance ou un opérateur intermédiaire.

De nombreuses autres technologies sous-tendent la transformation numérique, de l'infonuagique aux logiciels libres de type Hadoop, en passant par la robotique, l'informatique en grille, la neuroinformatique, ou encore la réalité virtuelle. Certaines trouvent des applications dans la quasi-totalité des secteurs de l'économie et peuvent, à ce titre, être considérées comme généralistes. D'autres ont des applications plus restreintes, dans des secteurs particuliers. Elles peuvent être combinées et forment un écosystème de technologies à l'origine d'une transformation numérique rapide et diffuse de l'économie, de la société, et, de plus en plus fréquemment, des administrations, dans de nombreux domaines, modifiant ce faisant les marchés et les comportements économiques, qui n'ont aujourd'hui plus rien à voir avec ceux de l'ère analogique qui nous sont familiers.

Identifier des pistes pour mieux comprendre les incidences de la transformation numérique sur l'action des pouvoirs publics

Sous l'impulsion de la numérisation, de la réticularité et du développement de l'écosystème des cybertechnologies, le numérique transforme nos économies et nos sociétés, en bouleversant la façon dont les individus interagissent, dont les entreprises opèrent et innovent, et dont les administrations conçoivent et mettent en œuvre les politiques. Les travaux menés par l'OCDE pour aider à mieux appréhender les incidences de la transformation numérique sur l'action des pouvoirs publics ont abouti à l'identification d'un premier ensemble de « vecteurs de la transformation numérique » permettant de mettre au jour les propriétés fondamentales et les effets transversaux du phénomène à l'œuvre dans la société, les secteurs de l'économie et les domaines d'action des pouvoirs publics (encadré 1.2).

Encadré 1.2. **Vecteurs de la transformation numérique**

Les produits, les interactions et les marchés numériques présentent des caractéristiques propres qui sous-tendent les changements qui s'opèrent dans l'économie et la société. Ces caractéristiques, souvent causes de bouleversements, peuvent servir, ou compliquer, l'action des pouvoirs publics. Les travaux menés par l'OCDE ont permis de mettre en lumière les caractéristiques les plus marquantes et conduit à l'identification d'un ensemble de huit « vecteurs de la transformation numérique », répartis ci-dessous dans trois catégories : 1) échelle, portée et vitesse du changement ; 2) propriété, actifs et valeur économique ; et 3) relations, marchés et écosystèmes. Ces « vecteurs » ont vocation à aider à mieux comprendre la transformation numérique et ses incidences sur l'action des pouvoirs publics.

1. Échelle, portée et vitesse du changement

Changement d'échelle avec une masse critique limitée : si les produits et services numériques présentent des caractéristiques économiques diverses (tel est le cas des réseaux, des semi-conducteurs, des smartphones ou de l'informatique), les éléments numériques fondamentaux – logiciels, données et normes – en ont de bien arrêtées. Les coûts fixes font contraste avec les coûts marginaux, faibles, voire proches de zéro. Cette particularité, associée à la couverture mondiale de l'internet, permet aux entreprises et aux plateformes de prendre rapidement de l'envergure, souvent avec un nombre réduit d'employés ou d'actifs corporels, ou avec une faible assise géographique.

Portée panoramique : l'informatisation des fonctions donne un niveau de sophistication sans précédent aux produits (ainsi le smartphone) et aux services (dont l'offre est pléthorique). Les normes favorisent quant à elles l'interopérabilité de composants et de produits d'origine différente, accentuant ainsi les économies d'échelle et de gamme issues de la combinaison, du traitement et de l'intégration des ressources numériques à l'échelle mondiale.

Encadré 1.2. **Vecteurs de la transformation numérique** *(suite)*

Dynamiques temporelles : on observe souvent que la technologie numérique accélère les communications, le commerce, la diffusion de l'information et de l'innovation, et l'évolution des pratiques économiques et sociales. Toutefois, ses implications sont autrement complexes : l'accélération numérique se heurte aux cadres temporels hérités du passé, à la lenteur des processus institutionnels, à l'inertie des comportements et aux limites de l'attention humaine. La technologie permet également de relativiser la notion temps en ce qu'elle facilite la préservation de l'information passée et la rend facile à sonder, indexer, réutiliser à d'autres fins, revendre et mémoriser.

2. Propriété, actifs et valeur économique

Capital « logique » (immatériel) : l'importance grandissante des sources de création de valeur incorporelle, en particulier des logiciels et des données, est assez généralement admise. Les biens matériels – qu'il s'agisse de moteurs à réaction, de tracteurs ou d'équipements spécialisés – peuvent générer et restituer des données qui deviennent service – ou un hybride entre bien et service. À cela s'ajoute l'émergence de plateformes, qui permettent aux entreprises et aux individus de louer ou de mettre en commun facilement leurs biens d'équipement physiques.

Mobilité de la valeur : du fait qu'ils sont immatériels et codés à l'usage de machines, les logiciels et les données peuvent être stockés ou exploités n'importe où. Cela permet de dissocier la valeur de la localisation géographique.

3. Relations, marchés et écosystèmes

Déplacement de l'intelligence vers la périphérie : le principe de « bout en bout » de l'internet a donné lieu à un déplacement de l'intelligence du centre vers la périphérie du réseau. Équipés de leur ordinateur ou de leur smartphone, les utilisateurs peuvent concevoir et bâtir leurs propres réseaux grâce aux listes de diffusion, aux hyperliens et aux médias sociaux, créant ainsi des communautés distinctes. Mais il leur faut en règle générale assumer des responsabilités qui étaient jusque-là centralisées (protection de la vie privée, sécurité).

Plateformes et écosystèmes : la technologie numérique donne plus d'ampleur aux interactions et au comportement des individus, des communautés, des entreprises et des pouvoirs publics. Elle dynamise ainsi non seulement les relations directes, mais également les marchés multifaces reposant sur elle, plus connus sous le nom de plateformes. Certaines des plateformes parmi les plus importantes présentent des degrés divers d'intégration, d'interopérabilité, de partage de données et d'ouverture, faisant essentiellement office d'écosystèmes propriétaires.

Abolition des frontières : la mobilité de la valeur et la portée mondiale de l'internet favorisent la création de valeur, les transactions et les interactions, sans considération de lieux et de frontières.

Chacun des vecteurs proposés peut avoir des incidences dans plusieurs domaines d'action – ce qui est d'ailleurs souvent le cas. Ainsi, les effets des changements d'échelle sans masse critique peuvent limiter l'efficacité des politiques ciblant les « grandes » ou les « petites » entreprises en fonction de critères de masse, tels que l'effectif, et, plus généralement, susciter des débats sur l'application de la règle « *de minimis* » donnant droit à des exonérations au titre de certaines mesures (droits, taxes, coûts sociaux, etc.), ou la qualification de « petite » taille ouvrant droit à certains avantages ou subventions. Le développement à grande échelle des entreprises du numérique, notamment des plateformes bénéficiant des externalités de réseau et des économies de gamme, peut donner lieu à des phénomènes de concentration et de « prime au gagnant », du moins pendant un temps. La possibilité pour les entreprises du numérique d'acquérir et d'analyser des données de manière asymétrique, y compris à l'échelle d'un écosystème de produits, peut soulever des questions diverses, des traditionnelles inquiétudes quant au respect de la vie privée, à l'adéquation de la politique en matière de concurrence lorsque des entreprises jouant

un rôle central dans l'acquisition et l'analyse des données peuvent créer, de fait, une barrière à l'entrée d'autres entreprises. Par ailleurs, les plateformes donnent certes lieu à une concentration des cybermarchés, mais favorisent également une décentralisation de l'activité à la périphérie des réseaux, à l'instar de ce qui se produit dans l'économie dite « à la tâche », qui peut rendre difficile l'application de règles prévues pour de grandes entités et non pour des microentreprises ou des travailleurs indépendants, et peut poser des problèmes en termes de conditions de travail et de protection sociale. Enfin, les entreprises du numérique grandissent souvent à vitesse grand V, ne laissant pas le temps aux pouvoirs publics d'adapter les politiques ni de revoir les cadres juridiques et réglementaires, et bénéficient de possibilités d'arbitrage réglementaire.

Les effets du développement du capital immatériel, y compris des produits hybrides alliant des biens et des services, peuvent avoir des incidences sur les politiques visant à stimuler l'investissement – incitations fiscales, règles comptables d'amortissement (accéléré) et subventions en faveur de l'investissement direct étranger –, ainsi que sur les mesures d'investissement, généralement conçues pour le capital corporel installé dans une juridiction donnée, et non pour des actifs incorporels ou des investissements entrant dans la composition d'un service susceptible d'être acquis à l'étranger. Sans compter les problèmes qui se posent lorsque les politiques commerciales opèrent une distinction entre les échanges de biens (tels les ordinateurs) et de services (logiciels-services ou services infonuagiques, par exemple), alors même que les flux de données permettent de plus en plus fréquemment d'offrir un bien en complément d'un bouquet de services. Plus généralement, la nature immatérielle des bits et la possibilité de les stocker dans un lieu choisi en fonction de critères plus logiques que physiques, créent des possibilités d'arbitrage entre les juridictions et mettent à mal les politiques fondées sur la localisation géographique de l'activité numérique donnant lieu à la création de valeur. Sont notamment remis en cause l'imposition des entreprises et du travail, les règles d'origine applicables aux échanges, la mise en œuvre du droit de la concurrence dans le cadre de marchés bien définis, le droit du travail fondé sur la notion d'employeur et d'employé rattachés à un lieu de travail donné, et les mesures d'éducation conçues pour les enseignants ou les élèves d'une école ou d'un secteur particuliers. Enfin, la mobilité de la valeur et la portée mondiale de l'internet favorisent la création de valeur, les transactions et les interactions sans considération de lieux et de frontières, ce qui peut remettre en cause les principes traditionnels de territorialité, de communauté locale et de souveraineté.

Principaux éléments en termes de politiques et de mesure à considérer à l'appui de la transformation numérique

La transformation numérique bouleverse progressivement chaque aspect de l'économie et de la société, obligeant à reconsidérer simultanément de nombreux domaines d'action selon une approche intégrée, et contraignant les pouvoirs publics à s'affranchir des silos et des strates traditionnels pour définir une vision et une stratégie à l'échelle de l'ensemble du gouvernement. Comme évoqué dans un rapport préparé en 2017 en vue de la Réunion du Conseil de l'OCDE au niveau des Ministres, il conviendra, dans l'optique de l'élaboration d'un cadre d'action intégré, de s'assurer que les fondements de la transformation numérique sont en place et que les politiques dans tous les domaines favorisent la transformation numérique de l'économie et de la société (OCDE, 2017b).

La présente section passe en revue les indicateurs mis au point dans le cadre du projet « Vers le numérique : pour une transformation au service de la croissance et du bien-être », mené à l'échelle de l'OCDE. Ces indicateurs peuvent aider à évaluer la situation des pays au

regard des fondements de l'économie numérique et leur aptitude à saisir les opportunités qu'offre la transformation numérique. Ils évolueront à la faveur des enseignements que l'on tirera des travaux sur la mesure, de l'analyse économique et de l'évaluation des politiques. D'autres seront mis au point dans le cadre de ce même projet afin d'évaluer la cohérence des politiques et l'élaboration des stratégies numériques.

Bâtir le socle de la transformation numérique

Conditions-cadres

La transformation numérique n'est pas un phénomène isolé ; elle est façonnée par l'économie et la société au sens large, tout autant qu'elle contribue à les façonner. Les politiques-cadres jouent un rôle important dans l'instauration de conditions propices à cette transformation. Les mécanismes en faveur du libre-échange et de l'investissement créent de nouvelles possibilités de mise à niveau rapide des technologies et des compétences, et de renforcement de la spécialisation. Les marchés financiers ouverts et efficients facilitent l'allocation des ressources financières aux entreprises qui investissent dans la transformation numérique, tandis que les marchés de produits concurrentiels favorisent le bien-être des consommateurs, et permettent à de nouvelles entreprises de rivaliser avec celles déjà en place, aux plus efficientes de se développer, et aux inefficientes de sortir du marché. Les marchés du travail, s'ils fonctionnent bien, peuvent quant à eux accompagner au mieux l'inévitable changement structurel. Plus largement, des politiques macro-économiques bien pensées contribuent à réduire les incertitudes et à créer un environnement propice à la croissance de l'économie numérique.

Le graphique 1.1 illustre certains indicateurs représentatifs des conditions-cadres : la puissance des obstacles à l'entrepreneuriat, aux échanges et à l'investissement, et la restrictivité des réglementations dans les secteurs des télécommunications, des services professionnels, du commerce de détail et du commerce international. À titre d'illustration, on établit une comparaison entre la situation dans l'un des pays les plus performants au regard de ces indicateurs (l'Australie) et la moyenne de l'OCDE. On s'aperçoit ainsi que les résultats de l'Australie sont comparables ou inférieurs à la moyenne de l'OCDE, ce qui tend à montrer que les conditions-cadres y sont plus favorables à la création de start-ups innovantes, de modèles économiques inédits et de nouveaux services fondés sur les technologies numériques.

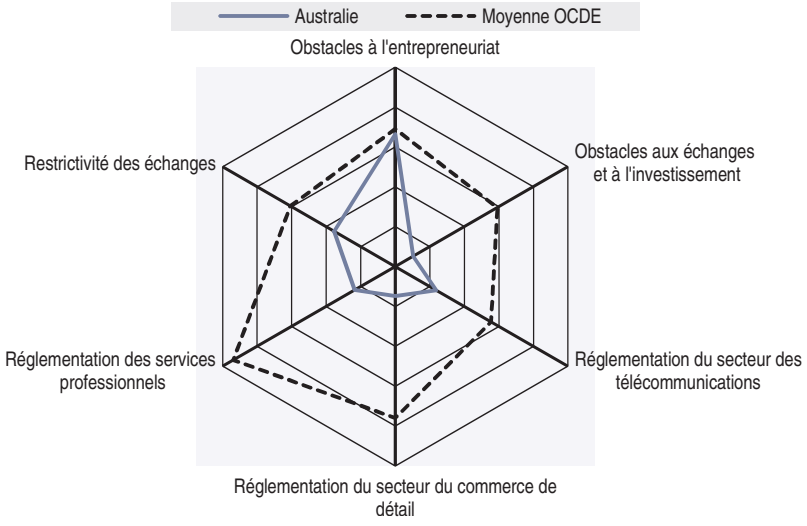
Infrastructures et services numériques accessibles

Les infrastructures numériques efficientes, fiables et largement accessibles – réseaux et services de communication haut débit, données, logiciels et équipements matériels – constituent le socle de l'économie numérique. Il est essentiel que les pouvoirs publics encouragent l'investissement dans ces infrastructures, favorisent la concurrence dans le domaine des réseaux et des services haut débit, et s'assurent que les leviers complémentaires sont en place (raccordement à la fibre optique, spectre suffisant et déploiement progressif du protocole d'adressage IPv6, par exemple). Les individus, les entreprises (notamment les petites et moyennes entreprises, ou PME) et les pouvoirs publics doivent disposer d'un accès fiable et à grande échelle aux réseaux et services pour tirer parti des opportunités qu'offre le numérique.

Le graphique 1.2 affiche certains indicateurs représentatifs de l'accessibilité et de la qualité des infrastructures numériques et des services de télécommunications : le nombre d'abonnements au haut débit fixe et mobile pour 100 habitants, le débit de connexion moyen, des mesures des tarifs du haut débit fixe et mobile, ainsi que le nombre de cartes SIM M2M, mesure indirecte de l'IdO. À titre d'illustration, on établit une comparaison entre la situation

dans l'un des pays les plus performants au regard des indicateurs précités (la Norvège) et la moyenne de l'OCDE. La Norvège affiche des résultats supérieurs à la moyenne de l'OCDE pour tous les indicateurs à l'examen, à l'exception du panier de tarifs du haut débit fixe (20 gigaoctets [Go]), qui est plus onéreux en termes réels (à parité de pouvoir d'achat, ou PPA). Il se peut que ces tarifs supérieurs soient liés à des débits moyens plus élevés, mais ils pourraient ralentir le développement de nouveaux services numériques s'appuyant sur le haut débit fixe.

Graphique 1.1. **Conditions-cadres influant sur la transformation numérique**

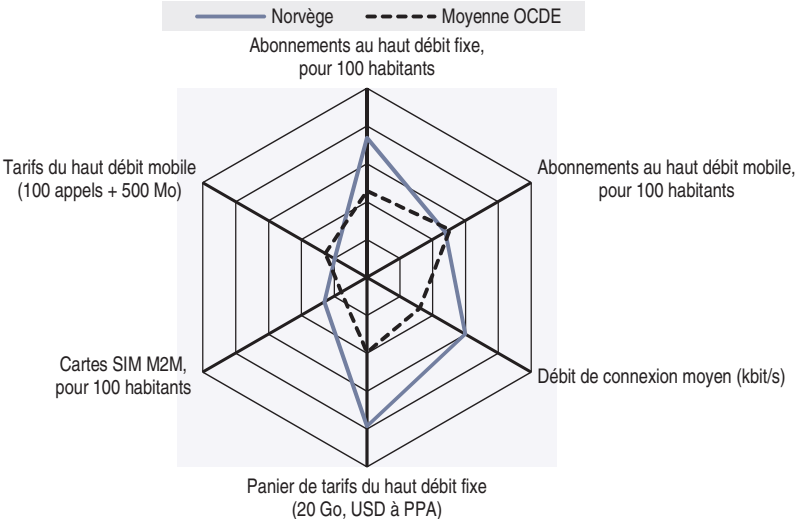


Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Réglementation du marché des produits* (base de données), *www.oecd.org/economy/pmr* et OCDE, *Indice de restrictivité des échanges de services* (base de données sur les réglementations), *www.oecd.org/fr/tad/echanges-services/indice-restrictivite-echanges-services.htm* (consultés en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587680*

Graphique 1.2. **Accès aux infrastructures numériques**



Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1. Go = gigaoctets ; kbit/s = kilobits par seconde ; PPA = parité de pouvoir d'achat.

Source : Calculs de l'auteur d'après : OCDE, « Base de données sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/fr/sti/hautdebit/portaildelocdesurlehautdebit.htm* (consulté en juillet 2017) ; Akamai, *www.akamai.com* (consulté en juillet 2017) ; et Teligen/Strategy Analytics, *https://www.strategyanalytics.com/access-services/networks/tariffs---mobile-and-fixed#.WaP9_Xr57ql* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587699*

Faire de la transformation numérique un instrument au service de l'économie et de la société

Cet enjeu a trait aux politiques qui favorisent une utilisation efficace des technologies numériques par les travailleurs, les entreprises et les pouvoirs publics ; stimulent l'innovation et aident à affronter les défis dans des secteurs spécifiques de l'économie ; et favorisent l'utilisation des technologies numériques au service de l'amélioration du fonctionnement des administrations et de l'offre de service public. Il concerne également les politiques destinées à renforcer la confiance dans les technologies numériques et leur acceptation, et celles qui aident tous les individus, en leur qualité de citoyens, de travailleurs ou de consommateurs, ainsi que la société, à négocier le virage du numérique, notamment en les dotant des compétences nécessaires pour leur permettre de s'adapter au monde de plus en plus porté par le numérique et d'y exceller. Il comprend enfin les politiques destinées à favoriser l'utilisation des outils informatiques pour améliorer le bien-être, en garantissant notamment un accès plus équitable aux services publics, en particulier dans le domaine de la santé.

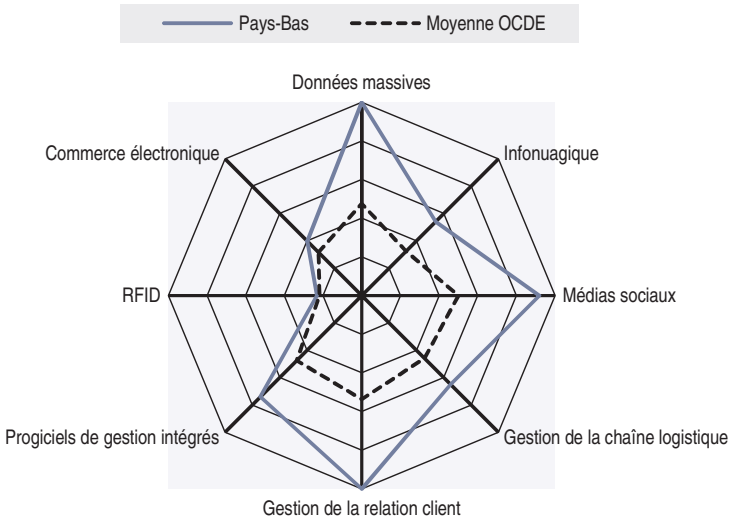
Utilisation efficace des technologies

Si l'accès aux réseaux constitue le socle technique de la transformation numérique de l'économie et de la société, il ne garantit pas pour autant une utilisation optimale des technologies. D'autres facteurs entrent également en ligne de compte, notamment les compétences. De fait, les technologies numériques, pour être utilisées efficacement, font intervenir un large éventail de compétences, qu'il s'agisse de compétences spécialisées ou génériques, dans le domaine des technologies de l'information et des communications (TIC), ou d'aptitudes complémentaires en matière de traitement de l'information, de développement de l'autonomie, de résolution de problèmes et de communication. Autre impératif, cette fois pour les entreprises : celles-ci doivent prendre en compte dans leurs processus décisionnels et opérationnels les risques spécifiques liés à l'utilisation des technologies, en particulier en termes de sécurité numérique (vol de secrets commerciaux, interruption d'activité, atteinte à la réputation, pertes financières, etc.) et de protection de la vie privée. Il est en outre essentiel que les pouvoirs publics encouragent le changement organisationnel, notamment les investissements dans les données et d'autres composantes du capital intellectuel, afin de concrétiser le plein potentiel de la transformation numérique. La dynamique des entreprises, dont l'absence peut se traduire par la coexistence d'entreprises inefficientes utilisant très peu les TIC et d'entreprises ultra-performantes, joue également un rôle important dans l'utilisation efficace des technologies.

Le graphique 1.3 illustre la proportion d'entreprises utilisant des technologies numériques courantes ou menant des activités liées aux TIC : données massives, infonuagique, médias sociaux, gestion de la chaîne logistique, gestion de la relation client, progiciels de gestion intégrés (PGI), technologie de radio-identification (RFID) et commerce électronique. À titre d'illustration, on établit une comparaison entre la situation dans l'un des pays les plus performants au regard de ces indicateurs (les Pays-Bas) et la moyenne de l'OCDE. Les Pays-Bas affichent des taux d'adoption des technologies numériques supérieurs à la moyenne de l'OCDE dans tous les cas étudiés, avec des écarts particulièrement marqués dans les domaines des données massives, de la gestion de la relation client et des médias sociaux. Cette comparaison fait apparaître une plus forte propension des entreprises néerlandaises à faire usage de la publicité sur les réseaux sociaux et du marketing fondé sur les données.

Graphique 1.3. **Adoption des technologies numériques par les entreprises**

En pourcentage des entreprises de dix salariés ou plus



Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1. RFID = radio-identification.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juillet 2017) et Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/database* (consulté en février 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587718*

Le graphique 1.4 montre la proportion d'individus utilisant des technologies numériques courantes ou menant diverses activités en ligne : infonuagique, formations en ligne, recherches d'informations médicales, services bancaires en ligne, achats sur l'internet, réseaux sociaux, création de contenu et services de l'administration électronique. À titre d'illustration, on établit une comparaison entre la situation dans l'un des pays les plus performants au regard de ces indicateurs (la Belgique) et la moyenne de l'OCDE. En Belgique, la proportion d'individus ayant recours aux réseaux sociaux, à l'infonuagique, aux services bancaires et aux formations en ligne est supérieure à la moyenne de l'OCDE ; en revanche, elle est inférieure à la moyenne pour ce qui est de la création de contenu ou de la recherche d'informations médicales.

Dans le graphique 1.5, on compare la situation dans l'un des pays les plus performants au regard d'un certain nombre d'indicateurs ayant trait aux compétences numériques, à l'enseignement supérieur et à la formation (la Finlande), et la moyenne de l'OCDE. Si les taux de diplômés et la demande de spécialistes en TIC équivalent à la moyenne de l'OCDE, la proportion d'individus disposant de compétences TIC élevées et la part des entreprises offrant des formations aux TIC sont très largement supérieures. Cela tend à montrer que la Finlande a investi – et continue d'investir – dans les compétences requises pour stimuler la productivité et la croissance de l'économie numérique.

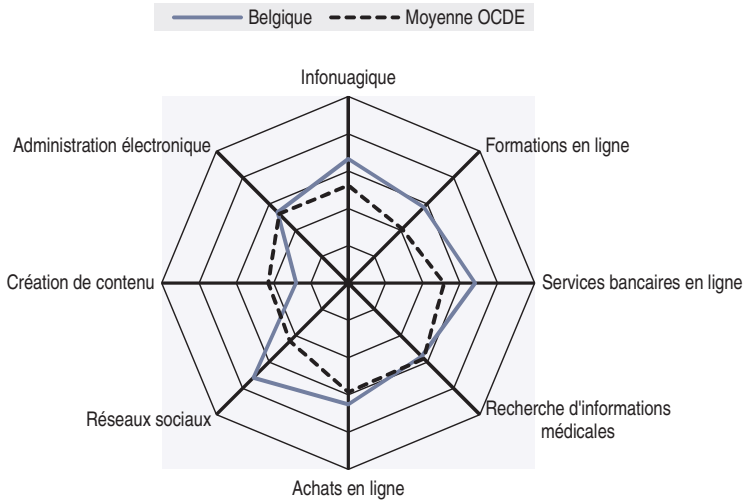
Innovation et effets des technologies numériques dans des secteurs particuliers

Les technologies numériques peuvent être un levier de croissance économique et générer des retombées positives, au sein des secteurs, et d'un secteur à l'autre. Technologies, applications intelligentes – avec notamment l'analytique des données – et autres innovations dans l'économie numérique peuvent également aider à améliorer les services et affronter des défis dans un large éventail de domaines d'action des pouvoirs publics, tels l'éducation, la finance, l'assurance, la santé, les transports, l'énergie, l'agriculture et les pêcheries, aux

niveaux national et international. Les technologies numériques stimulent l'innovation non seulement dans les biens et les services, mais aussi dans les procédés, les modèles économiques et les schémas organisationnels.

Graphique 1.4. **Utilisation des technologies numériques par les particuliers**

En pourcentage des individus âgés de 16 à 74 ans



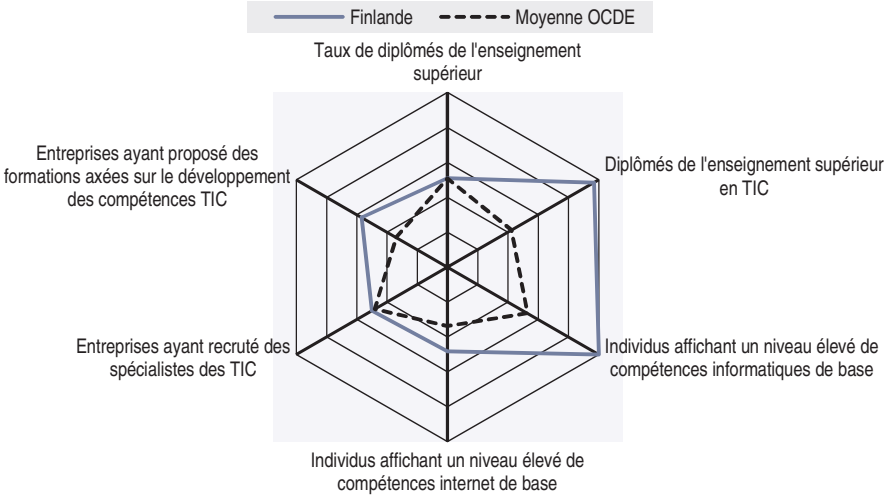
Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juillet 2017) et Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en février 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587737*

Graphique 1.5. **Compétences numériques, enseignement supérieur et formation**

En pourcentage de l'ensemble des diplômés, des individus âgés de 16 à 74 ans, ou des entreprises de dix salariés ou plus



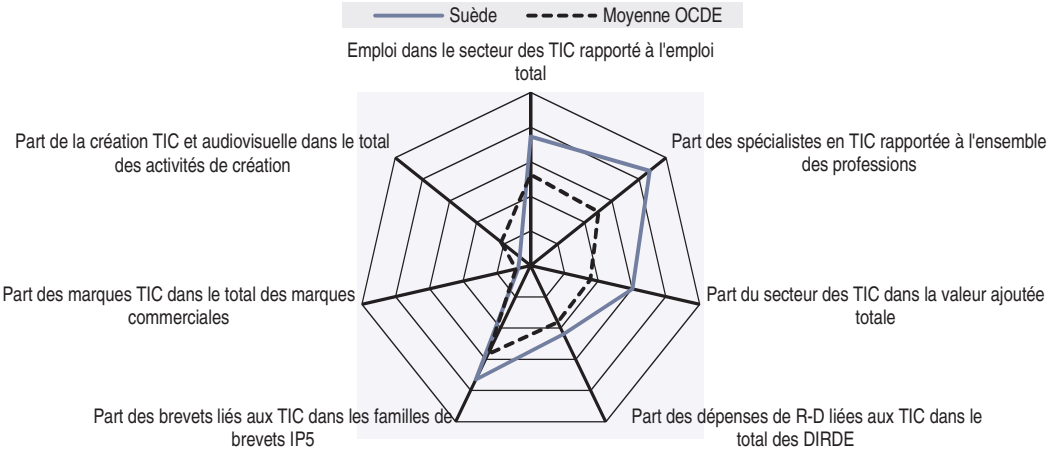
Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données sur l'éducation*, *www.oecd.org/fr/education/base-de-donnees.htm* (consulté en juillet 2017) et Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587756*

Dans le graphique 1.6, on établit une comparaison entre la situation dans l'un des pays les plus performants au regard d'indicateurs de l'innovation liée aux TIC et de la spécialisation en TIC (la Suède) et la moyenne de l'OCDE. La Suède affiche des résultats proches de la moyenne de l'OCDE pour ce qui est de la proportion des marques TIC et des dépenses de recherche et développement (R-D) liées aux TIC ; en revanche, la part des TIC dans la valeur ajoutée totale et l'emploi, ainsi que la proportion des spécialistes en TIC sont très supérieures à la moyenne. Cette comparaison met en exergue le niveau élevé de spécialisation de la Suède dans la production de produits TIC par rapport aux autres pays de l'OCDE.

Graphique 1.6. **Innovations liées aux TIC**



Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1. Les cinq offices de la propriété intellectuelle (IP5) sont l'Office européen des brevets (OEB), l'Office japonais des brevets (JPO), l'Office coréen de la propriété intellectuelle (KIPO), l'Office national de la propriété intellectuelle de la République populaire de Chine (SIPO) et l'Office des brevets et des marques des États-Unis (USPTO). TIC = technologies de l'information et des communications ; DIRDE = dépenses intérieures brutes de R-D des entreprises.

Source : Calculs de l'auteur d'après : OCDE, *Base de données STAN pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017) ; enquêtes australienne, canadienne et européenne sur la population active et Current Population Survey menée aux États-Unis (consultées en juillet 2017) ; OCDE, « STAN R-D : Dépenses de recherche et développement dans l'industrie - CITI Rév. 4 », *Statistiques de l'OCDE STAN pour l'analyse structurelle* (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/stan-data-fr* (consulté en juin 2017) ; et OCDE, *STI Microdata Lab : base de données sur la propriété intellectuelle*, *http://oe.cd/ipstats* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587775*

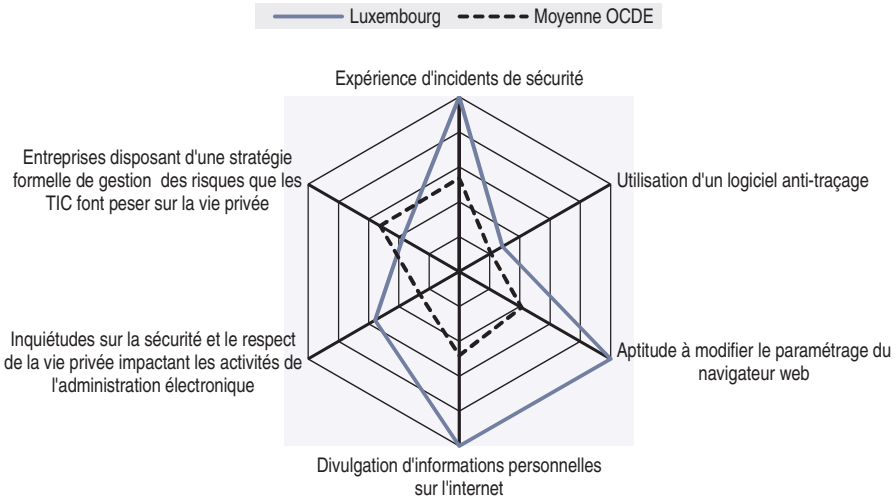
Confiance et acceptation des technologies

La confiance est indispensable au fonctionnement de l'économie numérique. Sans elle, les individus, les entreprises et les pouvoirs publics n'utiliseront pas les technologies numériques ; un important gisement de croissance et de progrès social restera alors inexploité. Il est donc essentiel de renforcer la coopération afin de mettre au point des stratégies nationales exhaustives et cohérentes en matière de sécurité numérique et de protection de la vie privée à l'échelle de l'économie et de la société, en portant une attention particulière à des questions telles que la protection des données à caractère personnel, la résilience des infrastructures critiques (eau, énergie, finance), les incitations (dans les domaines de la cyberassurance, des marchés publics), la santé et la sécurité publiques, les PME, ainsi que le développement des compétences connexes. Parallèlement, il importe de continuer à protéger efficacement les consommateurs prenant part au commerce électronique et menant des activités dans le cyberespace, condition nécessaire au développement de l'économie numérique.

Dans le graphique 1.7, on établit une comparaison entre la situation dans l'un des pays les plus performants au regard d'un certain nombre d'indicateurs de la sécurité numérique et de la confiance (le Luxembourg), et la moyenne de l'OCDE. La sensibilisation aux risques de sécurité numérique semble être plus marquée au Luxembourg, conséquence d'une fréquence plus élevée des incidents de sécurité. Les comportements et les technologies destinés à protéger les utilisateurs contre de tels risques y sont également plus répandus. En revanche, la proportion d'entreprises ne disposant pas d'une stratégie formelle de gestion des risques que les TIC font peser sur la vie privée, et la part des individus dont les informations personnelles sont divulguées sur l'internet sont supérieures à la moyenne.

Graphique 1.7. **Sécurité numérique et confiance**

En pourcentage des personnes âgées de 16 à 74 ans ou des entreprises de dix salariés ou plus



Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* ; OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consultés en juillet 2017) ; et Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en février 2017).

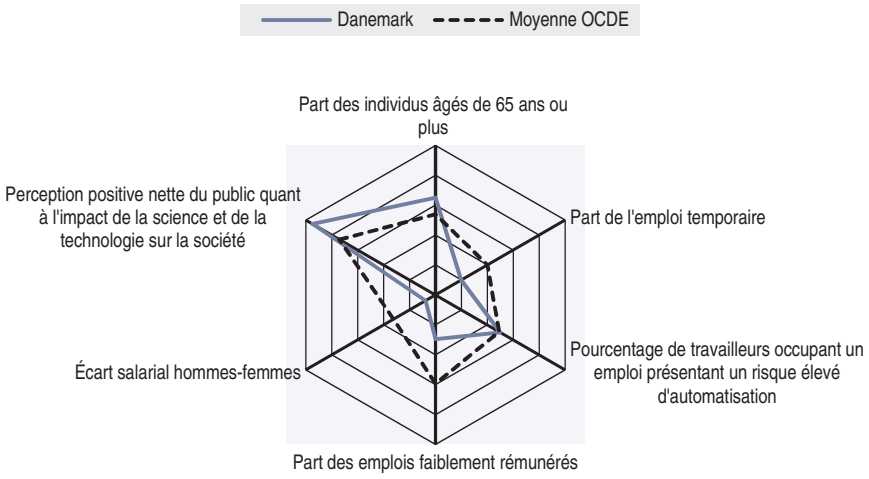
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587794*

L'adaptation sociétale à la transformation numérique

La transformation numérique bouleverse en profondeur l'économie et la société. D'une part, l'automatisation peut menacer certaines professions, tandis que les plateformes dédiées à l'emploi peuvent contribuer à l'essor d'emplois non standards (à savoir de courte durée, à temps partiel ou faiblement rémunérés), et au creusement de l'écart salarial hommes-femmes. D'autre part, les services en ligne, notamment en matière de télésanté, peuvent aider la société à affronter les défis nés du vieillissement de la population et de l'augmentation des dépenses sociales.

Dans le graphique 1.8, on établit une comparaison entre la situation dans l'un des pays les plus performants au regard d'indicateurs liés aux aspects sociétaux (à savoir le Danemark) et la moyenne de l'OCDE. La part de l'emploi temporaire, la proportion d'emplois faiblement rémunérés et l'écart salarial hommes-femmes au Danemark sont sensiblement inférieurs à la moyenne de l'OCDE. La part des personnes âgées, susceptibles d'être le groupe qui a le plus à gagner des services de santé en ligne, est quant à elle plus élevée. En outre, l'opinion publique affiche une perception positive plus marquée de l'impact de la science et de la technologie sur la société.

Graphique 1.8. **Numérique et société**



Note : Tous les indicateurs ont été normalisés et prennent une valeur entre 0 et 1.

Source : Calculs de l'auteur d'après : ONU (2015), *World Population Prospects: The 2015 Revision*, *www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html* ; OCDE, *Statistiques de l'OCDE sur l'emploi et le marché du travail* (base de données), *www.oecd-ilibrary.org/employment/data/statistiques-de-l-ocde-sur-l-emploi-et-le-marche-du-travail_lfs-data-fr* (consulté en mars 2017) ; Arntz, M., T. Gregory et U. Zierahn (2016), *The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis*, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en* ; et OCDE (2015b), *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2015 – L'innovation au service de la croissance et de la société*, *http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-fr*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933587813*

Tour d'horizon des stratégies numériques nationales

Cette section dresse un panorama des stratégies numériques nationales mises en place dans les pays membres et économies partenaires de l'OCDE. Elle présente également les objectifs d'action identifiés par les pays comme prioritaires à l'appui du développement de l'économie et de la société numériques, ainsi que les principaux défis qui semblent se profiler. Plusieurs constats se dégagent de ce tour d'horizon : tous les pays de l'OCDE ont adopté des stratégies numériques nationales, et les objectifs d'action en faveur du développement de l'économie et de la société numériques, généralement inscrits dans ces stratégies, sont considérés comme une priorité absolue ; de nombreux pays assurent un suivi de la mise en œuvre de leurs stratégies nationales, et sont en bonne voie dans la plupart des domaines faisant l'objet de mesures ; enfin, malgré quelques points communs, les approches en termes de gouvernance des stratégies varient sensiblement d'un pays à l'autre.

Les stratégies numériques nationales sont devenues la norme dans la zone OCDE

Sur les 32 pays membres et les 6 économies partenaires de l'OCDE ayant répondu en 2016 au questionnaire sur les politiques diffusé aux fins de la préparation des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE*, tous ont indiqué disposer d'une stratégie ou d'un programme numérique national(e), à l'exception des États-Unis, qui ont opté pour une approche décentralisée axée sur le marché[1]. Près des deux tiers de ces stratégies sont dédiées au numérique, les autres s'inscrivant dans le cadre d'une stratégie nationale plus large (une stratégie pour l'innovation, par exemple). En tout état de cause, les stratégies numériques nationales interagissent généralement avec d'autres stratégies (dans le domaine de l'innovation, etc.). La plupart des pays européens membres de l'OCDE ont aligné leur stratégie numérique nationale sur la Stratégie numérique pour l'Europe, la Stratégie pour un marché unique numérique en Europe, la stratégie Europe 2020, le Plan d'action européen pour l'administration en ligne, ou se sont appuyés sur une combinaison de ces différents

programmes (encadré 1.3). Plus des deux tiers de l'ensemble des pays n'en sont pas à leur première stratégie numérique nationale. Pour les autres, la stratégie numérique s'appuie sur des politiques ou des stratégies précédentes, ou les remplace. À l'heure actuelle, le délai moyen de mise en œuvre des stratégies numériques nationales est de sept ans, et les pays se trouvent environ à mi-parcours. Cette mise en œuvre est financée soit sur un budget directement alloué à cet usage (dans les deux tiers des cas), soit indirectement, sur le budget des ministères et des organismes intervenant dans le processus (un tiers des cas).

Encadré 1.3. **Le marché unique numérique de l'UE**

Le marché unique numérique est l'une des dix priorités politiques de la Commission européenne ; il s'appuie sur une stratégie visant à aider les individus et les entreprises à exploiter pleinement les possibilités offertes par l'internet et permettre à l'Europe de conforter sa position de leader mondial dans le domaine de l'économie numérique. À l'heure actuelle, les services en ligne qui composent le marché numérique européen se répartissent comme suit : 54 % sont établis aux États-Unis, 42 % sont des services nationaux, et seulement 4 % correspondent à des services transfrontières au sein de l'Union européenne (UE).

Un marché unique numérique garantirait la libre circulation des personnes, des services et des capitaux, et permettrait aux individus et aux entreprises d'accéder à l'internet, d'exercer des activités en ligne dans des conditions équitables et de bénéficier d'un niveau de protection optimal de leurs droits en tant que consommateurs et de leurs données à caractère personnel, et ce, quels que soient leur nationalité et leur lieu de résidence. Il favoriserait la création de nouvelles start-ups et permettrait aux entreprises existantes de tirer le meilleur parti d'un marché de plus de 500 millions d'habitants. Le marché unique numérique pourrait apporter 415 milliards EUR par an à l'économie européenne, stimuler la création d'emplois et contribuer à moderniser les services publics.

Adoptée le 6 mai 2015, la Stratégie pour un marché unique numérique en Europe s'articule autour de 16 initiatives spécifiques établies par la Commission en janvier 2017. Les propositions législatives sont actuellement examinées par le co-législateur (à savoir le Parlement européen et le Conseil).

La Stratégie pour un marché unique numérique repose sur trois piliers :

1. **Accès** : améliorer l'accès aux biens et services numériques dans toute l'Europe pour les consommateurs et les entreprises.
2. **Environnement** : mettre en place un environnement propice au développement des réseaux et services numériques innovants et des règles du jeu identiques pour tous.
3. **Économie et société** : maximiser le potentiel de croissance de l'économie numérique.

Les progrès accomplis par les États membres de l'UE en matière de développement numérique sont mesurés à l'aide de l'indice relatif à l'économie et à la société numériques (DESI), un indice composite qui synthétise les indicateurs pertinents sur la performance numérique de l'Europe et suit l'évolution des États membres en matière de compétitivité numérique. Le suivi des progrès se fait dans le cadre de la Stratégie pour un marché unique numérique.

Source : CE (2017), *Digital Single Market*, *https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-single-market* (consulté le 2 mai 2017).

Priorité est donnée aux objectifs d'action énoncés dans les stratégies numériques nationales

Dans tous les pays, les objectifs d'action en faveur du développement de l'économie et de la société numériques, généralement énoncés dans les stratégies numériques nationales,

sont hautement prioritaires. Le tableau 1.1 propose un classement, par ordre de priorité, de 15 objectifs d'action, établi à partir des réponses de 35 pays. D'une manière générale, 68 % des objectifs ont été considérés comme présentant une priorité élevée, 15 % une priorité moyenne à élevée, 14 % une priorité moyenne, et seulement 3 % une priorité faible, ou faible à moyenne. Deux conclusions peuvent être tirées : ce résultat traduit ou bien que les pouvoirs publics jugent la plupart de ces objectifs comme hautement prioritaires, ou bien, dans la plupart des pays, une absence de hiérarchisation des objectifs. Le renforcement des services de l'administration électronique et la poursuite du développement des infrastructures de télécommunications arrivent en tête du classement pour 2017. Si l'on observe l'évolution des priorités attendue au cours des trois à cinq prochaines années, le renforcement de la sécurité gagne deux places, tandis que le développement des infrastructures de télécommunications en perd trois (tableau 1.1, deuxième colonne). Le tableau 1.1 fournit en outre deux types d'informations supplémentaires : le nombre de pays ayant inscrit l'objectif cité dans leur stratégie numérique nationale (troisième colonne), ainsi que des objectifs ne figurant pas dans le classement des priorités, mais cités fréquemment par les pays comme étant énoncés dans leur stratégie nationale (partie inférieure du tableau).

Tableau 1.1. **Classement des objectifs d'action en faveur du numérique par ordre de priorité**

Objectifs d'action	Priorité en 2017	Trois à cinq prochaines années	Objectifs inscrits dans les stratégies numériques nationales
	Classement	Évolution attendue	Nombre de pays
Renforcer les services de l'administration électronique	1	Inchangé	21
Poursuivre le développement des infrastructures de télécommunications	2	↓ 3	22
Promouvoir le développement des compétences et qualifications liées aux TIC	3	Inchangé	16
Renforcer la sécurité	4	↑ 2	18
Élargir l'accès aux données, y compris aux ISP et aux données publiques ouvertes	5	↑ 1	6
Inciter les entreprises, en particulier les PME, à adopter les TIC	6	↓ 1	3
Encourager l'adoption des TIC dans des secteurs particuliers, tels que la santé ou l'éducation	7	↑ 1	3
Renforcer la protection de la vie privée	8	Inchangé	5
Renforcer la gestion des identités numériques	9	Inchangé	2
Promouvoir le secteur des TIC et, en particulier, son internationalisation	10	Inchangé	2
Promouvoir le commerce électronique à l'échelle de l'économie	11	↓ 1	5
Affronter les défis mondiaux, tels que la gouvernance de l'internet ou le changement climatique	12	↑ 1	1
Renforcer la protection des consommateurs	13	↓ 1	0
Favoriser l'inclusion numérique, notamment pour les groupes tels que les personnes âgées ou défavorisées	14	↑ 1	4
Préserver le caractère ouvert de l'internet	15	Inchangé	4
Autres objectifs énoncés dans les stratégies numériques nationales			
Favoriser la science, l'innovation et l'entrepreneuriat			16
Garantir l'accès à l'internet, aux services et à l'information			12
Développer les contenus et la culture numériques			10
Favoriser l'utilisation des technologies numériques			10
Mettre au point une approche réglementaire solide pour les environnements numériques			3

Note : Il convient d'interpréter avec précaution le classement des priorités actuelles et l'évolution attendue dans un délai de trois à cinq ans, la différenciation entre les priorités indiquées étant ténue. TIC = technologies de l'information et des communications ; ISP = informations du secteur public ; PME = petites et moyennes entreprises.

La réalisation de ces objectifs peut représenter un but en soi ; toutefois, plusieurs pays considèrent qu'elle contribue à la mise en œuvre d'objectifs de plus haut niveau, tels que la croissance du produit intérieur brut – PIB – (Allemagne, Brésil, Danemark, Israël, Japon, Mexique, Slovénie, Suède), l'emploi (Allemagne, Danemark, Lettonie), la productivité (Fédération de Russie, Finlande, Suisse), la compétitivité (Estonie, Fédération de Russie, Lettonie, Pays-Bas), la qualité de vie et le bien-être (Estonie, Fédération de Russie, Lituanie, Pays-Bas, Turquie), la démocratie et la transparence (Suède, Suisse), l'inclusivité et l'inclusion (Israël, Norvège, République populaire de Chine, Slovénie, Suède), ou la lutte contre le changement climatique et l'action en faveur du développement durable (Suède, Suisse).

Défis liés à la réalisation de ces objectifs

La réalisation des objectifs recensés dans le tableau 1.1 pose un certain nombre de difficultés aux pouvoirs publics. Pour 2017, les trois principaux défis parmi les dix premiers cités par 31 pays sont les suivants : 1) l'absence de mesures de sensibilisation, de mise en œuvre et de contrôle ; 2) le niveau insuffisant de compétences, de formation et d'éducation ; et 3) les besoins de coordination, notamment de coordination multipartite, multilatérale et multiniveau de la gouvernance (voir tableau 1.A1.1 en annexe 1.A1). Au-delà de cette vue synthétique, un examen plus détaillé révèle que les trois principaux défis diffèrent sensiblement selon l'objectif étudié (voir tableau 1.A1.2 en annexe 1.A1). À un horizon de trois à cinq ans, les trois défis figurant en tête du classement sont identiques à ceux de 2017, mais l'on note des évolutions notables dans l'ordre des dix principaux défis auxquels s'attendent les pays, ainsi que dans les défis cités pour chaque objectif d'action.

Les approches de la gouvernance des stratégies numériques nationales varient d'un pays à l'autre

Les approches adoptées par les pays en matière de gouvernance des stratégies numériques nationales varient selon les cas. Les informations fournies par 35 pays donnent un aperçu de la répartition des responsabilités liées à l'élaboration, à la coordination, à la mise en œuvre et au suivi des stratégies numériques nationales (tableau 1.2). Le pilotage de l'élaboration des stratégies est souvent assuré par un ministère ou un organisme qui n'est pas chargé exclusivement des questions numériques ; de fait, seule une minorité de pays ont, à ce jour, confié cette mission à un ministère ou un organisme dédié au numérique. Dans presque tous les pays, des parties prenantes privées et des organismes publics sont amenés à contribuer au processus d'élaboration des stratégies numériques nationales. Contre toute attente, seuls quelques pays (l'Autriche, le Luxembourg, le Mexique, la République slovaque) chargent un seul haut représentant, par exemple au sein du cabinet du Premier ministre, de la Présidence ou de la Chancellerie, ou un ministère ou organisme dédié au numérique, de coordonner leur stratégie numérique nationale. Or l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie numérique nationale selon une approche faisant intervenir l'ensemble de l'administration ne peut se faire sans une coordination efficace. Dans la majorité des pays, la mise en œuvre des stratégies numériques nationales relève de la responsabilité de plusieurs ministères, organismes ou institutions. Dans certains cas, plusieurs parties prenantes interviennent à ce stade. Les organes chargés du suivi de la mise en œuvre des stratégies sont généralement ceux qui en assurent l'élaboration et la coordination.

Tableau 1.2. **Gouvernance des stratégies numériques nationales**
Nombre de pays ayant attribué les responsabilités citées

	Pilotage de l'élaboration	Contribution	Coordination	Mise en œuvre	Suivi
Gouvernement (Cabinet du Premier ministre, Présidence, Chancellerie, Conseil des ministres)	4	0	5	1	6
Ministère ou organisme chargé du numérique, ou portefeuille ministériel dédié	8	1	10	3	8
Ministère ou organisme non dédié au numérique	15	2	13	1	11
Plusieurs ministères, organismes ou institutions	6	14	5	26	7
Plusieurs parties prenantes publiques et privées	1	17	0	3	0

De nombreux pays assurent un suivi de la mise en œuvre de leur stratégie numérique nationale

Nombreux sont les pays qui ont défini des cibles mesurables assorties de délais spécifiques pour assurer le suivi de la mise en œuvre de leur stratégie numérique nationale, et la plupart d'entre eux sont en bonne voie pour les respecter. Le tableau 1.3 présente les principales catégories de cibles définies par 24 pays de l'OCDE et 5 économies partenaires. En moyenne, le suivi a débuté en 2013, et le délai que les pays se donnent pour atteindre les cibles qu'ils ont fixées va de six à huit ans. Le plus grand nombre de cibles a été mis en place pour mesurer les progrès en termes de développement et de performances des infrastructures haut débit ; le développement des compétences, TIC et autres, est le domaine pour lequel les pays ont défini le moins de cibles (tableau 1.3). Certains pays ont recours, pour le suivi de la mise en œuvre de leur stratégie, à un indice supranational, tel que l'indice de l'Union européenne relatif à l'économie et à la société numériques (DESI) ; d'autres, comme l'Allemagne et le Mexique, ont créé leur propre indice composite.

Tableau 1.3. **Cibles associées aux stratégies numériques nationales et état d'avancement de leur mise en œuvre**

Catégories de cibles[1]		Progrès enregistrés en 2016 (en pourcentage)	Échéance
1	Développement et performances de l'infrastructure haut débit	66 %	2020
2	Offre et performances des services du secteur public	78 %	2020
3	Adoption de l'internet et des services informatiques	56 %	2020
4	Utilisation des technologies numériques	62 %	2018
5	Commerce électronique (entreprises, particuliers) et processus métier informatisés	52 %	2020
6	Développement des compétences TIC et autres	65 %	2019

1. Classées en fonction du nombre de cibles définies dans chaque catégorie.
Note : Ce tableau s'appuie sur les informations fournies par 31 pays sur 173 valeurs cibles ayant fait l'objet d'un suivi. Il ne tient pas compte des indices composites nationaux et supranationaux.
Outre les catégories de cibles recensées dans le tableau ci-dessus, plusieurs pays ont défini des cibles sur le développement du secteur des TIC, la promotion des contenus numériques et la protection de la vie privée et des données à caractère personnel ; toutefois, le nombre de cibles et les données correspondantes ne sont pas suffisants pour permettre d'établir des moyennes représentatives.

La mesure des progrès enregistrés jusqu'en 2016 montre qu'en moyenne plus de 50 % des cibles ont été atteintes dans chaque catégorie, soit un progrès annuel moyen, toutes cibles confondues, légèrement supérieur à 100 %. Les domaines dans lesquels les pays ont enregistré le pourcentage de réalisation le moins élevé sont l'adoption de l'internet et des services informatiques, et le commerce électronique. Les mesures spécifiques mises en place par les pays au titre de leurs stratégies numériques nationales sont examinées dans le chapitre 2.

Note

1. Les États-Unis ont adopté, pour leur politique en faveur de l'économie numérique, une stratégie de portefeuille, s'appuyant sur un ensemble de politiques, de réglementations et de lois portant sur des questions et/ou des secteurs spécifiques qui, ensemble, concourent au développement et à l'amélioration de l'économie numérique. Entrent dans ce cadre (sans ordre de priorité) les politiques régissant les télécommunications et l'internet, la protection de la vie privée sur le web, la cybersécurité, les données massives, l'offre intelligente de services informatiques, les données ouvertes, la R-D sur les technologies de l'information, les techniques d'éducation, l'éducation en ligne et les systèmes d'information environnementale. Cette stratégie de portefeuille se décline aux niveaux national (fédéral) et infranational (États et localités). Elle peut être appréhendée de diverses manières et comprend les dimensions suivantes : 1) accès et participation au monde numérique – télécommunications haut débit, sans fil et autres, et soutien en faveur de l'accès inclusif ; 2) ouverture – libre accès aux données publiques et aux résultats de la recherche financée sur des fonds fédéraux, libre circulation des informations et libre-échange ; 3) fiabilité – cybersécurité, fiabilité et résilience, protection de la vie privée, défense des libertés civiles dans le cyberespace et les environnements de données massives, protection des droits de propriété intellectuelle. Les États-Unis œuvrent en faveur du développement et de l'amélioration continus des technologies qui sous-tendent l'économie numérique et sont des facteurs de progrès dans chacune des dimensions précitées.

Références

Arntz, M., T. Gregory et U. Zierahn (2016), « The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en*.

CE (Commission européenne) (2017), *Digital Single Market*, page internet, *https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-single-market* (consulté le 2 mai 2017).

OCDE (Organisation de coopération et développement économiques) (2017a), « Conclusions politiques de la RCM 2017 : "Faire de la mondialisation l'instrument d'une vie meilleure pour tous" », Réunion du Conseil de l'OCDE au niveau des Ministres, Paris, 7-8 juin 2017, *www.oecd.org/fr/rcm/documents/C-MIN-2017-9-Final-FR.pdf*.

OCDE (2017b), « Vers le numérique : pour une transformation au service de la croissance et du bien-être », document de la Réunion du Conseil de l'OCDE au niveau des Ministres, Paris, 7-8 juin 2017, *www.oecd.org/fr/rcm/documents/C-MIN-2017-4-FR.pdf*.

OCDE (2016a), *Relever les défis de l'économie numérique de demain*, page internet, *www.oecd.org/fr/internet/ministerielle/*.

OCDE (2016b), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2016-en*.

OCDE (2016c), « The Internet of Things: Seizing the benefits and addressing the challenges », *OECD Digital Economy Papers*, n° 252, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvzz8td0n-en*.

OCDE (2015a), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-being*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en*.

OCDE (2015b), *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2015 – L'innovation au service de la croissance et de la société*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-fr*.

ONU (Organisation des Nations Unies) (2015), *World Population Prospects: The 2015 Revision*, Organisation des nations unies, New York, *www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html*.

ANNEXE 1.A1

Défis liés à la réalisation des objectifs d'action en faveur du numérique

Tableau 1.A1.1. **Principaux défis liés à la réalisation des objectifs d'action en faveur du numérique**

	Principaux défis en 2017		Principaux défis à un horizon de trois à cinq ans	
Plus importants →	Sensibilisation, mise en œuvre, contrôle	1	Sensibilisation, mise en œuvre, contrôle	Moins importants →
	Compétences, formation, éducation	2	Coordination, y compris la coordination multipartite, multilatérale et multiniveaux de la gouvernance	
	Coordination, y compris la coordination multipartite, multilatérale et multiniveaux de la gouvernance	3	Compétences, formation, éducation	
	Conception des politiques et mesures	4	Investissement ou financement public	
	Lois et réglementations	5	Défis techniques, notamment pour ce qui est des normes et de l'interopérabilité	
	Défis techniques, notamment pour ce qui est des normes et de l'interopérabilité	6	Confiance, y compris protection de la vie privée, de la sécurité et des consommateurs	
	Adoption des TIC, transformation numérique des entreprises, innovation	7	Lois et réglementations	
	Investissement ou financement public	8	Conception des politiques et mesures	
	Investissement privé ou accès au financement	9	Adoption des TIC, transformation numérique des entreprises, innovation	
	Confiance, y compris protection de la vie privée, de la sécurité et des consommateurs	10	Investissement privé ou accès au financement	

Note : Ce tableau présente un classement des défis les plus fréquemment cités par les pays dans le contexte de la réalisation des objectifs d'action recensés dans le tableau 1.1 ; il a été établi d'après les informations fournies par 31 pays (344 observations pour 2017 et 286 observations pour les trois à cinq prochaines années).

Tableau 1.A1.2. **Trois principaux défis pour chaque objectif d'action**

Objectifs d'action	En 2017			Trois à cinq prochaines années		
	Trois principaux défis			Trois principaux défis		
Renforcer les services de l'administration électronique	5	3	8	1	2	6
Poursuivre le développement des infrastructures de télécommunications	9	1	8	10	4	1
Promouvoir le développement des compétences et qualifications liées aux TIC	2	1	3	3	1	10
Renforcer la sécurité	1	4	2	1	4	5
Élargir l'accès aux données, y compris aux ISP et aux données publiques ouvertes	4	6	5	1	5	7
Inciter les entreprises, en particulier les PME, à adopter les TIC	2	9	7	9	1	3
Encourager l'adoption des TIC dans des secteurs particuliers, tels que la santé ou l'éducation	1	4	3	1	3	5
Renforcer la protection de la vie privée	5	1	4	1	7	6
Renforcer la gestion des identités numériques	1	5	8	1	5	2
Promouvoir le secteur des TIC et, en particulier, son internationalisation	x[1]	2	7	8	7	3
Relever les défis mondiaux tels que la gouvernance de l'internet ou le changement climatique	1	3	4	2	1	10
Promouvoir le commerce électronique à l'échelle de l'économie	4	7	2	6	3	9
Renforcer la protection des consommateurs	5	1	3	1	2	7
Favoriser l'inclusion numérique, notamment pour les groupes tels que les personnes âgées ou défavorisées	2	1	3	1	3	4
Préserver le caractère ouvert de l'internet	5	4	6	x[1]	9	10

1. Ces objectifs relèvent de « programmes d'incitation », qui ne font pas partie des 10 principaux défis recensés dans le tableau 1.A1.1.
Note : Ce tableau présente les trois défis les plus fréquemment cités pour chaque objectif d'action en faveur de l'économie numérique, d'après le classement des principaux défis pour 2017 et pour les trois à cinq prochaines années, présenté dans le tableau 1.A1.1.
TIC = technologies de l'information et des communications ; ISP = informations du secteur public ; PME = petites et moyennes entreprises.

ANNEXE 1.A2

Déclaration ministérielle sur l'économie numérique : innovation, croissance et prospérité sociale (« Déclaration de Cancún »)

NOUS, **Ministres et représentants de** l'Allemagne, de l'Argentine, de l'Australie, de l'Autriche, de la Belgique, du Canada, du Chili, de la Colombie, de la Corée, du Costa Rica, du Danemark, de l'Égypte, de l'Équateur, de l'Espagne, de l'Estonie, des États-Unis, de la Finlande, de la France, de la Grèce, de la Hongrie, de l'Indonésie, de l'Irlande, de l'Islande, d'Israël, de l'Italie, du Japon, de la Lettonie, de la Lituanie, du Luxembourg, du Mexique, de la Norvège, de la Nouvelle-Zélande, des Pays-Bas, de la Pologne, du Portugal, de la République slovaque, de la République tchèque, du Royaume-Uni, de la Slovénie, de la Suède, de la Suisse, de la Turquie et de l'Union européenne, rassemblés à Cancún, au Mexique, les 22 et 23 juin 2016 ;

ATTACHÉS à l'État de droit et au respect des droits humains, au progrès des libertés et de la démocratie, et au développement des opportunités économiques, civiques et sociales au bénéfice de tous ;

RECONNAISSONS que l'économie mondiale vit de plus en plus à l'heure du numérique; que l'utilisation croissante des technologies numériques et du capital intellectuel, ainsi que les investissements y afférents, transforment en profondeur nos sociétés ;

RECONNAISSONS que l'économie numérique est un puissant levier d'innovation, de croissance et de prospérité sociale ; que nous avons pour objectif commun de promouvoir une croissance plus durable et inclusive axée sur le bien-être et l'égalité des chances, et de développer chez les citoyens la formation, les compétences et les valeurs nécessaires, dans un climat de confiance ;

RECONNAISSONS que la concrétisation d'un tel objectif dépend de la participation de tous les pays et de l'action collective, afin de saisir les opportunités et relever les défis que présente l'économie numérique ;

RECONNAISSONS à cet égard la nécessité d'adopter des approches holistiques, associant toutes les composantes de la société, et articulant des politiques cohérentes et fondées sur des données empiriques afin de stimuler les investissements dans le développement du haut débit, réduire les obstacles à l'utilisation des technologies numériques, favoriser la recherche, l'innovation et la création de débouchés commerciaux, renforcer la confiance, promouvoir la qualité des emplois et répondre aux besoins en compétences ;

RECONNAISSONS que la Conférence ministérielle de 1998 sur le commerce électronique (Ottawa) et la Ministérielle de 2008 sur le futur de l'économie internet (Séoul) ont posé les jalons de l'essor de l'économie numérique en associant efficacement des politiques élaborées

en étroite coopération avec les experts de l'industrie et du commerce, les syndicats, la société civile et la communauté technique de l'internet, réunis au sein de comités consultatifs ; et que nous devons continuer à travailler ensemble et avec toutes les parties prenantes ;

RECONNAISSONS que les Recommandations de l'OCDE sur les principes pour l'élaboration des politiques de l'internet ; la protection des consommateurs dans le contexte du commerce électronique ; la gestion du risque de sécurité numérique pour la prospérité économique et sociale ; la politique de cryptographie ; et la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données à caractère personnel, qui sont toutes le fruit d'une coopération multipartite, constituent un socle solide à l'appui de l'élaboration de politiques cohérentes en faveur d'une économie où le numérique revêt une importance croissante ;

RECONNAISSONS EN OUTRE à cet égard l'importance de la contribution des principes de gouvernance de l'internet énoncés dans la Déclaration multipartite de la conférence NETmundial ;

SOULIGNONS l'impérieuse nécessité de continuer à privilégier des approches multipartites, fondées sur la recherche de consensus, pour élaborer des normes techniques internationales favorisant l'interopérabilité et garantissant un internet sûr, stable, mondial, ouvert et accessible ; et le besoin constant, non moins important, de mettre au point des processus ouverts, transparents et inclusifs à l'appui de la gouvernance multipartite mondiale de l'internet ;

SOULIGNONS EN OUTRE que nos initiatives en faveur de l'économie numérique vont dans le sens du Programme de développement durable des Nations Unies à l'horizon 2030, ainsi que des résultats du Sommet mondial sur la société de l'information et de leur examen après dix ans ; et que nous devons promouvoir l'égalité homme-femme et l'inclusion des groupes vulnérables ou défavorisés ;

DÉCLARONS notre volonté de :

1. **Favoriser la libre circulation de l'information** pour stimuler l'innovation et la créativité, soutenir la recherche et le partage des connaissances, promouvoir les échanges et le commerce électronique, favoriser le développement d'entreprises et de services nouveaux, et améliorer le bien-être des populations grâce à des politiques fondées sur le respect des droits humains et l'État de droit, qui renforcent le caractère ouvert, distribué et interconnecté de l'internet, dans le respect des cadres établis de protection des données personnelles et de la vie privée, ainsi que la sécurité numérique ;
2. **Stimuler l'innovation et la créativité numériques** pour accélérer la croissance et répondre aux enjeux sociaux mondiaux en menant des politiques coordonnées qui favorisent les investissements dans les technologies numériques et le capital intellectuel, améliorent la disponibilité et l'utilisation des données, notamment des données ouvertes du secteur public, encouragent l'entrepreneuriat et le développement des petites et moyennes entreprises, et soutiennent la mutation continue de l'ensemble des secteurs économiques, notamment des services publics ;
3. **Renforcer la pénétration du haut débit et exploiter le potentiel d'infrastructures et de services numériques interconnectés et convergents** pour combler le fossé numérique et stimuler l'innovation en adoptant des cadres d'action neutres du point de vue technologique, qui favorisent les investissements dans les réseaux haut débit, protègent les consommateurs, stimulent la concurrence et offrent des opportunités à l'ensemble des acteurs ;

4. **Tirer parti des opportunités qu'offrent les applications et les technologies émergentes** telles que l'internet des objets, l'infonuagique, la transformation numérique de l'industrie et l'analytique de données, tout en traitant les effets économiques et sociaux qu'ils induisent et en évaluant la pertinence des politiques publiques et des cadres règlementaires, ainsi que des normes internationales ;
5. **Promouvoir la gestion du risque de sécurité numérique et la protection de la vie privée, au plus haut niveau de décision**, afin de renforcer la confiance ; mettre au point, à cet effet, des stratégies collaboratives qui reconnaissent le rôle déterminant de ces problématiques dans la prospérité économique et sociale, favorisent la mise en œuvre de pratiques cohérentes de gestion du risque de sécurité numérique et d'atteinte à la vie privée, tout en portant une attention particulière à la liberté d'expression et aux besoins des petites et moyennes entreprises et des individus, stimulent la recherche et l'innovation et s'inscrivent dans une politique générale de responsabilité et de transparence ;
6. **Stimuler le commerce électronique aux niveaux national et international, et contribuer à réduire les obstacles qui en freinent le développement**, dans l'intérêt des consommateurs et des entreprises, en adoptant des politiques et des cadres règlementaires qui renforcent la confiance des consommateurs et la sécurité des produits, favorisent la concurrence et l'innovation induite par les consommateurs, ainsi que la coopération entre les organismes de protection des consommateurs et d'autres organismes compétents, à l'échelle nationale et internationale ;
7. **Tirer parti du potentiel des plateformes numériques** qui ouvrent la voie à des modes innovants de production, de consommation, de collaboration et de partage via des interactions entre particuliers et organisations, tout en évaluant les avantages et les défis socio-économiques qu'elles induisent, ainsi que la pertinence des cadres d'action et de réglementation correspondants ;
8. **Faciliter la concrétisation des possibilités qu'offre l'économie numérique pour l'emploi** en réduisant les obstacles qui freinent les investissements dans les technologies et leur adoption dans tous les secteurs économiques, en promouvant un environnement professionnel attrayant et flexible, en particulier pour les nouveaux arrivants du numérique, en adaptant les politiques et les programmes du marché du travail pour favoriser des emplois de qualité et la protection sociale, notamment dans le cadre des nouvelles modalités rendues possibles par les technologies numériques, et en continuant à suivre de près les pertes d'emplois et à limiter les coûts sociaux connexes, en particulier pour les groupes vulnérables ;
9. **Faire en sorte que chacun soit armé des compétences nécessaires pour prendre part à l'économie et à la société numériques**, en misant sur des politiques qui améliorent la capacité des systèmes éducatifs et de formation à appréhender la demande de compétences numériques générales et spécialisées et à y répondre ; facilitent le relèvement du niveau des qualifications et la reconversion professionnelle par le biais de la formation tout au long de la vie et en cours d'emploi ; et favorisent la littératie numérique et l'utilisation inclusive et efficace des TIC dans l'enseignement et la formation ;

DÉCLARONS EN OUTRE que nous réaliserons nos objectifs en temps voulu, en étroite coopération avec l'ensemble des parties prenantes, et qu'avec le concours de l'OCDE, nous partagerons nos expériences et travaillerons de concert pour :

- préserver le caractère ouvert de l'internet, tout en réalisant simultanément certains objectifs d'action publique, tels que la protection de la vie privée, de la sécurité, des enfants dans l'environnement numérique et de la propriété intellectuelle, ainsi que le renforcement de la confiance dans l'internet ;

- recenser, développer et dynamiser l'éventail de compétences nécessaires pour permettre une participation inclusive à une économie où le numérique occupe une place de plus en plus importante ; et analyser les nouvelles modalités de travail nées des technologiques numériques, ainsi que leurs incidences sur la qualité des emplois et les relations de travail ;
- mettre au point des stratégies de protection de la vie privée et des données personnelles au plus haut niveau de gouvernement, qui prennent en compte toutes les composantes de la société, tout en offrant la souplesse nécessaire pour tirer le meilleur parti des technologies numériques dans l'intérêt général ; et favorisent le développement de dispositifs internationaux promouvant une protection efficace de la vie privée et des données personnelles d'un pays ou territoire à l'autre, notamment via l'interopérabilité des cadres mis en place ;
- évaluer les effets de la transformation numérique sur la société et tous les secteurs de l'économie mondiale, afin d'identifier les avantages et les défis à en attendre, et d'examiner comment les stratégies et les politiques nationales peuvent les prendre en compte et miser sur l'innovation pour combler les fossés numériques ;
- renforcer la collecte de statistiques comparables au niveau international sur l'adoption et l'utilisation des infrastructures haut débit et des services numériques, ainsi que sur l'utilisation des technologies numériques par les entreprises et les individus dans l'ensemble de l'économie et de la société ; et contribuer à la mise au point de nouveaux indicateurs de l'économie numérique, afin notamment d'évaluer la confiance, les compétences et les flux mondiaux de données ;

INVITONS l'OCDE à poursuivre ses travaux sur l'économie numérique et, pour ce faire, à s'appuyer sur ses réalisations dans d'autres domaines, notamment sa Stratégie sur les compétences et la nouvelle version de sa Stratégie pour l'emploi ;

APPELONS l'OCDE à continuer de produire des données probantes et des analyses innovantes à l'appui de l'élaboration de politiques pertinentes qui nous aideront à réaliser nos objectifs et à contribuer au développement d'une économie numérique florissante.

Chapitre 2

Politiques publiques et réglementation

Ce chapitre s'intéresse aux politiques publiques et à la réglementation mises en œuvre dans quatre grands domaines : l'accès et la connectivité, l'utilisation des TIC et les compétences correspondantes, l'innovation numérique, et enfin le risque numérique et la confiance. Pour chacun de ces domaines, le chapitre met en évidence les mesures et les instruments d'action les plus courants, évalue les bonnes pratiques et examine les défis à relever.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Introduction

Le présent chapitre s'intéresse aux politiques publiques et à la réglementation mises en œuvre dans les domaines suivants : accès et connectivité ; utilisation des technologies de l'information et des communications (TIC) et compétences correspondantes ; innovation, applications et transformation ; enfin, risque numérique et confiance. Bien que ces domaines puissent paraître assez différents, les questions de fond qui les concernent ont de plus en plus de liens entre elles et doivent être abordées globalement. Cette nécessité est prise en compte par la plupart des pays de l'OCDE dans leur stratégie numérique nationale. Comme l'indique le chapitre 1, qui examine ces stratégies, les avantages de l'économie numérique ne peuvent être concrétisés pleinement que si l'ensemble de l'appareil gouvernemental traite en amont les diverses questions de fond qui se posent dans les différents domaines, en tenant compte des liens qui existent entre elles.

Pour citer un exemple, l'internet des objets (IdO) pourrait bientôt faire partie intégrante de notre vie quotidienne, reliant plusieurs milliards d'objets dans le monde. Les appareils, équipements, machines et infrastructures « intelligents » créent des possibilités d'automatisation et d'interaction en temps réel. Les applications et services de l'IdO, affinés par l'analytique des données, devraient permettre de redynamiser l'industrie, de répondre à certains besoins de la population dont l'espérance de vie ne cesse de s'accroître, de devenir des éléments fondamentaux des villes intelligentes, et de faciliter la réalisation des Objectifs de développement durable des Nations Unies.

Cela dit, la pleine réalisation du potentiel de l'IdO – et plus généralement des technologies numériques – en matière d'avantages économiques et sociaux suppose un cadre d'action favorable qui s'articule sur des politiques interdépendantes devant permettre : de construire l'infrastructure nécessaire et de favoriser l'interopérabilité (le chapitre 3 examine les tendances en la matière) ; de développer les compétences nécessaires à une utilisation efficace de ces technologies par les individus, les entreprises et les administrations (chapitre 4) ; de promouvoir l'innovation, les applications et la transformation (chapitre 5) ; enfin, de susciter la confiance (chapitre 6) dans les technologies numériques, notamment l'IdO.

Les pouvoirs publics continuent de faire converger directement les priorités de l'économie numérique avec certains objectifs socio-économiques, comme l'amélioration des soins aux malades et aux personnes âgées, l'élargissement des perspectives professionnelles des femmes, l'amélioration de l'offre éducative aux enfants défavorisés et à ceux vivant dans des zones isolées, ainsi que les mesures en faveur de la croissance et de l'emploi. Les principales priorités dans ce contexte sont notamment d'étendre l'accès aux réseaux haut débit et de réviser la législation afin d'accroître la vitesse et la couverture des services de communication. De nombreux pays mettent en outre l'accent sur la formation et la promotion de l'innovation dans le secteur des TIC, et encouragent l'utilisation des TIC en mettant en place des services d'administration électronique, des programmes de formation et des subventions. Les pays continuent par ailleurs de gérer les risques et les défis liés à la

transformation numérique en adoptant des stratégies nationales de sécurité numérique, tout en restant très attentifs à la protection de la vie privée.

Il apparaît en outre de plus en plus clairement que la transformation numérique peut être porteuse de rupture et que des politiques publiques judicieuses sont nécessaires non seulement pour que cette rupture puisse se produire, mais aussi pour l'encourager de façon à pouvoir en retirer sans retard tous les avantages attendus. Les pays ont donc lancé des initiatives – telles que des accélérateurs ou des incubateurs – pour aider les start-ups ou les petites et moyennes entreprises (PME) encore jeunes ; ils ont également pris diverses mesures pour promouvoir les applications et les services numériques. Cela dit, des dispositifs sont également nécessaires pour atténuer le choc du déplacement des travailleurs provoqué par la transformation numérique, ainsi que pour protéger les consommateurs dans le nouvel environnement commercial qui se met en place. Les politiques de soutien à l'enseignement des TIC dans les établissements de formation professionnelle et d'enseignement supérieur sont donc courantes ; elles peuvent inclure des partenariats avec le secteur privé et ont parfois pour finalité d'aider certains groupes en particulier (par exemple les chômeurs). La transformation numérique des emplois a par ailleurs entraîné des révisions de la législation du travail et des règles sectorielles en matière d'embauche. Par ailleurs, à mesure que le marché du commerce électronique évolue, il en est de même pour les actions gouvernementales visant à protéger les consommateurs et à favoriser la confiance. Les responsables de l'action publique se sont ainsi attelés à la difficile tâche de mettre en place des cadres de protection des consommateurs pour les plateformes en ligne (notamment celles mettant en relation les particuliers). Ils ont également pris des dispositions pour atténuer les obstacles au commerce électronique transfrontière liés au manque de protection des consommateurs.

Pour résumer, la transformation numérique représente une occasion à saisir, mais elle s'accompagne aussi de défis à relever. De manière générale, elle est en train de changer le monde plus rapidement que ne l'ont fait de nombreux textes réglementaires. Les pouvoirs publics peuvent, grâce à certains mécanismes, modifier régulièrement leurs cadres de réglementation et, le cas échéant, les actualiser pour faire en sorte qu'ils soient adaptés à un monde où le numérique occupe une place de plus en plus importante.

Une grande partie des informations figurant dans ce chapitre proviennent des réponses au questionnaire préparatoire des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE*. Tous les pays de l'OCDE, ainsi que sept économies partenaires, ont complété une au moins des huit sections du questionnaire.

Accès et connectivité

L'économie numérique s'appuie sur un accès efficient et une utilisation efficace des infrastructures et services de communication. Les discussions qui ont eu lieu à Cancún en juin 2016 à l'occasion de la Réunion ministérielle de l'OCDE sur l'économie numérique ont mis en lumière la ferme volonté des responsables gouvernementaux d'améliorer les infrastructures et les services de communication haut débit de manière à accroître la compétitivité et à permettre à un public plus large de bénéficier des possibilités qui en découlent. Un défi majeur à cet égard est d'évaluer les politiques publiques et les réglementations en tenant compte de la convergence entre des secteurs autrefois séparés (par exemple les télécommunications et l'audiovisuel), d'où l'importance pour les différents services gouvernementaux de collaborer plus étroitement afin de surmonter les difficultés et saisir les opportunités offertes par les changements intervenant sur les marchés de la communication.

La présente section s'appuie sur les réponses de l'ensemble des pays de l'OCDE et de la Colombie à la section sur les télécommunications du questionnaire de préparation des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE*. Elle passe en revue les changements récents intervenus dans les politiques des communications, la législation sur les communications et les cadres réglementaires, avant d'examiner les évolutions qui ont lieu en matière de convergence et les avancées correspondantes au regard des structures de marché. Cette section décrit également l'évolution des compétences des autorités de réglementation des communications concernées par la convergence des secteurs des télécommunications et de l'audiovisuel, et s'intéresse à l'interconnexion entre les réseaux et aux évolutions importantes dans le domaine de l'itinérance mobile internationale.

Le principal constat de l'examen de l'accès et de la connectivité est que la convergence des marchés des télécommunications et de l'audiovisuel entraîne l'adoption de nouvelles approches réglementaires, notamment le rapprochement des instances de réglementation de ces deux secteurs, et la réalisation d'examens de la situation de convergence par les autorités gouvernementales. On constate une tendance en faveur de l'adaptation de la réglementation – en particulier celle concernant les marchés des télécommunications fixes –, des mécanismes de mutualisation des infrastructures, et de l'instauration d'un environnement concurrentiel. Le marché joue un grand rôle dans l'autorégulation des accords d'échange de trafic entre les fournisseurs d'accès internet. En ce qui concerne l'itinérance mobile internationale, de nouvelles réglementations font leur apparition pour faire en sorte que la concurrence existe (c'est le cas avec les offres proposant « des services d'itinérance aux tarifs nationaux ») ; parallèlement, des innovations technologiques se posent en substituts des services standards d'itinérance mobile internationale. Pour ce qui est du développement du secteur des TIC, les pouvoirs publics s'efforcent en premier lieu d'encourager l'innovation dans les PME et les start-ups, puis d'aider les entreprises à investir et exporter pour accroître leur influence. Les dispositifs les plus souvent utilisés sont tout d'abord les projets de financement ou les programmes de formation publics visant à donner aux entreprises les outils dont elles ont besoin pour innover ; suivent les incubateurs et les accélérateurs, qui comprennent à la fois un volet financier et un volet formation, et qui s'adressent principalement aux PME et aux start-ups.

Plusieurs pays de l'OCDE adaptent leur réglementation et mettent en place des mécanismes de mutualisation des infrastructures

Depuis deux ans, les responsables publics et les instances de réglementation du secteur des communications s'efforcent d'améliorer l'accès aux réseaux haut débit et d'adapter les cadres réglementaires. Les paragraphes qui suivent donnent un bref aperçu des révisions engagées sur les textes relatifs aux communications ainsi que des modifications apportées aux politiques et aux cadres réglementaires des pays de l'OCDE, qui devraient permettre de stimuler la concurrence, l'innovation et l'investissement sur les marchés des communications.

Plusieurs pays de l'OCDE ont entrepris la révision de leurs cadres réglementaires, leurs politiques publiques et leur législation sur les télécommunications. De manière générale, la tendance est à la simplification de la réglementation, principalement pour le marché des télécommunications fixes. En Suisse, par exemple, une consultation publique a été organisée au sujet d'une révision partielle de la loi sur les télécommunications visant plus particulièrement à : 1) renforcer la position des consommateurs sur le marché des communications et mieux protéger la jeunesse ; 2) limiter les tarifs de l'itinérance

internationale ; 3) assouplir l'utilisation du spectre des fréquences ; 4) réduire les contraintes administratives pour les opérateurs de télécommunications ; et 5) améliorer les conditions d'accès au réseau pour les différents acteurs du marché. Sur la base de cette consultation, le Conseil fédéral suisse a demandé au Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication de préparer pour septembre 2017 un projet de loi sur les télécommunications. Au Danemark, une révision complète de la politique publique sur les communications électroniques a été entreprise, appuyée par l'organisation d'ateliers et de réunions bilatérales avec les parties prenantes. Le processus de révision devrait être achevé en 2017. Au Royaume-Uni, une refonte de ce que l'on appelle les « *General Conditions* » (c'est-à-dire les règles que tout opérateur de télécommunications doit respecter pour exercer ses activités dans le pays) est en cours ; l'objectif est de clarifier les règles, de réduire le coût des contrôles et de supprimer les règles lorsqu'elles ne sont plus jugées utiles. En Suède, l'autorité des postes et des télécommunications – qui est chargée de la réglementation – a adopté en décembre 2016 une loi de déréglementation du marché de la téléphonie fixe, en prévoyant une période transitoire de 12 mois avant l'entrée en vigueur du texte.

En septembre 2016, l'Union européenne (UE) a publié une proposition de révision de sa loi sur les télécommunications – le Code des communications électroniques européen (Commission européenne, 2016a) –, dont les principaux objectifs étaient d'accroître le débit et la couverture du réseau au sein de l'Union. Le nouveau texte prévoit des ajustements sur les points suivants : les réseaux d'accès de nouvelle génération ; l'octroi de licences d'utilisation du spectre ; et une approche coordonnée au sein de l'UE concernant la gestion du spectre, les obligations réglementaires visant les services de communication électroniques – y compris les services *over-the-top* (OTT) – ainsi que les guides électroniques de programmation et d'obligation de diffusion. L'augmentation des pouvoirs de l'Organe des régulateurs européens des communications électroniques (ORECE) est également prévue. Une autre proposition notable de la directive est la modification des conditions de numérotation sur le marché des communications de machine à machine. La proposition permet « aux États membres d'assigner des numéros à des entreprises autres que les fournisseurs de réseaux ou de services de communications électroniques », réforme qui a été présentée dans plusieurs rapports de l'OCDE comme susceptible d'accroître la concurrence (OCDE, 2012b ; 2015b).

Afin de stimuler la concurrence sur les marchés des communications et de réduire les coûts, un grand nombre de pays élaborent des dispositions sur le partage des infrastructures. Les pays membres de l'UE doivent par exemple transposer dans le droit national la directive 2014/61/UE relative à des mesures visant à réduire le coût du déploiement de réseaux de communications électroniques à haut débit (Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2014). Cette directive préconise le partage de l'infrastructure, l'échange d'informations, ainsi que la coordination des travaux de génie civil entre les fournisseurs de services de communication et les opérateurs de réseau pour faciliter le déploiement des réseaux haut débit. Le texte permet aux fournisseurs d'accès à l'internet de disposer de l'infrastructure passive de n'importe quel autre fournisseur de réseau. L'Espagne, la Finlande, la Hongrie, l'Irlande et la Suède ont déjà adopté une loi allant dans le sens de la directive. La Lettonie, la République tchèque et la Slovénie ont engagé le processus de transposition de la directive dans le droit national. En Espagne, des pratiques comme la mutualisation des infrastructures passives ont joué un rôle majeur dans le déploiement de la fibre dans les locaux des entreprises et les logements des particuliers.

Sur les marchés des communications mobiles, les pays de l'OCDE continuent d'ouvrir leur bande de fréquences de 700 MHz, très prisée par les opérateurs de réseau pour ses caractéristiques de propagation, qui permettent d'offrir des services de meilleure qualité. En novembre 2015, la France a organisé une enchère pour l'attribution de 6 blocs de 5 MHz dans la bande des 700 MHz, qui a rapporté 2.8 milliards d'euros. Le Chili a, en mai 2016, ouvert la bande de la technologie LTE (technologie d'évolution à long terme), qui est la norme pour les télécommunications mobiles haut débit. Les trois opérateurs qui ont remporté le droit d'utiliser cette bande ont l'obligation de desservir 1 281 localités ainsi que 13 autoroutes sur une distance de 850 kilomètres. En 2017, l'Australie a mis aux enchères un bloc de 30 MHz de la bande des 700 MHz qui n'avait pas trouvé preneur en 2013. La Finlande a organisé en novembre 2016 une enchère pour la bande des 700 MHz. Cette enchère comportait plusieurs tours, au cours desquels tous les blocs de la bande de fréquences ont été proposés en même temps. La vente a eu lieu par internet[1]. En tout, six blocs de 5 MHz ont été mis aux enchères, et pas plus de deux blocs ont été attribués à chaque opérateur. Le Mexique a attribué des licences d'utilisation de la bande des 700 MHz dans le cadre de la création de son réseau mobile 4G, *Red Compartida*, accessible en gros. Ce réseau pourra être mis à niveau continuellement avec les technologies mobiles les plus récentes (dont la 5G) lorsqu'elles seront disponibles. L'enchère a été remportée par Altán Redes, dont l'offre desservira 92.2 % de la population mexicaine à l'horizon 2024. L'entreprise a conclu un partenariat public-privé avec Promtel pour commencer à installer un réseau haut débit disponible en accès de gros, qui entrera en service en mars 2018 et desservira au minimum 30 % de la population mexicaine. Le Royaume-Uni envisage quant à lui d'autoriser l'utilisation de la bande des 700 MHz dans tout le pays d'ici à 2022 au plus tard. De son côté, l'UE prévoit d'ouvrir cette même bande au haut débit sans fil avant 2020.

La convergence contribue à la révision des cadres réglementaires et des institutions

De nouveaux acteurs proposent des offres de contenus audiovisuels, qui favorisent la convergence entre le secteur des télécommunications et celui de l'audiovisuel

L'apparition de nouveaux services a brouillé les limites entre le secteur des télécommunications et celui de l'audiovisuel, qui étaient auparavant bien séparés. Par ricochet, cela a permis de tester les cadres réglementaires et les politiques publiques existants (historiques), et encouragé à dresser le bilan de ces cadres. Ainsi, l'émergence de services vidéo OTT et le succès populaire des offres tri- ou quadriservices font qu'il est aujourd'hui plus difficile de confier à des autorités réglementaires autrefois séparées la prise de décisions sur des questions comme les obligations en termes d'offre/de diffusion ainsi que les droits d'auteur et de retransmission.

Les canaux de distribution de contenus audiovisuels que l'on trouve dans les pays de l'OCDE sont aujourd'hui de plus en plus variés. La plupart des pays comptent désormais des offres de télévision publiques et privées permettant de visionner des contenus par internet, que ce soit en temps réel (diffusion en flux continu) ou sur demande, de façon discontinue (comme la télévision de rattrapage). Les offres sont variées. Certaines proposent des services de diffusion en temps réel uniquement pour les abonnés, tandis que de nombreuses autres sont accessibles à n'importe quel utilisateur d'internet (même si elles sont souvent, pour des raisons de droits d'auteur, limitées géographiquement au pays ou à la région d'origine). Les contenus à la demande ne sont généralement disponibles que pendant une durée limitée, et souvent réservés aux abonnés des opérateurs.

Des acteurs non traditionnels proposent eux aussi des contenus audiovisuels, notamment sur des plateformes web à la demande. Cependant, comme la plupart des pays de l'OCDE ne réglementent pas ces services ou très peu[2], la plupart des régulateurs ne disposent pas de renseignements sur ces services et recourent principalement aux données provenant de sources privées. La propriété intellectuelle des contenus audiovisuels est un autre aspect à traiter. De tout temps, les développeurs de contenus ont essayé de segmenter ces droits entre les différentes plateformes ou les différents créneaux de diffusion. L'acquisition de contenus par les plateformes (grâce à des fusions – récentes ou prévues – ou des accords de distribution plus poussés) pourra entraîner l'émergence de modes de visionnage plus novateurs et plus souples pour les consommateurs.

En Europe, dans le cadre de la stratégie pour un marché unique numérique (Commission européenne, 2015), la Commission européenne a adopté en mai 2016 un amendement à la directive « Services de médias audiovisuels », puis a soumis en septembre 2016 une proposition de création d'un Code des communications électroniques européen. Cette proposition prévoyait la révision de cinq directives européennes[3] et de deux règlements de la Commission européenne pour en faire un seul instrument. Le nouveau texte de la directive « Services de médias audiovisuels » définit une nouvelle approche pour les plateformes en ligne (notamment celles n'ayant pas de responsabilité éditoriale en ce qui concerne les contenus, comme par exemple les plateformes de partage de vidéos) en interdisant l'incitation à la haine, en protégeant les mineurs, en promouvant les œuvres européennes sur toutes les plateformes de contenus, et en proposant des règles pour que les plateformes de partage de vidéos aient un comportement plus responsable (Commission européenne, 2016a). La directive propose en outre de ne soumettre les prestataires de services OTT à la réglementation que s'ils utilisent une numérotation ou sont connectés au réseau téléphonique public commuté, conformément à la taxonomie de l'ORECE (ORECE, 2015). Les régulateurs des pays membres de l'UE seraient en outre autorisés à demander des informations aux prestataires de services OTT.

À l'heure actuelle, rares sont les pays de l'OCDE qui réglementent la fourniture de contenus audiovisuels par des prestataires de services OTT (c'est-à-dire autres que des services audiovisuels agréés ou sous licence). Selon les cadres juridiques existant dans la zone OCDE, la vidéo à la demande (VoD) est généralement définie comme un service fourni aux consommateurs par un diffuseur agréé. Au Canada, par exemple, les titulaires d'une licence de VoD doivent adhérer à plusieurs codes de programmation qui sont également applicables aux diffuseurs ; des dispositions interdisent en outre aux diffuseurs intégrés verticalement de diffuser les programmes de télévision en exclusivité ou sous un autre régime préférentiel. En Europe, conformément à la directive « Services de médias audiovisuels »[4], une notification peut aussi être demandée aux fournisseurs de VoD. Il en est ainsi en Hongrie et au Royaume-Uni, où toutes les offres de services VoD ayant été notifiées sont répertoriées[5,6].

La convergence du secteur des télécommunications et de celui de l'audiovisuel encourage les fusions-acquisitions

La convergence entre deux volets auparavant séparés du secteur des communications constitue le principal moteur des fusions-acquisitions dans la zone OCDE. Entre 2014 et 2016, les fusions-acquisitions entre câblo-opérateurs et opérateurs de réseaux mobiles ont occupé une place de choix parmi les transactions d'une valeur d'au moins 500 millions USD (annexe 2.A1). Cela dit, comme le montre le cas de l'Espagne, la convergence qui s'opère complique la tâche des responsables de l'action publique et des régulateurs lorsqu'ils

essaient d'évaluer les résultats (encadré 2.1). Certains opérateurs (comme Vodafone) ont racheté des opérateurs de réseau fixe, alors que d'autres (comme BT et Liberty Global) ont fait l'acquisition d'opérateurs de réseaux mobiles. Dans la plupart des cas, les acheteurs ont pour ambition de proposer des offres de services groupés, de tirer avantage de la complémentarité des réseaux, et de pouvoir rivaliser plus efficacement avec leurs concurrents.

Encadré 2.1. **Fusions et évolutions du marché en Espagne**

Entre 2014 et 2016, plusieurs fusions ont eu lieu au cœur de l'économie numérique espagnole. Les plus importantes sont celle de Vodafone avec ONO – qui a été approuvée en juillet 2014 – et celle entre Orange et Jazztel, en mai 2015. Dans le premier cas, Vodafone, qui est le deuxième plus grand opérateur mobile, a acquis ONO, troisième opérateur de réseau fixe possédant son propre réseau câblé dans la plupart des régions d'Espagne et opérateur de réseau mobile virtuel (MVNO). Dans le second cas, Orange, troisième opérateur de réseau mobile et troisième opérateur de réseau fixe, a acquis Jazztel, quatrième opérateur de réseau fixe. Orange et Jazztel, qui utilisaient surtout des boucles locales dégroupées de Telefónica, se sont mis à investir massivement dans leurs propres réseaux fibre. Jazztell avait également fait l'acquisition d'un opérateur de réseau mobile virtuel (MVNO). Cette fusion a été approuvée par la Commission européenne moyennant les mesures correctrices suivantes :

- offrir un accès de gros au haut débit à un concurrent, en utilisant les boucles locales dégroupées d'Orange pour accéder au réseau cuivre fixe de Telefónica, pour un prix fondé sur les coûts, pendant une période de 4 + 4 ans
- vendre à un concurrent un réseau fibre dans cinq villes espagnoles représentant presque 800 000 habitations ou locaux professionnels
- offrir la garantie au concurrent de bénéficier d'un accès de gros au réseau mobile (dont la 4G) dans des conditions commerciales intéressantes pendant une période de 4 + 4 ans.

En 2016, une autre fusion a été annoncée entre MásMóvil – qui détient les actifs fibre cédés par Orange et Jazztel – et Yoigo, quatrième opérateur de réseau mobile. La transaction a été approuvée par l'autorité de la concurrence espagnole (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia – CNMC) sans imposer d'engagement aux deux parties. Par ailleurs, en 2015, Telefónica avait racheté DTS, principal opérateur de télévision payante par satellite en Espagne. Cette acquisition a permis à Telefónica d'accroître sa part de marché – déjà substantielle – dans la télévision payante, car ses contenus de grande qualité sont très importants pour vendre des offres groupées en Espagne. L'accord de concentration des opérateurs s'accompagnait de plusieurs engagements visant à stimuler la concurrence, comme par exemple la fourniture d'une offre de télévision de haute qualité.

En octobre 2016, AT&T a annoncé son intention d'acheter Time Warner pour un montant de 85 milliards USD. Si la transaction est approuvée par les autorités, elle représentera l'une des plus importantes opérations de fusion-acquisition à venir. Les câblo-opérateurs continuent de fusionner avec des opérateurs de la même région en Allemagne et aux États-Unis ; parallèlement, des opérateurs de réseaux mobiles présents sur les mêmes marchés ont fusionné entre eux en Allemagne, en Irlande et en Italie. En revanche, aucune fusion entre opérateurs de réseaux mobiles n'a abouti au Danemark et au Royaume-Uni en 2016, où aucun nouvel entrant n'a émergé des négociations sur les mesures correctrices.

Pour nombre de ces fusions, les autorités chargées de la réglementation ont appliqué des mesures correctrices ou posé des conditions. Parfois, leur approbation de la transaction

a été conditionnée à la cession d'une partie de la nouvelle entité résultant de la fusion, par exemple en Belgique dans le cas de Liberty Global et de Base. Dans d'autres cas, comme celui de Shaw Communications, au Canada, le fait que Shaw ne possède pas de réseau mobile a conduit les autorités à estimer qu'elles n'avaient pas à s'opposer à la transaction. Les autorités ont également noté que la fusion n'allait entraîner aucun changement en matière de concentration des fréquences, et n'ont donc appliqué aucune mesure correctrice à la transaction.

Lorsqu'elles approuvent les fusions d'opérateurs de réseaux mobiles, les autorités imposent un certain nombre de conditions, comme par exemple la cession de bandes de fréquences ou d'installations (des pylônes, par exemple) afin d'ouvrir des perspectives pour de nouveaux opérateurs, ou encore l'engagement de l'entité résultant de la fusion de proposer un accès de gros aux MVNO. Dans les pays de l'OCDE, les mesures correctrices appliquées dans les fusions les plus récentes semblent plus axées sur la stimulation de la concurrence que par le passé. Cela peut vouloir dire que les mesures appliquées autrefois ne permettaient pas de satisfaire les attentes initiales en termes d'émergence de MVNO sur les marchés issus des fusions, d'évolution des prix ou d'investissements.

Pour ce qui est des réseaux fixes, les organismes de réglementation ont là aussi posé un certain nombre de conditions avant d'approuver les fusions. Au Portugal, les autorités ont obligé les opérateurs à céder des actifs. Aux États-Unis, l'une des conditions exigées par la Federal Communications Commission (FTC) pour approuver la fusion entre AT&T et DirecTV était que la nouvelle entité étende son réseau fibre pour atteindre 12.5 millions de locaux de clients dans un délai de quatre ans.

Une fois que le feu vert a été donné pour réaliser une fusion ou une acquisition, différents types d'approches sont utilisées par les pays de l'OCDE pour évaluer ou suivre les évolutions du marché. Lorsque des conditions particulières sont exigées par les autorités, l'entité résultant de la fusion doit généralement rendre compte de ce qu'elle fait pour honorer ses engagements. Si des contrôles postérieurs aux opérations de fusion ne sont pas automatiques partout, ils sont néanmoins courants dans un certain nombre de pays. En Autriche, par exemple, l'Autorité fédérale de la concurrence et l'Autorité de réglementation de la radiodiffusion et des télécommunications ont publié deux rapports évaluant les conséquences de la fusion entre Hutchison 3G Austria et Orange Austria qui a eu lieu en 2012.

L'une des questions qui se posent après une fusion ou dans le cadre de l'observation générale de l'évolution du marché est de déterminer si les autorités de réglementation ont accès aux informations dont elles ont besoin pour évaluer les résultats de la fusion. Il peut être moins difficile d'évaluer le respect d'une mesure correctrice particulière que de mesurer des conséquences générales comme des effets sur les prix et l'investissement, même si les partisans d'une fusion font souvent valoir auprès des autorités que la fusion améliorera la concurrence et stimulera l'investissement. Un autre aspect à prendre en compte dans les évaluations est l'utilisation croissante d'installations de réseau partagées entre les opérateurs de réseaux mobiles ainsi que son influence potentielle sur l'investissement, en particulier lorsque des fusions ont lieu entre ces opérateurs.

Plusieurs pays réalisent des examens de la situation de convergence pour réformer les cadres réglementaires en tenant compte de l'évolution du marché

À mesure que les services de communications continuent d'évoluer et que l'utilisation des services OTT s'accroît, un certain nombre de pays réalisent des examens de la situation de convergence pour déterminer si les différents services devraient être régis par le même

cadre. Dans certains cas, des unités particulières ont été créées afin que les responsables de l'action publique disposent des informations nécessaires pour prendre des décisions avisées. En Australie, le gouvernement a créé le Bureau of Communications Research, une unité du ministère des Communications chargée d'évaluer les nouvelles tendances en matière de convergence dans le secteur des communications. En octobre 2016, cette unité a publié un rapport analysant les récentes évolutions des communications au niveau national, comme par exemple la demande accrue de débits internet plus rapides, la disparition des modèles économiques traditionnels dans l'audiovisuel en raison de la hausse de la demande de services OTT et du coût des contenus locaux, ainsi que la multiplication des contenus produits en Australie du fait de l'émergence de nouveaux entrants et de nouvelles plateformes. La Commission australienne pour la concurrence et la protection des consommateurs (Australian Competition and Consumer Commission) a par ailleurs annoncé la réalisation d'une étude sur le marché des communications en Australie, qui examinera la capacité du réseau, l'accès à la fibre noire (non utilisée) et l'essor des services OTT. Les résultats seront rendus publics en 2017.

En Espagne, l'autorité de la concurrence (CNMC) a publié en 2015 un rapport sur l'utilisation des services OTT, qui montrait que les principales exceptions étaient une utilisation plus fréquente des applications de messagerie sur les appareils mobiles (76 % sur les mobiles contre 43 % sur les fixes) et le téléchargement de contenus audiovisuels (38 % à l'aide d'une connexion fixe et 21 % avec une connexion mobile) (CNMC, 2015). Au Danemark, l'Agence pour la culture a diffusé en 2015 un rapport sur l'évolution des médias qui présente des données et une analyse concernant l'évolution au fil du temps de l'utilisation des médias sur différentes plateformes dans le pays (Danish Agency for Culture and Palaces, 2015). En 2015, la Nouvelle-Zélande a lancé un programme de travail interministériel sur la convergence. L'objectif était notamment de mieux appréhender certaines questions comme la normalisation des contenus, la fiscalité et le développement des industries créatives (MBIE et MCH, 2015). Suite à cet exercice, d'autres programmes ont été conçus, dont certains dans le cadre du Business Growth Agenda national (MBIE, 2015). Au Royaume-Uni, l'Ofcom a entrepris un examen de la convergence numérique qui a abouti à la publication, en février 2016, d'un rapport préliminaire énonçant le thème central de la stratégie de convergence future du pays et définissant le processus de déréglementation à mettre en œuvre dans certains cas (Ofcom, 2016).

Dans certains pays, des propositions d'examen des questions ayant trait à la convergence sont intégrées aux programmes de travail des organismes compétents. Au Canada, par exemple, le plan stratégique du Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC) pour 2016-19 s'appuie sur quelques grands principes : permettre aux Canadiens d'accéder à des services abordables, innovants et de qualité ; créer plus de contenus locaux ; protéger les utilisateurs (CRTC, 2016). En Corée, un processus similaire a été engagé avec le plan général pour 2017-19 élaboré par la Commission des communications.

Certains pays ont adapté la réglementation à la convergence, confiant à une même instance le secteur des télécommunications et celui de l'audiovisuel

Pour favoriser une plus grande cohérence de la réglementation, un nombre croissant de pays ont réformé leurs autorités chargées des communications et adopté une structure commune qui intègre à la fois le secteur des télécommunications et celui de l'audiovisuel.

Les avantages d'une telle structure sont notamment les suivants :

- un guichet unique pour les entreprises et les consommateurs
- un contrôle accru et une plus grande cohérence entre les différents aspects réglementés (par exemple les services audiovisuels, les réseaux et les services de communications)
- la possibilité d'avoir une vision globale de l'ensemble de la chaîne de valeur, des réseaux aux contenus ; de réaliser une analyse complète de la situation en matière de concurrence ; de repérer l'éventuel exercice d'une puissance sur les marchés voisins (les ventes groupées) ; enfin, d'évaluer les sujets de préoccupation, de la normalisation à la distribution exclusive (où les fournisseurs situés en amont font obstruction aux concurrents situés en aval)
- les économies réalisées, en sachant qu'elles dépendent de la structure créée et de son fonctionnement.

Plus récemment, en 2013, l'Espagne, le Mexique et la Slovénie ont réformé leurs autorités de réglementation des communications en mettant en place une structure commune. Ces pays s'ajoutent à la liste de ceux qui ont déjà adopté une structure plus ou moins semblable (par exemple l'Australie, l'Autriche, le Canada, la Corée, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la Hongrie, l'Italie, le Royaume-Uni et la Suisse). Ce que l'on appelle les « autorités de réglementation communes », très variables en termes de structure et de capacité, sont aujourd'hui au nombre de 13 parmi les pays de l'OCDE (voir l'annexe 2.A2).

Les tarifs d'interconnexion et les modalités d'échange de trafic internet continuent de retenir l'intérêt

Les tarifs de terminaison ont baissé ces dernières années, à quelques exceptions près

Les tarifs d'interconnexion comme ceux de la terminaison d'appel mobile et de la terminaison d'appel fixe sont appliqués aux opérateurs de télécommunications fournissant des services de téléphonie. Dans les pays de l'OCDE, les tarifs de terminaison d'appel mobile sont généralement appliqués à tous les opérateurs mobiles (opérateurs de réseaux mobiles et MVNO). S'agissant des opérateurs fixes, des tarifs de terminaison d'appel peuvent s'appliquer à chacun d'entre eux (comme en Allemagne, en Espagne et en Finlande), ou seulement à ceux possédant une importante puissance sur le marché (comme en Belgique, au Danemark et en Irlande).

Les tarifs d'interconnexion et la méthode employée pour actualiser les tarifs de terminaison dépendent de l'autorité de réglementation. Aux États-Unis, les tarifs d'échange de trafic qui sont facturés au sein des États ou entre eux peuvent varier selon l'opérateur, bien que la majorité d'entre eux aient été plafonnés en 2011 et que dans de nombreux cas, la transition vers un système sans rémunération réciproque (*bill-and-keep*) ait eu lieu ou soit en cours. En Europe, certains pays utilisent l'analyse du marché et la consultation nationale pour élaborer une proposition de modification des tarifs de terminaison. Dans le cas des pays de l'UE, cette proposition doit être soumise à la Commission européenne. En Colombie, les tarifs d'interconnexion sont négociés par les opérateurs et figurent dans leurs contrats, mais une offre initiale de référence doit être approuvée préalablement par l'organisme de réglementation (*Comisión de Regulación de Comunicaciones* – CRC).

En dehors de la zone OCDE, les tarifs de terminaison des appels internationaux continuent de poser problème dans les pays où l'État a le monopole sur le marché et applique une surtaxe uniforme pour tous les appels entrants (OCDE, 2014a). La question des tarifs de terminaison des appels internationaux a également appelé l'attention de certains pays de l'OCDE, qui craignent que ces tarifs ne reflètent pas les coûts. Au sein de l'Union européenne, depuis le 1er janvier 2016, certains régulateurs ont commencé à autoriser les opérateurs

mobiles à appliquer un régime différent selon que les tarifs de terminaison s'appliquent aux appels internationaux ou aux appels nationaux. La conséquence est que les prix changent fréquemment (par exemple presque tous les mois), ce qui génère des tensions entre les opérateurs mobiles européens et leurs partenaires. Pour citer un exemple, les opérateurs suisses ne bénéficient plus du « tarif européen », ce qui a vraisemblablement dégradé les relations entre les opérateurs mobiles.

En dehors de l'Europe, ces évolutions ont suscité l'attention de l'*Office of the United States Trade Representative* (USTR). Selon l'USTR, plusieurs opérateurs de l'Union européenne appliquent des tarifs plus élevés pour la terminaison des appels internationaux qui proviennent de l'extérieur de l'UE que pour ceux passés depuis un État membre. Cela crée un régime à deux vitesses qui, selon l'USTR, ne semble pas refléter les coûts supplémentaires générés par la terminaison de ces appels.

Les questions soulevées par l'USTR se posaient fréquemment entre les pays de l'OCDE lorsque les opérateurs des différents pays – la plupart en situation de monopole – utilisaient le système international des taxes de répartition. Ce système a été largement abandonné lorsque les marchés des télécommunications ont été libéralisés et que la concurrence a permis de rapprocher les tarifs des coûts. Toutefois, comme le reconnaissent les instances de réglementation du monde entier, chaque opérateur de réseau jouit d'un certain degré de monopole en ce qui concerne la terminaison des appels à destination de ses propres clients et, par conséquent, la même vigilance devrait être exercée sur les tarifs des appels nationaux que sur ceux des appels internationaux.

L'échange de trafic et le transit entre les fournisseurs de services internet sont en grande partie régulés par le marché

L'interconnexion entre les fournisseurs de services internet et les conditions de l'échange de trafic qui s'effectue entre eux sont en grande partie régulés par le marché. Les récents événements survenus sur le marché, en particulier les différends au sujet de l'échange de trafic et du transit entre opérateurs (par exemple l'affaire Netflix-Comcast aux États-Unis), ont fait de la question un sujet de débat public. En 2015, l'autorité de réglementation des Pays-Bas a analysé sept importants différends internationaux et a conclu que dans tous les cas sauf un, le différend avait été provoqué par un certain comportement restrictif à l'égard de l'interconnexion ; cela dit, elle n'a généralement relevé aucune action pouvant être qualifiée « d'anticoncurrentielle » (ACM, 2015). L'autorité a également noté que la situation n'était préjudiciable pour le consommateur que lorsque la capacité d'interconnexion entre les parties concernées était insuffisante, ce qu'elle n'a pas détecté aux Pays-Bas. En France, l'autorité de réglementation a également mené une enquête administrative pour vérifier les conditions techniques et financières de l'interconnexion entre les fournisseurs d'accès internet et les fournisseurs de contenus, ainsi qu'entre les opérateurs.

Les autorités de réglementation des communications ne recueillent généralement pas d'informations sur les accords d'interconnexion car ceux-ci ne sont en règle générale pas directement réglementés. Dans la plupart des pays, la décision de l'opérateur d'établir ou non une interconnexion et son choix des modalités dépendent non pas de la réglementation officielle mais des forces du marché. Néanmoins, les autorités de réglementation nationales sont dans la plupart des cas habilitées, de par la loi, à solliciter ce type d'informations. Certains pays exigent que les accords d'interconnexion soient transmis au ministère ou à l'organisme compétent (par exemple en Corée et en République tchèque). En mars 2012, l'autorité française de régulation (ARCEP) a décidé de collecter

des renseignements sur les conditions techniques et tarifaires de l'interconnexion et de l'acheminement des données. L'analyse des informations recueillies régulièrement entre 2012 et 2016 a été publiée pour la première fois dans le rapport du 30 mai 2017 sur l'état de l'internet en France (ARCEP, 2017).

Les événements récents survenus dans le domaine des fusions-acquisitions montrent l'importance accordée par les autorités de réglementation à l'interconnexion. Lors du rachat par *Charter Communications* de *Time Warner Cable* et *Bright House Networks*, aux États-Unis, la FCC a fixé pour obligation à l'entreprise résultant de la fusion de fournir gratuitement et de façon non discriminatoire des services d'interconnexion aux entreprises satisfaisant aux critères de base (une exigence qui, selon les autres acteurs du secteur, correspond aux pratiques antérieures des deux entreprises concernées). D'autres conditions ont également été posées par le régulateur, comme par exemple la question du plafonnement du volume de données, la tarification en fonction de l'utilisation pour le haut débit résidentiel, ainsi que l'installation du haut débit dans les habitations. Dans cette même affaire, le ministère de la Justice a cherché à déterminer si l'entreprise résultant de la fusion allait devenir le gardien incontournable de l'accès aux services internet qui nécessitent une connexion haut débit pour être fournis aux consommateurs (notamment la distribution de vidéos en ligne).

L'itinérance mobile internationale évolue, sous l'influence de l'innovation, de la concurrence et de la réglementation

Les innovations technologiques se substituent partiellement aux services classiques de l'itinérance mobile internationale, mais les changements les plus profonds proviennent de la concurrence

Le marché de l'itinérance mobile internationale de la zone OCDE continue d'évoluer. Les principaux facteurs à l'origine de cette tendance sont les progrès technologiques, les réponses des entreprises à l'augmentation de la demande, et la réglementation (lorsque la concurrence a été jugée insuffisante). De surcroît, un éventail toujours plus large de technologies permettent aux consommateurs – ceux qui acceptent un certain degré d'imperfection – de délaisser les services traditionnels de l'itinérance mobile. Ces technologies se substituent, d'une façon ou d'une autre, aux services du fournisseur internet du pays d'origine, par exemple dans le cas où la carte SIM d'un intermédiaire comme Apple remplace celle fournie par l'opérateur (Bourassa et al., 2016).

Avec le temps, l'imperfection de certaines alternatives technologiques aux services traditionnels de l'itinérance mobile internationale s'estompe. Un exemple est l'autocollant Interfone, qui a été mis sur le marché en septembre 2016. Ce dispositif permet d'utiliser les cartes SIM virtuelles des opérateurs dans les pays participants, mais aussi – et c'est très important – de conserver le numéro mobile du pays d'origine pour recevoir des appels[7]. Cela dit, si le coût d'utilisation d'une telle technologie peut être nettement inférieur à celui de l'itinérance mobile traditionnelle, il a tendance à être beaucoup plus élevé que l'achat d'une carte SIM locale. D'un autre côté, si l'utilisateur souhaite abandonner les appels mobiles et utiliser uniquement des services de données, les options qui font leur apparition sont plus avantageuses. À titre d'exemple, l'Apple SIM dont est équipé l'iPad permet à l'utilisateur, lorsqu'il se rend dans des pays comme le Japon et les États-Unis, de sélectionner au moins deux opérateurs et de payer les tarifs locaux, sans avoir besoin d'acheter une carte SIM dans le pays où il se trouve. Quoi qu'il en soit, au final, tous les substituts d'une carte SIM – que ce soit dans le pays d'origine ou le pays de destination – reposent sur des marchés concurrentiels. En d'autres termes, une carte SIM doit être débloquée pour pouvoir être utilisée à l'étranger, et

il faut qu'il y ait dans le pays visité des opérateurs partenaires (autrement dit, si l'utilisateur ne bénéficie pas d'un accès direct aux tarifs locaux, il paiera plus cher que les tarifs locaux appliqués aux intermédiaires).

La technologie la plus utilisée comme substitut aux services traditionnels de l'itinérance mobile est le wi-fi. Bien que permettant autrefois d'avoir accès aux services de données et aux services OTT, le wi-fi présentait des restrictions en ce qui concerne l'utilisation d'un numéro mobile standard. Là aussi, les choses évoluent : en mars 2016, AT&T a commencé à autoriser ses clients à utiliser le wi-fi lorsqu'ils appellent de l'étranger. Ces appels ne génèrent pas de frais d'itinérance mobile, mais des taxes liées à l'offre standard du client. Les offres d'itinérance aux tarifs nationaux (IATN), qui font leur apparition dans un nombre croissant de pays, vont encore plus loin. Elles sont de plus en plus répandues dans des pays comme les États-Unis, la France, Israël, le Mexique et le Royaume-Uni, et sont obligatoires au sein de l'Espace économique européen (EEE) depuis le 15 juin 2017 ; en revanche, elles sont remarquablement absentes dans un grand nombre de pays (annexe 2.A3).

La réglementation intervient pour introduire la concurrence dans le domaine de l'itinérance mobile internationale et offrir des prix abordables à l'utilisateur final

Les autres avancées majeures de l'itinérance mobile internationale ont eu lieu dans le domaine de la réglementation. Au Mexique, par exemple, l'apparition des offres IATN a coïncidé avec l'arrivée sur le marché de nouveaux entrants grâce à la levée des barrières à l'investissement étranger. Une autre caractéristique importante du marché mexicain – jugée toutefois balbutiante dans son utilisation potentielle – a été l'émergence des MVNO et la capacité de ces acteurs à négocier directement des accords d'itinérance internationale. Les MVNO n'ont pas toujours cette possibilité, et la lutte contre ces obstacles pourrait constituer une autre option pour les pays qui considèrent que la concurrence sur le marché de l'itinérance mobile internationale n'est pas suffisante.

Les changements les plus flagrants intervenus dans le domaine de la réglementation sont sans doute ceux de l'Union européenne. En novembre 2015, le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne ont conclu un accord concernant le marché unique des télécommunications (règlement (UE) 2015/2120 ; Parlement européen et Conseil de l'Union européenne [2015]), qui définit un calendrier des réductions à venir des tarifs de l'itinérance au sein de l'UE à l'horizon d'avril 2016 (avec un objectif de 0.05 EUR/minute pour les appels sortants, 0.02 EUR par SMS et 0.05 EUR par mégaoctet de données). Ce règlement exige également que les offres IATN répondent à des critères d'utilisation équitable (afin que seule l'itinérance ponctuelle soit concernée) et de durabilité (afin de permettre, dans des cas exceptionnels, de déroger à l'IATN si les coûts de l'itinérance ne sont pas pris en compte). En décembre 2016, l'UE a approuvé une politique d'utilisation raisonnable qui énonce en détail des dispositions visant à garantir l'application effective de l'IATN et à faire en sorte que les offres nationales les plus compétitives le restent (Commission européenne, 2016b). En janvier 2017, l'UE a énoncé un ensemble de règles concernant la fourniture en gros de services d'itinérance, qui établissent les tarifs que les opérateurs de l'UE sont autorisés à se facturer mutuellement pour utiliser leurs réseaux respectifs à l'étranger, dernière étape avant l'introduction de l'IATN pour l'itinérance ponctuelle le 15 juin 2017 (Commission européenne, 2016c).

Le règlement sur le marché unique des télécommunications a été établi trois ans après le précédent règlement sur l'itinérance (Roaming III), qui était entré en vigueur le 1er juillet 2012. Le Roaming III avait étendu les mécanismes visant à éviter le choc de la

facturation et à favoriser la transparence (notamment le plafonnement des données à 50 EUR) aux clients européens voyageant dans des pays non membres de l'UE, et introduit pour la première fois un plafonnement des prix de détail des données, à l'instar d'autres pays. Au Canada, par exemple, le Code sur les services sans fil – élaboré en 2013 par le CRTC – plafonne automatiquement les frais d'itinérance de données à 76 USD au cours d'un seul cycle de facturation, à moins que le client n'accepte expressément de payer des frais supplémentaires. Le règlement sur le marché unique des télécommunications instaure par ailleurs un mécanisme permettant d'introduire des solutions structurelles pour dissocier les services d'itinérance mobile réglementés des services domestiques ; ces solutions ont été exposées dans les actes d'exécution de l'UE suite à une consultation de l'ORECE, et inscrites dans les lignes directrices de l'ORECE sur l'accès de gros.

Les initiatives de l'Union européenne en matière de réglementation du marché de l'itinérance mobile internationale ont servi de référence à de nombreux pays et montré le rôle que peuvent jouer les organismes régionaux en réduisant sensiblement les prix et en créant une concurrence pour les services d'itinérance. Israël a par exemple utilisé les prix de l'UE pour ses accords bilatéraux avec la Pologne et la Fédération de Russie. Les organismes de réglementation régionaux sont également actifs dans ce domaine, mais n'ont généralement pas les mêmes pouvoirs que l'Union européenne.

À l'avenir, les accords bilatéraux devraient entraîner des baisses de prix et inciter les autres pays à faire de même lorsque la concurrence est insuffisante (Bourassa et al., 2016). Des accords de ce type ont été conclus entre des pays liés par des accords de libre-échange (ALE) ; ils pourraient servir d'exemples à d'autres régions ayant des ALE. Ils pourraient également aider à atténuer certaines craintes suscitées par les accords bilatéraux ou régionaux, à savoir le risque que ces accords ne doivent être ouverts à des tiers dans le cadre des obligations relatives au traitement de la nation la plus favorisée. L'Australie et Singapour ont actualisé et signé leur ALE en octobre 2016[8]. Un élément clé de cet accord a trait à l'itinérance mobile internationale entre les deux pays. L'accord prévoit notamment que chacun des deux pays peut, lorsqu'il le juge nécessaire, réglementer les prix de gros et appliquer ces tarifs aux opérateurs mobiles de l'autre pays. Les deux pays ont, par la suite, organisé des enchères pour l'attribution des fréquences, qui devaient se traduire par l'entrée sur le marché d'un quatrième opérateur de réseau mobile sur le marché de chacun des pays. Les enchères ont été remportées par la même société (TPG), qui est chargée de fournir le nouveau réseau mobile dans les deux pays. Dans ce cas de figure, le nouvel entrant, qui cherche à attirer des clients, est bien placé pour différencier ses services en offrant un service de meilleure qualité pour l'itinérance entre ces deux pays. Si c'est ce qu'il fait, les outils fournis par l'ALE ne seront peut-être pas nécessaires. En revanche, si la concurrence ne permet pas de résoudre le problème des tarifs d'itinérance élevés entre les deux pays, les autorités disposeront d'un instrument réglementaire pour le faire.

Le soutien au développement du secteur des TIC privilégie les programmes de formation et les mesures d'incitation à l'innovation

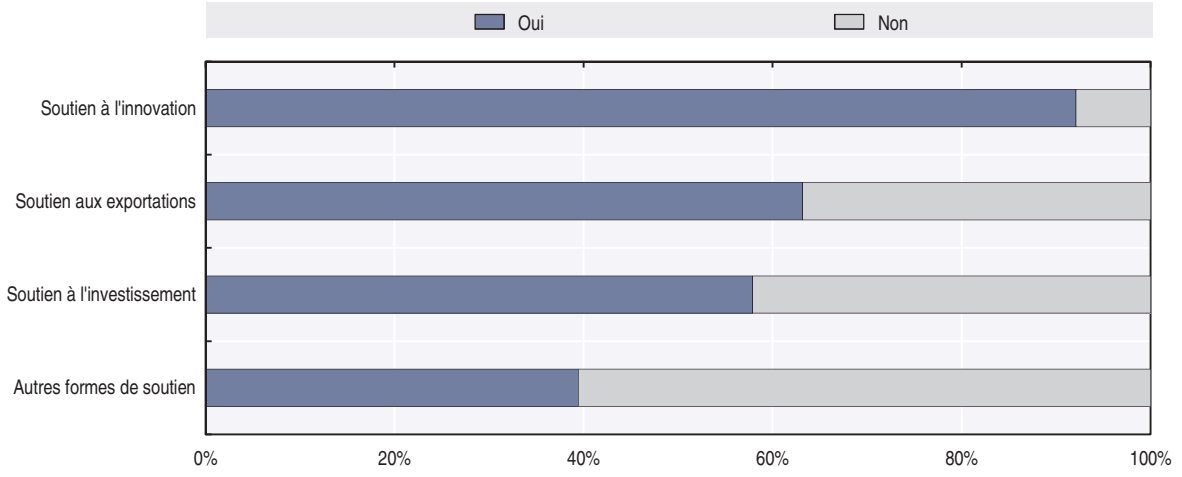
Les politiques publiques les plus courantes sont des incitations à l'innovation et des programmes de formation financés par l'État

Tous les pays examinés pour la présente édition des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* ont mis en place des politiques en faveur de la croissance du secteur des TIC. La plupart mettent l'accent sur l'innovation, l'investissement ou les exportations.

Trente-cinq des 38 pays[9] ayant complété la section sur le développement du secteur des TIC du questionnaire préparatoire des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* ont indiqué avoir au moins une disposition en faveur de l'innovation ; à titre de comparaison, 24 ont instauré des mesures pour accroître les exportations, 22 tentent de stimuler l'investissement dans les TIC, et 15 fournissent d'autres types de soutien aux entreprises des TIC (graphique 2.1). Les politiques de soutien à l'innovation semblent dominantes : 95 dispositifs distincts ont été mis en œuvre par les pays pour promouvoir l'innovation dans le secteur des TIC, contre respectivement 54 et 48 en faveur de l'investissement et des exportations[10].

Ce soutien prend toutes sortes de formes : incitations fiscales, prêts, aides à la recherche-développement (R-D), subventions à l'exportation, dotations globales et programmes de formation. Parmi tous les dispositifs cités par les pays dans le questionnaire, 35 % s'adressent aux PME et aux start-ups, 22 % aux entreprises du secteur des TIC, 17 % à l'ensemble des entreprises, et les 26 % restants à des entreprises aux profils variés.

Graphique 2.1. **Politiques de soutien à la croissance du secteur des TIC**



Note : Au total, 38 pays ont répondu à cette question. Pour connaître la liste des pays, voir la note 9 en fin de chapitre.

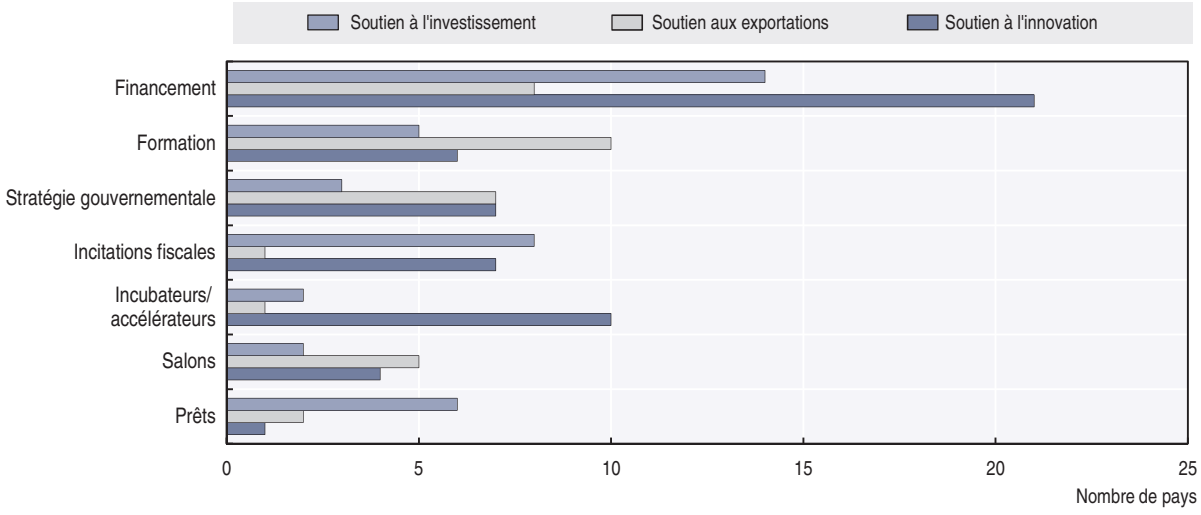
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658018*

Le dispositif gouvernemental le plus courant pour soutenir le secteur des TIC est le financement, comme par exemple le versement de subventions pour aider les entreprises à investir davantage dans l'infrastructure ou la R-D, ou pour les encourager à exporter (graphique 2.2). Les programmes de financement public visant à favoriser le développement du secteur des TIC sont utilisés dans 95 % des pays examinés (soit 36 sur 38). En Autriche, par exemple, le programme ICT of the Future verse des aides aux entreprises qui explorent de nouveaux thèmes de recherche dans le domaine des TIC et étudient les applications possibles ; le programme encourage les entreprises à utiliser ces thèmes de recherche comme bases de développement[11]. Au Mexique et en Turquie, l'État verse des subventions à certains secteurs en particulier pour encourager les exportations. Une autre forme de financement public est le fonds de capital-risque, que l'on trouve en Estonie et en République tchèque[12].

Les programmes de formation financés sur fonds publics sont un autre instrument couramment utilisé pour développer les compétences dans le domaine des TIC et donc promouvoir l'innovation. Ces programmes peuvent avoir pour but de développer les

connaissances, de partager des expériences et de favoriser les bonnes pratiques, ou encore de transmettre de l'expertise sur un sujet afin que les entreprises locales soient mieux armées face à la concurrence. Au Royaume-Uni, par exemple, des supports éducatifs traitant de la vente sur les médias sociaux sont proposés aux entreprises pour améliorer leurs compétences en matière de commerce électronique ; les initiatives Global Enterprise et Tech Center fournissent respectivement en Suisse et en Espagne des conseils aux entreprises pour leur permettre d'accroître leurs exportations. La République populaire de Chine (ci-après « la Chine »), la Colombie et la Finlande ont mis en place des programmes de formation destinés à développer le secteur des TIC. Parmi les pays ayant participé à l'étude, 17 ont instauré une forme ou une autre de programme de formation, ce qui fait de ce dispositif le deuxième le plus utilisé par les pouvoirs publics après le financement. D'autre part, 14 pays proposent une approche mixte incluant souvent un volet de formation ainsi que d'autres formes de soutien parmi celles mentionnées précédemment (dotations, subventions, prêts ou exonérations fiscales).

Graphique 2.2. **Initiatives gouvernementales de soutien à la croissance du secteur des TIC**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658037

Les incubateurs et les accélérateurs sont des dispositifs couramment utilisés pour promouvoir l'innovation dans les start-ups et les PME du secteur des TIC

Soucieux de promouvoir l'innovation, plusieurs pays ont mis sur pied des initiatives pour aider les start-ups ou les jeunes PME à l'aide d'accélérateurs ou d'incubateurs. Parmi les 38 pays ayant répondu au questionnaire, 15 ont adopté ce type de dispositif, qui arrive donc en troisième place des mesures de soutien aux TIC les plus courantes. Bien que les accélérateurs et les incubateurs partagent le même objectif – aider les entreprises naissantes à se développer –, leurs méthodes ne sont pas les mêmes. Ces deux types de structures s'appuient sur un réseau d'entrepreneurs pour promouvoir les synergies et l'apprentissage mutuel, avec une certaine forme de tutorat, mais les accélérateurs ont ceci de différent qu'ils dispensent également aux entreprises sélectionnées une formation poussée et financent la phase d'amorçage, en échange d'une prise de participation dans le capital de l'entreprise. Compte tenu de cet investissement initial, la concurrence est rude pour faire partie d'un accélérateur, et la période intensive de formation et de tutorat s'achève généralement au bout de quelques mois par une « journée de démonstration »

(Hathaway, 2016). L'un des pays ayant adopté cette approche est le Royaume-Uni, dont le programme HutZero est un accélérateur s'adressant aux entreprises situées au stade de développement initial qui sont spécialisées dans la cybersécurité. Ce programme inclut une période intensive de formation et de tutorat[13]. Un autre exemple est le programme Fit4Start, au Luxembourg, qui organise deux fois par an un concours ouvert aux start-ups. Celles qui remportent le concours reçoivent un financement de 50 000 EUR et bénéficient d'une formation et d'un accompagnement adaptés aux start-ups, afin de les préparer à la présentation finale qui aura lieu quatre mois plus tard[14]. Le Brésil, la France et Israël ont mis en place des programmes similaires pour les start-ups et les PME au stade de développement initial.

D'autres pays ont fait le choix de créer des incubateurs. En règle générale, un incubateur facture à ses membres un droit d'accès à des espaces de travail partagés, à des services de formation et à des possibilités de tutorat. La durée de participation à un incubateur – entre un et cinq ans – est souvent plus longue que pour un accélérateur, et le processus de sélection est beaucoup moins concurrentiel (tableau 2.1). Au Danemark, l'Agence pour la science, la technologie et l'innovation a lancé, en association avec le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, le projet Innovation Incubator Scheme visant à encourager les start-ups encore peu avancées dans leur processus de développement[15]. La Hongrie, la Lettonie et le Portugal ont lancé des projets similaires. Certains pays, comme Israël[16] et Singapour, ont reconnu l'utilité de ces structures pour les start-ups et les soutiennent. À Singapour, le programme gouvernemental Incubator Development verse des dotations – pouvant représenter jusqu'à 70 % des coûts – afin d'accroître les capacités des incubateurs et des accélérateurs à aider et faire prospérer les start-ups innovantes du pays. Cela dit, les modèles économiques de ces initiatives gouvernementales ne sont pas les mêmes que dans le secteur privé. Pour citer un exemple, un investissement public d'amorçage aboutit rarement à une prise de participation dans le capital de l'entreprise une fois que cette dernière s'est développée, et les entreprises sélectionnées n'ont généralement aucun droit à payer pour participer à un incubateur.

Tableau 2.1. **Principales caractéristiques des incubateurs et des accélérateurs**

	Incubateurs	Accélérateurs
Durée	1 à 5 ans	3 à 6 mois
Concours	Non	Oui
Modèle économique	Rente ; sans but lucratif	Investissement ; peut aussi être sans but lucratif
Sélection	Non concurrentielle	Concurrentielle, cyclique
Stade de développement	D'initial à avancé	Initial
Formation	*Ad hoc*, ressources humaines, droit	Séminaires
Tutorat	Minime, tactique	Intensif, en autonomie et mutuellement
Lieu	Sur site	Sur site

Source : Hathaway, I. (2016), « What start-up accelerators really do », *https://hbr.org/2016/03/what-startup-accelerators-really-do*.

Au Canada, la création d'accélérateurs et d'incubateurs est encouragée par le Programme canadien des accélérateurs et des incubateurs (PCAI). En 2013-15, le PCAI a versé quelque 80 millions USD sur 5 ans à des organisations exerçant des activités d'incubateur et d'accélérateur d'entreprises et se démarquant par un rendement exceptionnel. Ces contributions ne sont pas remboursables. Le Programme d'aide à la recherche industrielle

recueille des données annuellement et évaluera les résultats du PCAI lorsqu'il s'achèvera en 2019-20. D'autres pays (comme la Lituanie et la Norvège) ont mis en place des programmes dans lesquels le gouvernement se porte garant de start-ups ou de PME afin de faciliter leur accès aux moyens de financement au cours des premières étapes de leur développement. À titre d'exemples, la France, l'Italie, la Lettonie, le Mexique et la République tchèque proposent aux entreprises des prêts gouvernementaux, dont certains sont assortis d'une période de remboursement et d'un taux d'intérêt préférentiels.

Les incitations fiscales sont un autre outil utilisé dans 15 des pays examinés. Au Brésil, par exemple, des allégements fiscaux sont consentis aux investisseurs qui rachètent la dette contractée par les opérateurs de télécommunications pour financer la construction d'infrastructures haut débit, ainsi qu'aux opérateurs qui projettent d'investir pour étendre ou moderniser les réseaux de télécommunications. Dans d'autres pays, l'État autorise les entreprises à appliquer un taux d'amortissement supérieur à la normale ; en Italie, par exemple, un taux de 140 % est toléré pour les nouveaux biens d'équipement, et jusqu'à 250 % pour les acquisitions de haute technologie (comme les nanotechnologies, les données massives et les matériaux intelligents). Le Costa Rica, la Lituanie, la Suède et la Turquie proposent quant à eux différentes formes d'exonérations fiscales. Enfin, de nombreux pays adoptent des stratégies globales pour soutenir le développement des TIC à une plus grande échelle, par exemple des stratégies en faveur du numérique ou de l'innovation.

Utilisation des TIC et compétences

Cette section fournit des informations sur les politiques publiques et la réglementation mises en œuvre pour accroître l'utilisation des TIC par les particuliers, les entreprises et les services gouvernementaux, ainsi que pour améliorer les compétences en la matière. Ces informations s'appuient sur les réponses fournies par 38 pays[17]. De nombreux éléments montrent que l'utilisation des TIC favorise l'innovation qui, elle-même, peut contribuer à l'augmentation de la productivité et de la compétitivité (OCDE, 2016a). Les TIC permettent de réduire les coûts de transaction et d'élargir la communication avec les différentes parties prenantes d'une organisation. Cela favorise, par exemple, une émergence et une diffusion plus rapides des idées et des connaissances – à la fois au sein des organisations et entre elles –, ce qui peut avoir des effets bénéfiques comme l'intensification de la collaboration dans le cadre des activités de R-D. L'utilisation des TIC peut aussi favoriser une plus grande différenciation des produits, améliorer les relations avec les clients et optimiser la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Toutes ces avancées peuvent se traduire au final par une hausse de la productivité et des parts de marché (OCDE, 2016a).

Les compétences dans le domaine des TIC représentent un autre moteur essentiel de l'innovation numérique, comme le confirment les enquêtes sur l'innovation dans les entreprises, qui montrent que les entreprises utilisant des compétences internes ou externes liées aux TIC et aux données sont plus susceptibles d'innover[18]. Dans la plupart des pays pour lesquels des données sont disponibles, près de 60 % des entreprises innovantes emploient des développeurs de logiciels et quelque 40 % emploient des mathématiciens, des statisticiens et des administrateurs de bases de données (contre respectivement 30 % et 20 % environ pour les entreprises non innovantes) (OCDE, 2016a).

L'utilisation des TIC est encouragée par l'administration électronique, les programmes de formation et les subventions

La plupart des avantages découlant de la transformation numérique proviennent de l'adoption et de l'utilisation des TIC. Grâce aux TIC, les activités des entreprises sont reliées à des chaînes de valeur mondiales gérées numériquement, et les produits peuvent être commercialisés à des clients dans le monde entier. Cela permet aux entreprises de prendre rapidement de l'ampleur et, dans certains cas, de se confronter à la concurrence nationale, voire internationale. Dans les zones où l'accès aux connaissances est difficile (par exemple en milieu rural), l'internet représente une source d'informations importante qui favorise l'innovation dans les entreprises et l'accumulation de connaissances. Les utilisations possibles des TIC – qu'il s'agisse de fonctions de base comme la comptabilité ou la gestion des stocks pour les petites entreprises, ou de fonctions plus complexes comme la gestion des relations avec la clientèle ou la planification des ressources pour les plus grandes – rendent les entreprises plus performantes. De manière générale, l'internet et les TIC améliorent la productivité des entreprises et réduisent les obstacles à l'arrivée de nouveaux entrants.

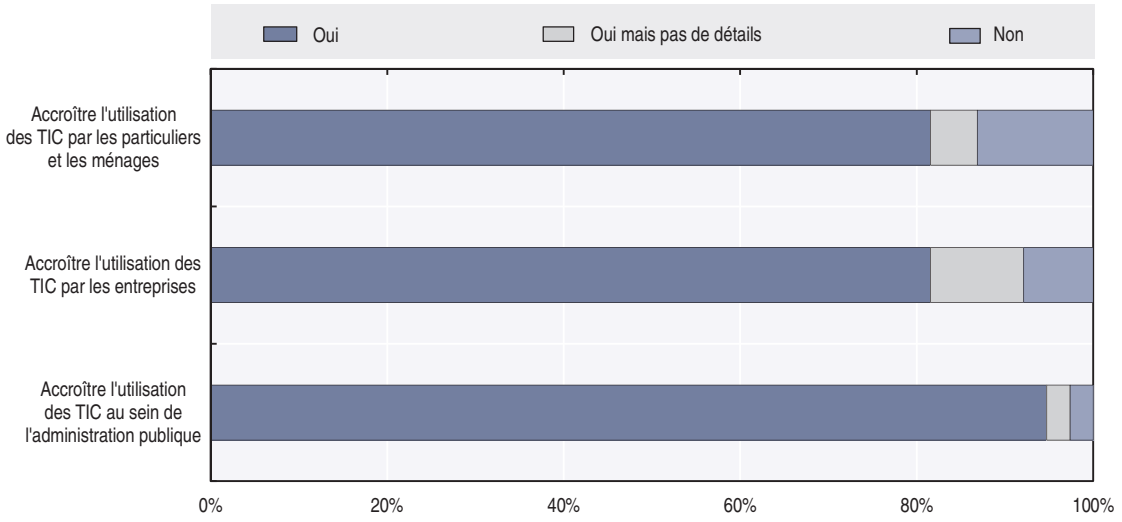
Selon plusieurs études sur le lien entre l'adoption des TIC, les performances de l'entreprise et la contribution à la croissance économique, un taux plus élevé d'adoption des TIC a des effets positifs sur la productivité et les performances des entreprises, ainsi que sur l'économie en général (voir par exemple Gaggle et Wright, 2014 ; Grazzi et Jung, 2016 ; Haller et Siedschlag, 2011). Grazzi et Jung (2016) ont également apporté la preuve que les entreprises qui adoptent le haut débit sont plus susceptibles d'innover.

Les politiques publiques visant à promouvoir l'utilisation des TIC par les particuliers et les entreprises incluent notamment le versement d'aides financières aux ménages et aux particuliers pour qu'ils achètent des biens ou des services technologiques, le soutien aux entreprises pour qu'elles réalisent des investissements et des achats dans les TIC, ainsi que la promotion des services de l'administration électronique.

Parmi les 38 pays qui ont complété la section du questionnaire relative à l'utilisation des TIC, presque tous ont mis en place au moins un dispositif pour accroître l'usage des outils technologiques dans l'administration et les services publics, signe de la priorité accordée par les autorités au développement du numérique. Respectivement 35 et 33 pays ont indiqué avoir pris des mesures pour encourager l'utilisation des TIC par les entreprises et par les particuliers. Toutefois, en examinant de près ces mesures, on constate que la priorité des pouvoirs publics est davantage d'accroître l'usage des TIC au sein de leurs propres services que de l'encourager dans les entreprises et chez les particuliers. Pour preuve, le nombre total de mesures recensées pour chaque groupe cible : plus de 390 pour accroître l'utilisation des TIC au sein des organismes publics, contre 104 à l'intention des ménages et des particuliers, et à peine plus de 120 destinées aux entreprises. Il convient d'appeler l'attention sur le fait que beaucoup de dispositifs destinés soi-disant à promouvoir l'utilisation des TIC par les entreprises ont en fait pour objectif d'aider les entreprises technologiques innovantes (voir plus haut), et non d'encourager tous les types d'entreprises à adopter les TIC dans leurs processus. Dans la mesure où ces dispositifs ont déjà été examinés, ils n'entrent pas dans le champ de la présente analyse, qui s'intéresse uniquement aux mesures visant directement à accroître l'utilisation des TIC dans les entreprises. Comme indiqué précédemment, au vu du nombre de dispositifs destinés à l'administration publique, il semblerait que les pouvoirs publics accordent une priorité moindre à l'utilisation systématique des TIC par

les ménages et les entreprises. Une autre analyse possible est que les autorités essaient d'atteindre ce second objectif par le biais de politiques plus générales visant les entreprises, les investissements et les conditions-cadres.

Graphique 2.3. **Dispositifs visant à encourager l'utilisation des TIC**



Note : Une distinction est faite entre la catégorie « Oui mais pas de détails » et la catégorie « Oui » pour indiquer que certains pays ont bien adopté une telle mesure, mais n'ont pas fourni de preuves ou d'informations vérifiables. Au total, 38 pays ont répondu à cette question. Pour connaître la liste des pays, voir la note 17 en fin de chapitre.

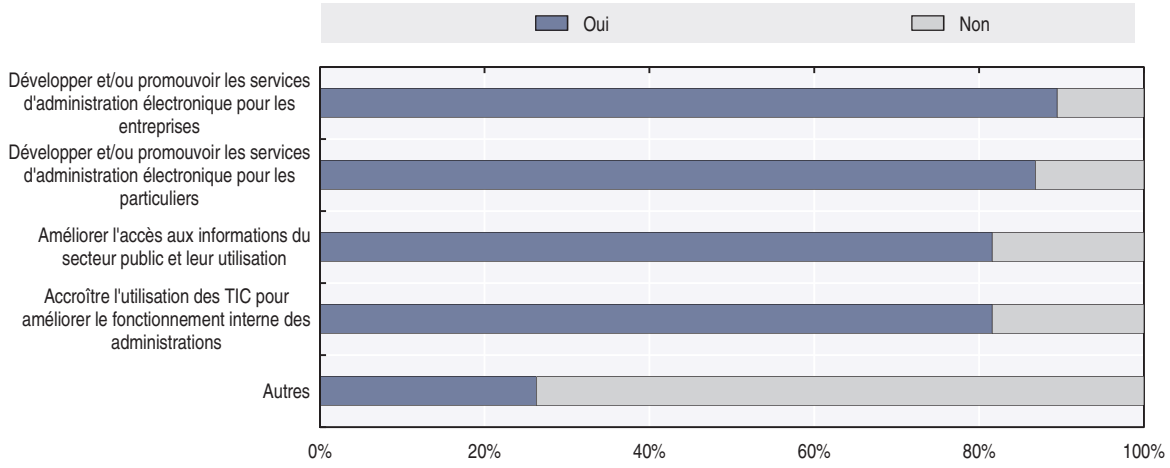
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658056*

Les principales conclusions de cette section sont que pour développer le numérique, les pouvoirs publics se concentrent sur le déploiement d'outils technologiques en interne et sur l'offre de services en ligne à l'intention des entreprises et des particuliers. Les démarches administratives en ligne sont le service électronique le plus couramment proposé par les pouvoirs publics ; cela inclut les déclarations fiscales, la mise à jour des données personnelles et du registre d'état civil, et les services consulaires. De nombreux pays ont également entrepris de diffuser les informations du secteur public sur des portails internet accessibles à tous. Les dispositifs mis en place pour accroître l'utilisation des TIC par les particuliers et les entreprises arrivent en seconde place par rapport à ceux destinés à l'administration publique ; toutefois, ce sont les particuliers et les entreprises qui sont les principaux bénéficiaires des formations et des subventions.

Les pouvoirs publics proposent des services en ligne et cherchent à devenir plus efficients grâce à l'utilisation des TIC

Les dispositifs visant à promouvoir l'adoption des TIC au sein de l'administration publique peuvent être classés en trois catégories : ceux visant à proposer ou promouvoir des services d'administration électronique pour les particuliers ; ceux visant à proposer ou promouvoir des services d'administration électronique pour les entreprises ; enfin, ceux visant à améliorer le fonctionnement interne des administrations et à les rendre plus transparentes en mettant des informations à la disposition du public. Du point de vue du nombre de dispositifs mis en œuvre, ces trois catégories sont approximativement affectées du même degré de priorité.

Graphique 2.4. **Mesures de promotion des TIC dans l'administration publique, par type de mesure**



Note : Au total, 38 pays ont répondu à cette question. Pour connaître la liste des pays, voir la note 17 en fin de chapitre. TIC = technologies de l'information et des communications.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658075

De manière générale, les mesures visant à développer ou promouvoir les services d'administration électronique auprès des ménages et des particuliers consistent à mettre les services publics en ligne, c'est-à-dire à permettre aux citoyens de payer leurs impôts, d'envoyer divers formulaires et de mettre à jour leurs données personnelles via l'internet. Ce type de dispositif a été mis en place dans 87 % des pays examinés. La Colombie a, par exemple, lancé plusieurs initiatives pour passer des formulaires papier aux formulaires électroniques ; un registre numérique a notamment été créé pour enregistrer et mettre à jour l'état civil, les dossiers médicaux ainsi que la documentation relative au cursus scolaire et au service militaire. Certains services consulaires colombiens sont également disponibles en ligne, par exemple pour la délivrance et le renouvellement des passeports. La Suisse a instauré un système de vote électronique pour ses ressortissants vivant à l'étranger, et quelques cantons ont récemment commencé à offrir cette option aux résidents suisses. L'Autriche, la Corée, Israël et le Portugal proposent eux aussi divers services électroniques à leurs citoyens. Dans le même souci de rendre les services publics plus efficients, de nombreux pays se sont convertis au « tout numérique » pour communiquer avec les citoyens. La Norvège a adopté l'approche du « numérique par défaut », en vertu de laquelle les citoyens ne souhaitant pas recevoir de messages électroniques dans une boîte à lettres sécurisée doivent faire la démarche de choisir le format papier. Des programmes similaires de communication numérique ont été mis en place en Autriche et en Lituanie.

Dans la mesure où ces services électroniques supposent souvent le transfert de données personnelles, certains pays (un peu moins d'un quart des pays examinés) ont mis en place des fonctions d'identification et d'authentification afin de sécuriser davantage les services en ligne. Les politiques ayant trait spécifiquement à la sécurité numérique et à la protection de la vie privée seront abordées plus en détail dans la suite du chapitre, ainsi que dans le document OCDE (2016a). Par conséquent, les mesures décrites dans cette section ne sont peut-être pas totalement représentatives de l'ensemble des initiatives de sécurité adoptées par les pays.

Plus de la moitié des pays ayant répondu au questionnaire ont créé un site web pour informer le public sur les services électroniques fournis par l'État. Il est indispensable, pour inciter les citoyens à utiliser davantage les services de l'administration électronique, de diffuser des informations et de faire connaître les outils électroniques disponibles. Il est important également que le site web soit facile à utiliser et que les utilisateurs puissent trouver les informations qu'ils cherchent sur les services. Plusieurs pays ont mis en place des sites « à guichet unique » ; d'autres, comme la Corée et la Slovénie, proposent leurs sites en plusieurs langues afin qu'ils soient accessibles aux étrangers vivant sur leur territoire.

Des dispositifs similaires sont conçus pour les entreprises, comme par exemple des portails constituant un « guichet unique » pour accéder aux informations fournies par l'administration électronique et envoyer des formulaires en ligne. Dans la mesure où ces services permettent souvent de réduire les lourdeurs bureaucratiques pour les entreprises et pour les administrations, il n'est pas surprenant qu'ils soient aussi proposés aux entreprises. L'envoi des formulaires en ligne, notamment des déclarations fiscales, est de loin le dispositif le plus courant à l'intention des entreprises, puisqu'il existe dans 31 des 38 pays examinés. Dans de nombreux pays (Espagne, Fédération de Russie, Lettonie et Suisse), tous les documents nécessaires à l'enregistrement officiel d'une personne morale peuvent être complétés sous format électronique. Les autres exemples de formulaires électroniques proposés spécifiquement aux entreprises sont notamment les factures électroniques pour les fournisseurs de l'administration publique (Belgique, Colombie, Norvège et Suisse), les systèmes d'octroi de licences (République tchèque et Singapour), ainsi que les déclarations fiscales (notamment de TVA) et douanières (Corée, Israël, Mexique et Suisse, pour n'en citer que quelques-uns). Un tiers des pays examinés possèdent un portail « à guichet unique » à l'intention des entreprises, qui contient des informations spécialisées sur la création et l'enregistrement d'une société, et qui fournit des liens permettant d'accéder aux formulaires en ligne nécessaires aux démarches. Ce type de portail existe notamment en Autriche, au Danemark, en Espagne, en Finlande et au Portugal.

Un service électronique proposé uniquement aux entreprises est le regroupement sur une plateforme web unique d'un grand nombre de procédures liées aux marchés publics. Ce type de portail rassemble en un seul point toutes les opérations d'achat et de vente de toutes les entités publiques. Du fait de la mise à disposition sur le web du cahier des charges de tous les marchés publics, les entreprises ont le même accès aux informations, ce qui rend le système des marchés publics plus transparent. Au Japon, le Government Electronic Procurement System est un bon exemple du regroupement des diverses procédures de passation électronique des marchés publics, notamment le cahier des charges, les offres qui sont soumises, la facturation ouverte, la conclusion des contrats, l'évaluation des performances dans l'exécution du contrat et le paiement. Un peu moins de la moitié des pays examinés ont mis en place des dispositifs de ce type, notamment de nombreux pays de l'UE, la Corée, le Costa Rica, Singapour, la Suisse et la Turquie.

Environ un tiers des pays sont également en train de réformer les services électroniques mis à la disposition des entreprises, dans une volonté d'optimiser le traitement interne des démarches administratives des entreprises et, lorsque c'est possible, de réduire les lourdeurs réglementaires. Cette réforme passe souvent par un partage des informations plus transparent entre les organismes publics, l'offre aux entreprises de services intégrés, et la possibilité pour les entreprises de déposer leurs commentaires et leurs réclamations au sujet des services publics afin que ces derniers puissent ultérieurement être améliorés. La Slovénie a mis en place un *single business point* pour réduire le nombre et le volume de données

devant être déclarées par les entreprises, et a entrepris d'alléger davantage les démarches administratives et de simplifier les procédures réglementaires. Le Canada a déployé un certain nombre d'initiatives en vue d'améliorer l'efficacité des processus internes pour les entreprises. L'Agence du revenu du Canada est en train de mettre en place un système permettant d'identifier les entreprises auprès de tous les services gouvernementaux. Elle a également lancé plusieurs initiatives de transformation des services, comme par exemple l'inscription unique, l'actualisation en temps réel du statut et le paiement électronique. Par ailleurs, pour faciliter la transformation numérique, l'organisme Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) met actuellement en œuvre une stratégie interministérielle visant à fournir des services numériques novateurs, intégrés et axés sur le client, de manière à améliorer l'accès des entreprises aux services gouvernementaux. L'objectif de l'ISDE est de travailler en étroite collaboration avec des partenaires fédéraux, provinciaux, territoriaux et municipaux afin de mieux faire participer les clients. Le Brésil, les Pays-Bas et Singapour sont eux aussi en train de réformer leurs processus internes.

Les portails en accès libre et la législation fournissant des informations sur le secteur public ont pour but d'accroître la transparence

Le virage numérique au sein des services gouvernementaux est un élément clé des politiques visant à améliorer le fonctionnement interne de l'appareil gouvernemental : plus de 80 % des pays ayant répondu au questionnaire ont indiqué avoir mis en place au moins un dispositif pour développer le numérique dans la fonction publique. Bien qu'ayant un lien avec les efforts de transformation numérique décrits plus haut, ces dispositifs sont plus axés sur la mise en ligne de documents et de registres gouvernementaux, sur leur actualisation et la simplification des recherches et des consultations, ainsi que sur la mise en œuvre des politiques de dématérialisation via la communication numérique. Un exemple de ce type de processus est la bibliothèque législative électronique mise en place en République tchèque, qui permet de suivre les textes législatifs, d'avoir accès aux commentaires et de stocker en toute sécurité l'ensemble des versions. La Chine et le Costa Rica ont mis en œuvre des dispositifs de dématérialisation. De leur côté, le Canada, le Japon et la Pologne ont adopté un système de gestion électronique de la documentation permettant d'échanger, de mettre à jour et de gérer les documents électroniques, ainsi que de supprimer les documents administratifs obsolètes.

L'échange d'informations entre les ministères est un autre thème récurrent. Presque 60 % des pays examinés ont mis en place des dispositifs permettant d'accroître l'échange d'informations internes et la collaboration, notamment en assurant l'interopérabilité des plateformes gouvernementales. Pour citer un exemple, le cadre d'interopérabilité mis en place par la Colombie vise à regrouper les fonctions de l'État dans une seule institution, et instaure une plateforme commune interopérable permettant d'échanger des informations en toute transparence. En Norvège, le cadre de gestion des informations définit les responsabilités de chaque organisme public en matière de données ainsi que les conditions permettant de regrouper les données de différents organismes dans un répertoire commun. La Fédération de Russie, la Finlande, Israël et le Luxembourg ont adopté des dispositifs similaires.

Sur les 38 pays examinés, 31 ont indiqué avoir adopté au moins une mesure pour améliorer l'accès des citoyens aux informations gouvernementales. Ces dispositifs d'accès libre aux données ont un double objectif : le premier est de favoriser la transparence et la responsabilisation au sein des services gouvernementaux en mettant les informations à la disposition du public. Le Chili offre un exemple de ce type de dispositif avec sa plateforme

permettant d'accéder au budget du secteur public. Le Brésil publie quant à lui l'ensemble des dépenses publiques sur un portail surnommé Transparence. Ces deux exemples marquent un pas en avant vers des administrations publiques plus transparentes. Le second objectif des dispositifs d'accès libre aux données est de faciliter l'accès aux informations ainsi que leur réutilisation dans le cadre de la recherche ou de l'innovation, au profit de la société. Au Canada et en Israël, des campagnes sont menées pour améliorer l'accès du grand public aux informations, ainsi que pour encourager l'innovation dans le secteur public et la société en général. Cela ne veut pas dire cependant que les deux objectifs ne peuvent pas être atteints simultanément : les dispositifs précités peuvent à la fois favoriser une réutilisation efficace des données et accroître la transparence de l'administration publique.

Environ 58 % des pays examinés ont adopté une législation autorisant le libre accès à l'information et spécifiant quelles informations sont concernées. La directive de l'UE sur la réutilisation des données du secteur public fournit un cadre juridique commun régissant l'accès des citoyens aux informations détenues par les pouvoirs publics (Commission européenne, 2017a). Ce texte, qui a pour but de favoriser la transparence et la concurrence sur le marché, centre son attention sur les avantages économiques de la réutilisation des informations. Les pays membres de l'UE devaient avoir transposé cette directive dans le droit national en 2015 ; c'était le cas, à la date de rédaction du présent rapport, pour tous les membres de l'UE ayant répondu au questionnaire. Le Brésil, le Costa Rica, le Japon et le Mexique ont eux aussi adopté une législation qui définit les informations gouvernementales devant être mises à la disposition du public.

Les programmes de formation et les subventions sont les dispositifs les plus courants pour encourager l'utilisation des TIC par les particuliers et les ménages

Un certain nombre de mesures prises par les pouvoirs publics – financières ou non – encouragent les particuliers et les ménages à utiliser les TIC dans leur vie quotidienne. Les dispositifs non financiers sont légèrement plus nombreux ; parmi eux, les plus courants sont les programmes de formation à l'utilisation des TIC (plus de la moitié des pays font état d'un dispositif de ce type), dont 44 % ciblent des groupes défavorisés qui ne possèdent pas forcément des compétences technologiques de base du fait de la fracture numérique liée à la disparité des revenus, au handicap ou à l'âge. La Norvège et Singapour ont mis en place des programmes de culture numérique pour les seniors, la Chine cible les communautés rurales, tandis que le Brésil et Israël orientent leur action en faveur des particuliers et des ménages à faible revenu. Le Canada et la Lettonie s'efforcent de donner aux chômeurs les compétences requises sur le marché actuel ; la Lettonie a consenti une enveloppe de plus de 100 millions EUR – déboursée de 2014 à 2020 – pour financer des programmes de formation dans le cadre de sa stratégie numérique nationale. Parmi les pays ayant répondu au questionnaire, ceux faisant état du budget de formation le plus élevé sont la Hongrie, la Lettonie et la Pologne. À Singapour, le programme Enable IT apprend aux personnes atteintes d'un handicap à utiliser des technologies d'assistance afin de mieux vivre leur quotidien, tant sur le plan personnel que professionnel. Enfin, plusieurs pays ont mis en place des programmes de « formation des formateurs » pour développer plus efficacement les compétences en matière de TIC ; c'est le cas de la Chine, de l'Estonie et de la Pologne.

Outre les programmes de formation, les pouvoirs publics mènent fréquemment des campagnes de communication pour mieux faire connaître les technologies numériques, les services électroniques et les outils TIC. Ces campagnes s'adressent généralement à un large public, un quart seulement environ étant destiné à un public particulier. La plupart

d'entre elles, largement financées par les pouvoirs publics dans les pays européens, ont pour objectif de promouvoir une utilisation en toute sécurité de l'internet. Enfin, un faible pourcentage de pays entreprennent de construire une infrastructure de télécommunication pour accroître l'accès au haut débit dans les zones insuffisamment desservies. C'est le cas de la Hongrie, de la Lituanie, du Luxembourg, de la Pologne et de la Slovénie, où ces projets font souvent partie des stratégies numériques nationales. Ces pays étant tous membres de l'UE, leurs initiatives ont sans doute un lien avec les objectifs fixés par l'UE en matière de haut débit, à savoir offrir à l'ensemble des ménages une vitesse de connexion d'au moins 30 Mbit/s et à la moitié des ménages une vitesse de 100 Mbit/s à l'horizon 2020 (Commission européenne, 2015). Le Costa Rica et la Turquie ont mis sur pied des initiatives similaires, quoique plus variées dans leurs objectifs (par exemple pour établir des points d'accès wi-fi ou une infrastructure de télécommunications mobiles).

Plus des deux tiers des politiques publiques faisant appel aux incitations financières pour encourager l'utilisation des TIC sont destinées spécifiquement à des groupes défavorisés qui ont traditionnellement moins accès aux équipements ou aux formations TIC (par exemple les personnes âgées, les habitants des zones rurales et isolées sans accès à l'internet, ou les habitants des quartiers défavorisés à faible revenu). Globalement, 70 % des aides financières prennent la forme d'un don ou d'une indemnité utilisable pour acheter des équipements ou des services TIC (par exemple la mise en place d'une connexion haut débit et la rémunération du service) ou pour acquérir des compétences dans le domaine des TIC. Israël verse aux ménages à bas revenu une subvention pour l'achat d'ordinateurs personnels assortis d'une garantie de trois ans et, facultativement, d'une formation aux TIC. Les autres pays proposant des dispositifs similaires sont l'Autriche, le Canada, la Chine, la Colombie, le Costa Rica, la Hongrie et Singapour. Un cinquième des pays encouragent l'achat de produits technologiques par une incitation fiscale : c'est le cas du Brésil, qui accorde une exonération pour l'achat de smartphones, ainsi que du Danemark et de la Pologne, qui proposent des avantages fiscaux pour l'installation d'une connexion haut débit.

Les politiques de soutien à l'utilisation des TIC dans les entreprises recoupent celles visant à développer globalement le secteur des TIC

Des dispositifs financiers ou non financiers peuvent être utilisés pour encourager l'utilisation des TIC dans les entreprises. Les dispositifs financiers sont légèrement plus fréquents, 24 pays faisant état de 55 mesures financières distinctes (contre 20 pays indiquant avoir pris 50 initiatives non financières). Parmi les dispositifs financiers, le plus fréquent est l'aide à l'achat d'équipements TIC ou au développement du secteur ; il est utilisé dans 16 pays sur 24. L'Espagne et la Turquie ont toutes deux mis en place des programmes pour encourager les PME à adopter des solutions infonuagiques ; à Singapour, le programme iSPRINT permet aux PME d'utiliser des technologies intelligentes pour stimuler leur croissance et leur productivité. D'autres pays comme la Belgique, l'Estonie, la Hongrie et la Pologne favorisent l'investissement dans les infrastructures de R-D ainsi que l'intégration d'outils TIC et du commerce électronique pour optimiser le fonctionnement et la gestion des entreprises. La France, le Japon et le Mexique ont adopté des dispositifs similaires.

Près d'un quart des pays ayant répondu au questionnaire ont indiqué avoir mis en place une incitation fiscale pour les achats de TIC ou les travaux de R-D. D'autres études de l'OCDE montrent en revanche que 29 des 35 pays membres de l'Organisation ont instauré un crédit d'impôt en faveur de la R-D (OCDE et Commission européenne, 2017: 4). Au Canada, par exemple, un avantage fiscal est consenti à toute entreprise canadienne réalisant

des travaux de R-D ; au Japon, divers avantages fiscaux sont accordés aux entreprises pour les inciter à investir davantage dans le développement du numérique et dans les installations conçues pour accroître la productivité. À Singapour, un crédit d'impôt permet aux entreprises remplissant les conditions nécessaires de déduire jusqu'à 400 % de leurs dépenses consacrées à des activités bien précises permettant de promouvoir l'innovation et la productivité ; de son côté, la Chine accorde une exonération de TVA et des réductions d'impôts aux PME.

Les mesures qui ne relèvent pas de l'aide financière directe visent davantage à accroître l'utilisation des TIC dans les entreprises par des formations ciblées. Elles représentent plus de la moitié des mesures citées par les pays, 10 pays sur 20 ayant mis en place au moins un programme de formation. Les cours à proprement parler concernent surtout la dématérialisation des services de gestion, le commerce électronique ou l'utilisation efficace des médias numériques. En Allemagne, le programme Trusted Cloud aide les PME à mieux appréhender l'informatique en nuage et ses éventuelles applications internes. L'Australie et la Suisse dispensent des formations et des informations axées sur la gestion efficace des activités numériques. En Australie, les kits « Digital business » fournissent des conseils personnalisés pour les activités en ligne, des études de cas et du soutien aux entreprises. La Suisse diffuse de l'information sur l'infrastructure et la sécurité informatiques ainsi que sur le commerce électronique ; elle dispense également, sur ses portails digital.swiss et PME, des conseils aux PME sur les moyens d'évoluer vers le numérique.

Les dispositifs – financiers ou non financiers – recensés ici recoupent largement ceux axés sur le développement global du secteur des TIC. Cela n'est pas vraiment surprenant car les mesures visant à encourager les entreprises à utiliser davantage les TIC, à acheter des biens TIC et à mener des activités de R-D ont un lien avec le développement général du secteur des TIC. Dans le présent chapitre, seuls les dispositifs visant à accroître l'utilisation des TIC dans les entreprises sont pris en compte, car les mesures axées sur le développement global des entreprises de TIC via l'innovation et le soutien aux secteurs liés aux TIC, aux start-ups et aux PME ont déjà été examinées. Pour une description plus détaillée de ces mesures, voir la fin de la section « Accès et connectivité ».

Les dispositifs de développement des compétences en TIC ciblent souvent la formation professionnelle ainsi que l'enseignement primaire ou secondaire, mais certains pays adoptent des stratégies plus globales

Le développement du numérique offre de nombreuses possibilités mais est aussi porteur de nouveaux défis, et il est de la responsabilité des décideurs de comprendre comment ce phénomène peut contribuer à accroître la productivité et à créer des emplois. La transformation numérique est souvent considérée comme une source de nouveaux emplois, que ce soit dans le secteur des TIC ou plus globalement en raison de son rôle de moteur de l'innovation dans tous les secteurs de l'économie. Cela dit, il est important d'avoir conscience de l'impact net de ce phénomène sur l'emploi et sur les compétences, et d'agir en conséquence. Il est clair que la transition numérique entraîne une importante réorganisation des activités dans le monde entier, laquelle a des effets négatifs sur la demande de main-d'œuvre et, au final, sur l'emploi. L'impact net du développement du numérique sur l'emploi est complexe et encore mal compris. On sait cependant que lorsque de nouvelles technologies importantes font leur apparition, les travailleurs et les utilisateurs doivent acquérir de nouvelles compétences pour que les gains de productivité éventuels puissent se concrétiser.

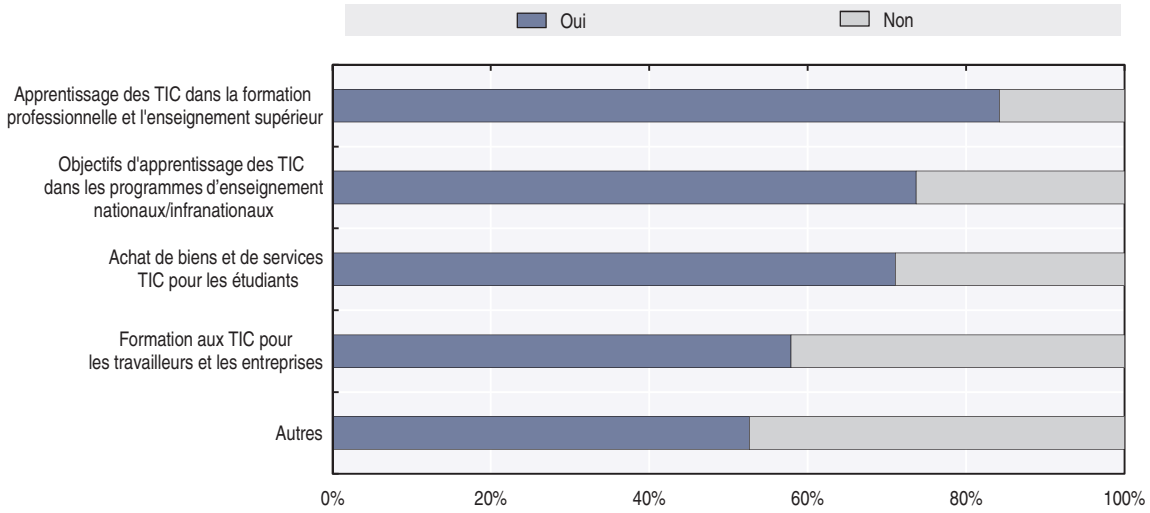
Posséder des compétences en TIC est aujourd'hui une exigence importante pour trouver un emploi dans tous les secteurs de l'économie ; or, un pourcentage non négligeable de la population n'est toujours pas suffisamment armée pour évoluer dans ce nouvel environnement (OCDE, 2012a). Les données du Programme de l'OCDE pour l'évaluation internationale des compétences des adultes (PIAAC) montrent que les caractéristiques socio-économiques les plus fréquemment associées au manque de compétences de base et à l'absence d'expérience en informatique sont les suivantes : personnes âgées de 55 à 65 ans, niveau d'instruction inférieur au deuxième cycle de l'enseignement secondaire, et emplois semi-qualifiés. Ce manque de compétences en TIC parmi la population adulte est particulièrement préoccupant pour les responsables de l'action publique car les groupes les moins qualifiés dans le domaine ont tendance à faire partie des catégories socio-économiques les plus susceptibles de perdre leur emploi dans le contexte actuel de transformation technologique de la main-d'œuvre. Certains travailleurs seront plus touchés que d'autres par les perturbations du marché du travail, à savoir ceux qui possèdent le moins de compétences dans les TIC et ceux qui sont les moins préparés pour se mettre à niveau.

Le manque de compétences spécialisées en TIC peut en outre faire obstacle à l'adoption de ces technologies. Les enquêtes montrent par exemple que la pénurie de spécialistes des données est l'un des principaux freins à la pratique de l'analytique des données dans les entreprises. Depuis 1999, aux États-Unis, les postes requérant des compétences avancées en TIC font aussi partie de ceux dont la rémunération relative augmente le plus rapidement, ce qui semble indiquer, si l'on prend en compte d'autres données concrètes, qu'il y a une pénurie de ces compétences (OCDE, 2017).

Les mesures visant à améliorer les compétences en TIC consistent généralement à inclure des formations aux TIC dans les programmes d'enseignement nationaux ou infranationaux, des établissements professionnels et des établissements d'enseignement supérieur, et à créer des fonds de transition, à accorder des congés de formation rémunérés et à verser des aides aux entreprises qui dispensent des formations sur les TIC à leurs salariés[19].

Pour être plus précis, les 38 pays ayant complété la section du questionnaire relative aux compétences ont mis en place au moins un dispositif d'éducation et de formation sur les TIC. La mesure la plus courante, adoptée dans plus de 80 % des pays, est le soutien à l'enseignement des TIC dans les établissements de formation professionnelle et d'enseignement supérieur (par exemple des programmes universitaires en pré-licence, des cours pouvant conduire ou non à la validation des acquis techniques, ainsi que des initiatives privées ou des PPP pour former des spécialistes des TIC). Presque les trois quarts des pays financent l'inclusion de formations aux TIC dans les programmes d'enseignement nationaux ou infranationaux, et plus de 70 % subventionnent l'achat de biens et de services TIC pour les étudiants (par exemple des ordinateurs personnels et des connexions haut débit dans les écoles). Près de 60 % des pays encouragent l'enseignement des TIC par le biais de programmes destinés par exemple aux chômeurs ou aux personnes souhaitant simplement actualiser leurs compétences. Il convient de préciser que si les programmes et les dispositifs décrits ici sont mis en œuvre principalement par les pouvoirs publics, cela ne veut pas dire que ces derniers sont les seuls à devoir promouvoir les compétences dans le domaine des TIC. Les employeurs peuvent eux aussi – et ils le font – investir dans l'amélioration des compétences de leurs salariés en la matière. Dans certains pays, l'État aide ou incite les entreprises à fournir à leurs salariés des formations sur les TIC.

Graphique 2.5. **Dispositifs visant à améliorer les compétences en TIC**



Note : Au total, 38 pays ont répondu à cette question. Pour connaître la liste des pays, voir la note 17 en fin de chapitre. TIC = technologies de l'information et des communications.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658094

Les principales conclusions de cette section sont que les dispositifs encourageant l'enseignement des TIC dans les établissements de formation professionnelle et d'enseignement supérieur sont fréquents, qu'ils prennent parfois la forme de PPP, et qu'ils visent occasionnellement à aider des groupes particuliers tels que les chômeurs, les femmes et les personnes âgées. Certains pays ont adopté des stratégies plus globales de développement des compétences en TIC qui ciblent tous les segments de la société et tous les niveaux de spécialisation. Dans les établissements scolaires, la plupart des dépenses publiques affectées aux TIC sont consacrées au matériel informatique et aux connexions internet. Par ailleurs, s'agissant de l'intégration des TIC dans les programmes scolaires, les objectifs vont au-delà de l'apprentissage des logiciels de traitement de texte/des tableurs et du codage, et incluent également celui du maniement des TIC en toute sécurité et de façon responsable. Plusieurs pays ont mis en œuvre des programmes tournés vers l'avenir qui accordent les priorités actuelles de formation en TIC avec les besoins futurs attendus dans différents secteurs industriels.

Les appareils informatiques et les connexions internet représentent la plus grosse part des dépenses en biens et services TIC effectuées par les pouvoirs publics au profit des établissements scolaires

Les réponses au questionnaire indiquent que les deux types de dépenses publiques les plus courants sont l'achat d'équipements TIC ou le financement de connexions internet pour les écoles publiques. Chacune de ces dépenses a été effectuée dans environ la moitié des pays examinés. Un quart des pays ont en outre pris des mesures pour acheter ou concevoir des supports d'apprentissage numériques (par exemple des livres scolaires électroniques).

Plusieurs pays ont mis en place des dispositifs pour aider les étudiants défavorisés et/ou handicapés à avoir (un meilleur) accès aux TIC. Au Chili, par exemple, le programme d'autonomisation numérique des personnes atteintes d'un handicap a pour but d'améliorer l'accès à l'éducation, la participation, la régularité et l'apprentissage des étudiants atteints d'un handicap ou d'une maladie via l'utilisation des TIC. Ce programme fournit des technologies et des ressources numériques, et forme les enseignants à les utiliser

efficacement. L'objectif est d'améliorer les pratiques pédagogiques afin de dispenser aux étudiants un enseignement plus inclusif et plus durable. Au Costa Rica, le programme Tecno@prender s'adresse en partie aux établissements d'enseignement situés dans des zones où le développement économique est faible. Il aide à concevoir les programmes éducatifs et à mettre en place un processus d'apprentissage intéressant pour les étudiants en fournissant aux établissements éducatifs une infrastructure et des équipements TIC, ainsi qu'une connexion internet. L'Estonie a mis sur pied un système d'aide personnalisée qui s'adresse aux étudiants n'ayant pas les moyens d'acheter des appareils informatiques ou ayant des besoins particuliers en termes d'équipement à cause d'un handicap. En Israël, 2 400 écoles reçoivent un financement pour acheter des équipements TIC, payer une connexion internet et aider les enseignants à utiliser les TIC, en fonction du niveau socio-économique de leurs élèves.

Un certain nombre de programmes novateurs ont été décrits dans les réponses au questionnaire. L'un d'eux est le dispositif adopté par le Brésil pour connecter les écoles publiques rurales au haut débit : la condition imposée aux opérateurs qui veulent obtenir des bandes de fréquence pour proposer des services 4G mobiles payants est de fournir un accès haut débit gratuit (filaire, sans fil ou par satellite) aux écoles situées en milieu rural. En Colombie, le programme Democratizando la Innovación en las Américas offre à des jeunes vulnérables (âgés de 15 à 25 ans) issus de milieux défavorisés des débouchés économiques liés aux TIC dans leur région. Au Luxembourg, l'application d'apprentissage interactif MathemaTIC a été introduite par le ministère de l'Éducation dans toutes les écoles primaires pour les élèves de 10 à 12 ans. Ces derniers peuvent utiliser l'application 24 heures/24 et 7 jours/7 sur n'importe quel appareil connecté, à l'école, chez eux ou n'importe où. Leurs parents et leurs enseignants peuvent s'en servir pour vérifier les progrès qu'ils ont accomplis dans leur apprentissage. MathemaTIC est également disponible dans plusieurs langues. Au Mexique, le Programa de Inclusión Digital est remarquable de par son ampleur et de par le fait qu'il vise à préparer les étudiants pour le XXIe siècle en insistant davantage sur la création d'informations que sur leur consommation. Le programme fournit : un accès internet et des appareils numériques ; des formations pour accroître les compétences des enseignants dans le domaine des TIC ainsi que leur capacité à les appliquer dans leurs activités pédagogiques ; des supports éducatifs numériques qui feront l'objet d'une sélection et d'une évaluation pour s'assurer de leur qualité et de leur utilité ; des initiatives encourageant la créativité et la recherche pour résoudre les problèmes sociaux d'aujourd'hui à l'aide des TIC ; enfin, un suivi et une évaluation continus du programme afin que ses gestionnaires puissent trouver les moyens de l'améliorer. Quelque 2 millions d'étudiants et d'enseignants devraient bénéficier de ce programme. Pour finir, dans le cadre des initiatives de cartable numérique, la Slovénie a élaboré 30 livres scolaires interactifs couvrant des matières comme les mathématiques, les sciences, les langues et l'histoire.

Certains des dispositifs visant à améliorer les compétences des étudiants dans le domaine des TIC sont mis en œuvre à très grande échelle. La Chine a par exemple élaboré une politique à long terme dont l'objectif est de doter toutes les écoles primaires et secondaires d'un accès internet (haut débit fixe et wi-fi). À ce jour, 87 % des écoles chinoises sont connectées à l'internet. En Pologne, les pouvoirs publics ont l'intention d'installer un réseau permettant de connecter l'ensemble des quelque 30 000 établissements scolaires au haut débit d'ici à 2018. En Turquie, le projet FATIH doté d'une enveloppe de 1.3 milliard USD permettra d'équiper toutes les écoles avec une connexion internet haut débit et des tableaux interactifs, ainsi que de distribuer des tablettes à 8 millions d'élèves.

L'intégration des TIC dans les programmes scolaires va au-delà de l'acquisition de compétences dans le domaine du codage et de l'utilisation de logiciels favorisant la productivité

S'agissant de l'intégration des TIC dans les programmes d'enseignement nationaux et infranationaux, les objectifs vont au-delà de l'apprentissage du codage et de l'utilisation de logiciels favorisant la productivité (comme les logiciels de traitement de texte et les tableurs). Plusieurs pays ont reconnu la nécessité de fournir aux étudiants les moyens d'utiliser les TIC en toute sécurité et de façon responsable. Au Japon, par exemple, les établissements scolaires sont encouragés non seulement à familiariser les élèves avec les ordinateurs et les réseaux d'information et de communication, et à leur transmettre des notions de base sur leur fonctionnement, mais aussi à leur enseigner l'éthique de l'information et à leur apprendre à utiliser correctement les outils informatiques. Au Portugal, le projet Seguranet promeut un usage sûr de l'internet et des appareils mobiles au sein de la communauté enseignante. En Lettonie, outre l'enseignement de compétences de base dans le domaine de l'informatique et de la programmation ainsi que l'apprentissage des logiciels, le programme scolaire aborde la question de la sécurité numérique.

Dans d'autres pays, les formations sur les TIC visent notamment à apprendre aux étudiants à avoir un regard critique sur les contenus en ligne et à les encourager à utiliser les ressources de l'administration électronique. À Singapour, les programmes *Media and Digital Literacy* sont par exemple conçus pour former des citoyens avertis, capables d'évaluer des contenus ainsi que d'utiliser, de créer et d'échanger des contenus en toute sécurité et de façon responsable. En Pologne, le programme « Pologne digitale » a pour but d'améliorer la capacité des étudiants à utiliser l'internet, et inclut en particulier l'utilisation des services numériques de l'administration publique.

Évidemment, les pays continuent par ailleurs d'encourager l'apprentissage du codage et l'acquisition de compétences numériques générales. Dans le cadre du programme canadien CodeCan, par exemple, quelque 40 millions USD seront investis en deux ans – à partir de 2017-18 – pour financer des initiatives d'enseignement du codage et de perfectionnement des compétences numériques pour les jeunes Canadiens, de la maternelle jusqu'au lycée[20].

Les dispositifs de soutien à l'enseignement des TIC dans les établissements de formation professionnelle et d'enseignement supérieur sont courants, passent parfois par des partenariats avec le secteur privé, et ciblent dans certains cas des groupes particuliers, comme par exemple les chômeurs, les femmes et les personnes âgées

Une grande majorité des pays examinés ont mis en place des dispositifs pour encourager l'enseignement des TIC dans les établissements de formation professionnelle et d'enseignement supérieur. Souvent – mais pas toujours –, ces formations sont validées par un diplôme universitaire ou un certificat professionnel. Il est en outre fréquent qu'elles soient financées intégralement par le secteur public.

Cela dit, dans plusieurs pays, des partenariats ont été constitués avec des sociétés privées, des associations professionnelles et autres entités pour financer et concevoir des programmes permettant de doter le personnel de compétences en TIC qui coïncident avec les emplois disponibles. En Estonie, par exemple, le ministère de l'Éducation et de la Recherche coopère avec des partenaires du secteur privé et des universités pour soutenir l'initiative IT Akadeemia. Il encourage le développement de l'enseignement supérieur de l'informatique, notamment par le biais de bourses, de cours d'été, de formations en cours

d'emploi et de cursus spécifiques. Le Royaume-Uni a quant à lui commencé à proposer des formations en apprentissage délivrant un diplôme sur le numérique ; ces formations résultent de la collaboration entre les employeurs et les établissements d'enseignement supérieur, avec le financement de l'État. Ce système permet aux employeurs de disposer, grâce à l'apprentissage en cours d'emploi et à la formation théorique, de jeunes diplômés dotés des compétences requises dans leurs entreprises, et aux jeunes de suivre des études diplômantes tout en travaillant.

Un grand nombre de dispositifs sont conçus non pas pour les étudiants en général, mais pour certains groupes en particulier. C'est le cas généralement des programmes conçus pour réorienter les chômeurs vers des métiers faisant appel aux TIC. En République tchèque, le ministère de l'Emploi et des Affaires sociales a élaboré une stratégie dotée de presque 100 millions USD pour accroître les compétences numériques et électroniques des chômeurs, y compris ceux dont l'emploi a été supprimé. La Turquie propose aux chômeurs des centaines de formations professionnelles pour les aider à se préparer à des emplois utilisant les TIC. Aux Pays-Bas, le programme Make IT Work s'adresse aux personnes sans emploi mais avec un haut niveau d'études qui cherchent à se réorienter dans le secteur des TIC. Il leur offre une reconversion dans des métiers comme le génie logiciel, l'analyse opérationnelle, la gestion de projet dans les TIC et le conseil en TIC. En Israël, le ministère du Bien-être et des Services sociaux propose aux populations défavorisées des formations et des services de placement. Une caractéristique novatrice de ce programme est qu'il verse des subventions aux employeurs qui recrutent des personnes ayant suivi une formation. Tous ces dispositifs devraient permettre d'atténuer certains des effets des suppressions d'emploi causées par le processus de transformation numérique.

Les chômeurs ne sont toutefois pas les seuls groupes de personnes que les pouvoirs publics cherchent à aider par des formations sur les TIC. En Australie, où un seul diplômé en informatique sur quatre est une femme, le National Innovation and Science Agenda œuvre pour l'amélioration de l'égalité hommes-femmes et de la diversité dans les STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) – dont les TIC – en offrant plus de débouchés aux femmes. L'une des initiatives à cet égard est un nouveau programme de subventions visant à éveiller l'intérêt des femmes et des filles pour les STIM. Le Luxembourg finance un programme aux objectifs similaires – appelé Rails Girls Luxembourg – qui est apparu à l'origine en Finlande et est aujourd'hui une communauté sans but lucratif regroupant des volontaires du monde entier. Des cours de programmation réservés aux femmes sont ainsi organisés, par exemple pour développer des applications mobiles. Un autre groupe visé par les politiques mises en œuvre est celui des seniors : en Autriche, l'État finance une formation complémentaire pour les enseignants et les formateurs en TIC qui travaillent avec des personnes d'âge mûr. En Colombie, l'initiative Apps.co, du ministère des Technologies de l'information et des communications a permis jusqu'ici de former plus de 65 000 entrepreneurs débutants pour les aider à concrétiser leurs idées sous forme d'activités numériques durables.

Un certain nombre de pays ont lancé des programmes prospectifs qui visent à accorder les priorités actuelles de la formation sur les TIC avec les besoins de compétences attendus dans divers secteurs industriels

En Belgique, par exemple, les agences de placement de Wallonie réalisent des études prospectives concernant l'impact prévisible de la transition numérique sur les emplois et les compétences dans un large éventail de secteurs. Un catalogue des emplois émergents et

futurs est alors élaboré et utilisé pour sélectionner les formations qui doivent être renforcées. En Finlande, le ministère des Transports et des Communications a effectué en 2016 une étude de ce type visant plus précisément à déterminer les types de compétences dont ont besoin les entreprises en ce qui concerne l'utilisation des données, la robotique intelligente et l'automatisation. En Espagne, le ministère de l'Énergie, du Tourisme et du Numérique a élaboré un livre blanc sur les diplômes universitaires, afin de tenir compte des décalages entre l'offre et la demande de profils liés à l'économie numérique. Pour résumer, il s'agit, dans le contexte de l'économie numérique, d'accorder dès que possible l'offre du système éducatif avec les besoins de l'industrie. En Lettonie, le ministère de l'Économie effectue chaque année depuis 2008 des prévisions à moyen et long terme qui permettent au système de l'enseignement supérieur de mieux faire correspondre l'offre de spécialistes en informatique avec la demande du marché du travail pour ce type de compétences.

Certains pays ont mis en œuvre une stratégie globale de développement des compétences en matière de TIC qui cible tous les segments de la population et tous les niveaux de spécialisation, depuis l'acquisition de compétences générales de base jusqu'à la formation à la recherche sur les technologies émergentes

Lancée récemment par le Portugal, l'initiative INCoDE.2030 sur les compétences numériques comprend plusieurs mesures articulées autour de cinq priorités – l'inclusion, l'éducation, la qualification, la spécialisation et la recherche – qui visent à relever trois défis : la citoyenneté, l'emploi et le savoir. Cette initiative est le fruit d'une collaboration entre l'État, les entreprises et d'autres parties prenantes. Son objectif est d'améliorer l'inclusion et la culture numériques, l'accessibilité matérielle et intellectuelle des services numériques à l'ensemble de la population, l'instauration de programmes d'enseignement sur les TIC à tous les niveaux, la formation des enseignants, le développement des compétences analytiques pour une économie et une société fondées sur les données, la production et la diffusion d'informations, la protection de la vie privée et la sécurité, la formation à des emplois à haute valeur ajoutée, l'apprentissage des TIC tout au long de la vie, la R-D pour faire émerger de nouvelles connaissances et des applications des TIC plus sophistiquées (parmi lesquelles : données massives, internet des objets et technologie de chaîne de blocs ; systèmes informatiques et intelligents faisant appel à l'intelligence artificielle et au calcul centré sur l'humain ; fondements du calcul et des communications tels que le calcul quantique et d'autres disciplines). Cette initiative est coordonnée entre tous les services gouvernementaux et mise en œuvre par l'intermédiaire de partenariats personnalisés associant les établissements d'enseignement primaire, secondaire et supérieur, les centres de formation professionnelle, les instituts de recherche, les entreprises, la société civile et les organismes publics.

Innovation, applications et transformation

Deux grandes tendances confèrent aux technologies numériques un rôle de transformation de la production industrielle. La première est la baisse du coût de ces technologies, qui permet donc leur diffusion à plus grande échelle, y compris auprès des PME. La seconde est l'intégration croissante de trois grandes technologies numériques : l'analytique des données massives, l'informatique en nuage (ou « infonuagique ») et l'IdO. L'association de ces technologies ouvre la voie à de nouvelles applications telles que l'impression 3D, les machines et les systèmes autonomes, ainsi que l'intégration homme-machine. Ces applications sont celles qui risquent d'avoir à l'avenir les répercussions les plus importantes en termes d'innovation industrielle, et donc de productivité (OCDE, 2017). Ces

tendances, ainsi que leur prise en compte par les pays, ont fait l'objet, dans le questionnaire, de questions sur les mesures prises pour améliorer la diffusion des technologies (voir la section précédente sur l'utilisation des TIC et les compétences en la matière), promouvoir l'interopérabilité et accroître les capacités d'analytique des données.

La présente section s'appuie sur les réponses données par 35 pays[21] à la rubrique sur l'innovation, les applications et la transformation, du questionnaire préparatoire des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE*. Les réponses ont été particulièrement abondantes et très riches d'enseignements. Tout d'abord, s'agissant des dispositifs mis en œuvre pour améliorer les conditions propices à l'innovation numérique, la plupart des pays soutiennent les réseaux d'innovation ou améliorent l'accès au financement. Il est surprenant que peu de ces dispositifs s'adressent aux jeunes entreprises car, comme le montrent les études réalisées, ces dernières jouent un rôle central au regard de l'innovation, de la croissance et de la création d'emplois[22]. Par ailleurs, rares sont les pays ayant mis en place des dispositifs pour stimuler l'investissement dans les TIC ou le capital intellectuel. Les dispositifs de ce type qui ont été cités sont variés : formations pour aider les entreprises travaillant dans l'informatique et les contenus numériques à accéder aux investissements étrangers ; soutien financier aux PME qui adoptent des solutions de gestion numériques ; enfin, suppression des plafonds aux participations étrangères dans le secteur des communications. D'autre part, lorsque l'on sait combien l'innovation fondée sur les données est porteuse de promesses, on s'étonne du peu d'attention et du faible niveau de ressources investis dans les dispositifs visant à renforcer les capacités d'analytique des données. Un nombre relativement faible de pays ont pris des mesures axées spécifiquement sur l'analytique des données, et certaines de ces mesures sont peu ambitieuses. Les budgets qui y sont affectés n'ont rien à voir avec les sommes consacrées à d'autres types de dispositifs en faveur de l'économie numérique. Autre constat important, les nouvelles réglementations qui sont mises en œuvre ou proposées pour contrôler les marchés sur lesquels les technologies numériques suscitent de nouveaux défis en termes de concurrence montrent que les responsables de l'action publique concentrent leur action sur les marchés des plateformes en ligne particuliers. Certaines des mesures adoptées renforcent le contrôle gouvernemental sur les technologies numériques, alors que d'autres l'allègent.

S'agissant des applications, les dispositifs mis en œuvre par les pays pour favoriser la création et la diffusion de contenus numériques sont variés. Certains privilégient la numérisation des ressources culturelles et leur publication en ligne, tandis que d'autres autorisent les journaux à partager leurs informations sur une plateforme numérique indépendante, ou favorisent l'élaboration d'une bibliothèque de connaissances en ligne fournissant un accès illimité à des revues scientifiques et des ouvrages numériques. Autre constat important, un nombre limité de pays ont répondu à la nécessité de se doter de normes interopérables pour l'IdO, mais la majorité ne l'ont pas fait. Parallèlement, les mesures visant à faciliter l'utilisation ou la réutilisation des données entre les organisations et les secteurs sont multiples et prennent de nombreuses formes différentes. Ces dispositifs procèdent généralement de la volonté d'encourager l'innovation, d'améliorer les services publics et l'efficience au sein des organismes gouvernementaux, ou de promouvoir une administration ouverte. En ce qui concerne la santé en ligne, les mesures qui sont prises incluent aussi bien des dispositifs modestes que des initiatives ambitieuses et ont trait généralement au financement de la recherche, à l'installation de plateformes de données médicales ou à la télémédecine.

Dans le contexte de la transformation numérique, certains pays ont entrepris – ou projettent d'entreprendre – un large éventail de réformes et de modifications de leurs cadres réglementaires, dont un grand nombre concernent le droit du travail ou les règles sectorielles en matière d'emploi. Cela inclut : des réformes du droit afin de reconnaître ou de définir officiellement de nouveaux statuts ou contrats de travail ; la déréglementation de certains secteurs afin de supprimer les obstacles au développement de nouveaux services ; enfin, des débats publics multipartites sur l'avenir du travail. Rares sont les pays qui, au vu des nouveaux types d'emplois rendus possibles par les technologies numériques, sont allés jusqu'à réviser intégralement leur droit du travail, mais plusieurs ont ajouté de nouvelles dispositions et réglementations afin de prendre en compte les évolutions telles que le télétravail et les contrats de travail informels.

Enfin, signe que le numérique transforme également les accords commerciaux, près de la moitié des pays examinés ont inscrit dans leurs accords commerciaux bilatéraux ou régionaux des dispositions ayant trait aux échanges à l'ère du numérique. Ces dispositions concernent généralement la confidentialité en ligne, les transferts de données transfrontières, la protection du consommateur dans les transactions en ligne, les restrictions sur certains types de contenus internet, ainsi que la limitation des droits de douane pour les produits numériques.

L'amélioration des conditions propices à l'innovation numérique : un objectif clé

On décrit ci-après les politiques et les mesures réglementaires destinées à stimuler ou gérer l'innovation numérique dans les modèles économiques et sur les marchés. Sont également examinées les réglementations des marchés de produits et de services sur lesquels les technologies numériques entraînent des problèmes en termes de concurrence.

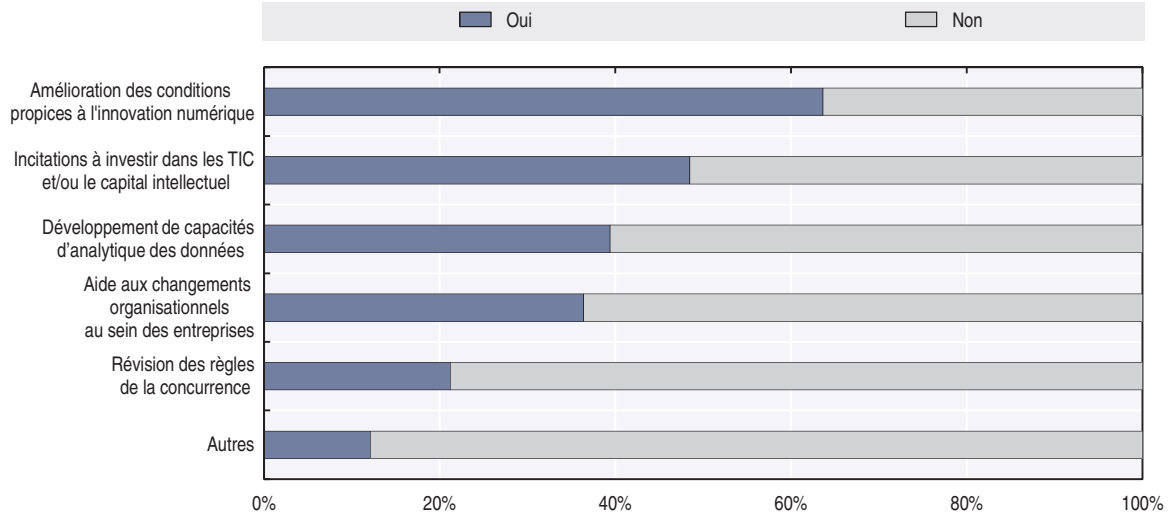
Parmi les 35 pays ayant répondu à la section du questionnaire relative à l'innovation numérique, 29 ont adopté – ou prévoient d'adopter – au moins un type de mesures pour stimuler l'innovation numérique ainsi que la mise en œuvre de technologies et de modèles économiques axés sur le numérique, et/ou gérer les effets y afférents. Le type de mesures le plus courant, instauré dans 21 des pays examinés, a pour but d'améliorer les conditions propices à l'innovation numérique, par exemple en encourageant la diffusion des TIC, en soutenant les réseaux d'innovation ou en élargissant l'accès au financement. Seize pays ont indiqué avoir adopté des mesures qui incitent à investir dans les TIC et/ou le capital intellectuel[23]. Treize pays encouragent le développement de capacités d'analytique des données, par exemple en investissant dans les technologies et la formation. Douze pays essaient de faciliter les changements organisationnels au sein des entreprises et entre elles, par exemple en encourageant le télétravail et la téléconférence. Enfin, sept pays ont modifié les règles de la concurrence pour les marchés fondés sur les données. Le graphique 2.6 illustre la répartition des différentes mesures mises en œuvre.

Beaucoup de dispositifs en faveur de l'innovation numérique incluent le soutien aux réseaux d'innovation et l'amélioration de l'accès au financement

La plupart des politiques mises en place par les pays pour favoriser l'innovation numérique visent notamment à améliorer l'accès au financement ou à soutenir les réseaux d'innovation. En ce qui concerne le financement, le ministère brésilien des Sciences, des Technologies, de l'Innovation et des Communications a mis sur pied un programme

remarquable surnommé Plano Inova Empresa. Le but est de consentir aux entreprises et aux instituts de R-D des lignes de crédit et d'autres aides financières en vue de promouvoir l'innovation, notamment numérique. Lancé en 2013, le programme, doté d'un budget de 11 milliards USD, a bénéficié à environ 400 entreprises et 140 instituts de R-D dans le seul secteur des TIC.

Graphique 2.6. **Dispositifs visant à soutenir l'innovation**



Note : TIC = Technologies de l'information et des communications.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658113

Concernant le financement de l'innovation numérique, l'Allemagne a adopté une approche à plusieurs volets. Le ministère fédéral des Affaires économiques et de l'Énergie a mis en place, parfois en concertation avec le Fonds européen d'investissement, une série de cinq fonds[24] qui fournissent différents types de financements à des entreprises innovantes situées à divers stades de développement. L'un de ces fonds alimente par exemple en capitaux propres des investisseurs providentiels qui financent des entreprises innovantes en phase de démarrage ; un autre est conçu spécialement pour aider les entreprises qui se développent rapidement mais manquent de financement. Un troisième fonds constitué avec l'aide d'investisseurs privés approvisionne en capital-risque des start-ups innovantes et de jeunes entreprises technologiques ; un quatrième apporte du capital-risque à des entreprises technologiques innovantes en phase d'amorçage. Certains de ces fonds existent depuis plus de dix ans, d'autres depuis 2016. Ils représentent à eux tous un budget de quelque 4 milliards USD.

S'agissant des réseaux d'innovation, le ministère danois de l'Enseignement supérieur et des Sciences ainsi que l'Agence danoise pour la science, la technologie et l'innovation ont contribué à l'établissement de 22 réseaux de ce type, permettant aux entreprises d'avoir accès aux dernières tendances en matière de recherche et d'innovation dans leurs domaines de compétence respectifs. Ces réseaux offrent en outre aux entreprises la possibilité de trouver des partenaires pour collaborer sur des projets de recherche et d'innovation de faible ou de grande ampleur, en mettant en relation des sociétés privées, des chercheurs, des organismes publics, des prestataires de services technologiques et d'autres partenaires, du Danemark et d'ailleurs. Chaque réseau reçoit une subvention de base d'environ 2 millions USD

provenant de l'Agence danoise pour la science, la technologie et l'innovation, ainsi que des financements annexes de la part de sources publiques et privées. Globalement, 7 522 entreprises ont participé à des réseaux d'innovation, dont 5 348 comptant moins de 50 salariés.

En Suisse, la Commission pour la technologie et l'innovation va apporter en 2017 aux projets de R-D consacrés aux TIC une aide d'au moins 30 millions USD. Plus de 40 % de l'ensemble des start-ups qui seront accompagnées par la Commission seront issues du secteur des TIC. La Commission a en outre créé au niveau national plusieurs réseaux d'innovation thématiques qui travaillent sur des sujets comme la fabrication additive, l'industrie 4.0, l'économie numérique, ainsi que les technologies d'imagerie et interactives. Ces réseaux recevront chaque année une dotation publique comprise entre 200 000 USD et 400 000 USD environ.

L'un des programmes cités n'appartient ni à la catégorie des dispositifs de financement, ni à celle des réseaux d'innovation : il s'agit du partenariat entre le Trésor britannique et la Banque d'Angleterre, qui vise à élargir l'accès aux systèmes de paiement pour les institutions de paiement non bancaires. L'objectif est de permettre aux entreprises de technologie financière d'accéder directement aux systèmes de paiement. À l'heure actuelle, ces entreprises ne peuvent y accéder que par l'intermédiaire d'une banque (c'est-à-dire indirectement), ce qui a un coût. La mise en place de l'accès direct devrait stimuler la concurrence dès 2018, lorsque le dispositif entrera en vigueur[25].

Enfin, les réponses au questionnaire montrent que 5 pays sur 18 ont mis en place au moins un dispositif pour améliorer les conditions propices à l'innovation numérique à l'intention des PME, et 5 autres à l'intention des start-ups. On aurait pu espérer que les start-ups – ou tout au moins les jeunes entreprises en général – fassent l'objet de plus d'attention. Comme indiqué plus haut, les études de l'OCDE ont montré que plus de la moitié des PME existent depuis un certain temps ; or, ce sont les jeunes PME (de moins de cinq ans) qui jouent un rôle central au regard de l'innovation, de la croissance et de la création d'emplois (OCDE, 2014b).

Un autre sujet qui n'a guère été abordé dans les réponses au questionnaire concerne les initiatives visant à créer un cadre de réglementation qui permette aux entreprises de prospérer, mais aussi, le cas échéant, de déclarer faillite. En réduisant le coût et les démarches administratives inhérents à la création d'une entreprise, les pouvoirs publics peuvent accroître les incitations à innover. Ils peuvent par exemple adopter une réglementation sur le dépôt de bilan qui abaisse le coût d'une faillite et facilitent les démarches juridiques pour démarrer une nouvelle activité, une façon de reconnaître que l'innovation est risquée et passe par des essais successifs (Adalet McGowan et Andrews, 2015). Le graphique 5.5, dans le chapitre 5, donne une vue comparative des lourdeurs administratives auxquelles sont confrontées les start-ups dans les différents pays.

Une réglementation inadaptée ou dépassée peut aussi limiter les gains que les entreprises peuvent retirer de leurs investissements dans les technologies numériques, en les empêchant de pénétrer de nouveaux marchés ou de concevoir de nouveaux produits ou modèles économiques. Une récente étude de l'OCDE montre par exemple que la réglementation des marchés de produits, la législation sur la protection de l'emploi et la réglementation des TIC ont des effets importants sur l'adoption des matériels TIC (DeStefano, De Backer et Moussiegt, 2017).

Peu de pays encouragent l'innovation par des dispositifs visant à stimuler les investissements dans les TIC ou le capital intellectuel

Bien que les réponses au questionnaire montrent, comme on l'a vu plus haut, qu'un grand nombre de pays s'emploient à promouvoir à la fois l'utilisation des TIC par les entreprises et le développement du secteur des TIC en général, seuls 3 pays sur les 35 ayant complété la section relative à l'innovation numérique ont mis en place un dispositif visant spécifiquement à accroître l'investissement dans les TIC ou le capital intellectuel pour favoriser l'innovation. Les dispositifs cités par les pays sont variés : en Colombie, il s'agit d'un programme de formation conçu pour aider les entreprises spécialisées dans l'informatique et les contenus numériques à accéder à l'investissement étranger ; en Lituanie, d'une aide financière générale versée aux PME qui inventent des solutions numériques permettant d'optimiser les processus de gestion ; au Mexique, d'une réforme du secteur des télécommunications ayant supprimé le plafonnement des participations financières.

Les constats précités présentent toutefois des divergences avec les conclusions d'autres études, et semblent mettre en évidence certaines limites du questionnaire. L'OCDE a par exemple publié des rapports détaillés sur le capital intellectuel et les nombreuses mesures prises par les pays pour stimuler les investissements dans ce domaine (OCDE, 2013 ; 2015d). En ce qui concerne les instruments visant spécifiquement à promouvoir l'investissement dans les TIC, l'une des raisons de leur rareté dans les réponses au questionnaire est peut-être le changement d'orientation des politiques publiques, qui seraient passées du soutien à l'investissement au financement des dépenses d'innovation et de R-D (même si ces dépenses sont de plus en plus comptabilisées en tant qu'investissements). Une autre raison possible est que les TIC sont intégrées tout naturellement dans les investissements, et qu'elles ne font donc pas l'objet d'une comptabilisation distincte ou spécifique.

Dix pays ont adopté au moins une mesure pour accroître l'investissement dans les TIC ou le capital intellectuel, mais il s'agit de mesures générales, comme par exemple des crédits d'impôt pour tous les types de travaux de R-D, ou des subventions pour inciter à investir dans les entreprises considérées comme innovantes.

L'attention et les ressources consacrées au développement des capacités d'analytique des données sont étonnamment faibles

Comme expliqué dans le chapitre 5, l'innovation fondée sur les données peut être source d'importants avantages économiques et a déjà commencé à porter ses fruits dans de nombreux secteurs. Or, de manière générale, les responsables de l'action publique semblent accorder relativement peu d'attention aux capacités d'analytique des données de leur pays.

Cela ne veut pas dire cependant que rien n'est fait. Certains pays ont mentionné des programmes remarquables, comme la création de centres de recherche sur les données massives ou la conception de programmes post-licence. Un pays – la Colombie – a élaboré une stratégie nationale sur les données massives pour son secteur public, qui prévoit la signature d'un contrat avec le Massachusetts Institute of Technology ; il s'ensuivra la mise en place d'une architecture générale et de projets pilotes pour montrer les usages possibles de l'analytique des données massives et les avantages qu'ils peuvent procurer au secteur public.

Globalement, cependant, seuls huit pays ont conçu des dispositifs concernant spécifiquement l'analytique des données, et un grand nombre d'entre eux sont relativement modestes (par exemple l'organisation de concours sur les données massives et la réalisation d'études d'évaluation). Aucune des mesures prises dans ce domaine n'approche les milliards de dollars consacrés aux autres types de dispositifs de l'économie numérique mentionnés plus haut.

Les nouvelles réglementations qui sont mises en œuvre ou proposées pour contrôler les marchés sur lesquels les technologies numériques entraînent des perturbations montrent que les responsables de l'action publique concentrent leur action sur les marchés des plateformes en ligne

À l'image des effets potentiellement déstabilisants que les plateformes en ligne comme Uber et Airbnb produisent sur les secteurs existants, ce sont les marchés du transport routier et de l'hébergement qui ont surtout été cités par les pays comme ceux sur lesquels les technologies numériques génèrent des problèmes de concurrence, et donc ceux pour lesquels ils ont mis en place – ou projettent de le faire – de nouvelles réglementations (parmi les 18 pays ayant cité de telles réglementations, 8 les ont consacrées au transport et 5 à l'hébergement).

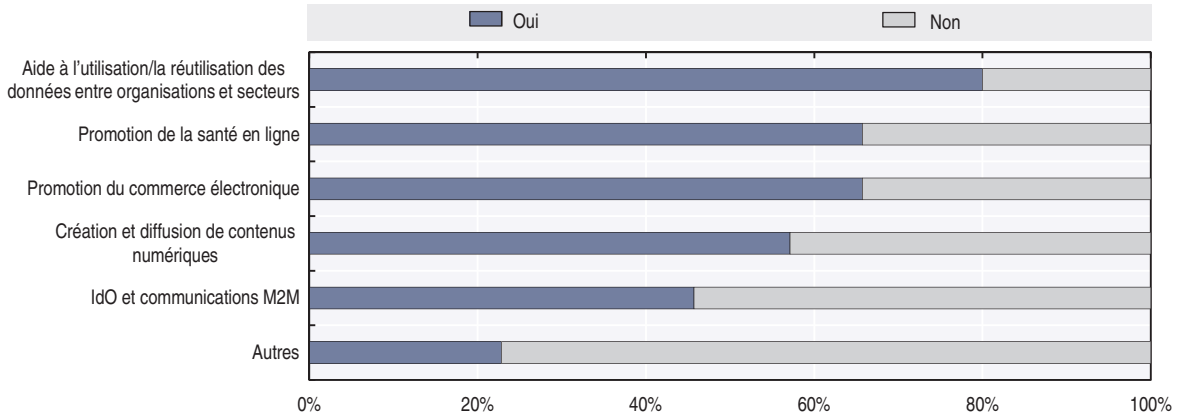
Cela dit, les réponses qui renseignent sur la nature des réglementations étaient réparties presque équitablement entre celles décrivant des mesures visant à accroître le contrôle des pouvoirs publics sur les technologies numériques (7) et celles accordant plus de liberté ou une autre forme de soutien à ces technologies (9). Dans un petit nombre de cas, les dispositifs incluaient les deux types de mesures.

À première vue, la répartition précitée peut être le reflet d'une disparité d'appréciations dans les pays examinés, selon que ceux-ci se félicitent de la concurrence favorisée par les technologies numériques de rupture ou la redoutent. Cela dit, la nature des mesures restrictives qui sont énoncées dans les réponses au questionnaire traduit davantage des préoccupations concernant les consommateurs et le recouvrement de l'impôt que le souci de protéger les entreprises existantes. En France, la loi pour une République numérique, adoptée récemment, prévoit par exemple de nouvelles règles pour les opérateurs de plateformes en ligne, mais leur but est surtout de protéger les données personnelles des consommateurs[26]. S'agissant des mesures de la seconde catégorie, les nouvelles réglementations qui sont mises en œuvre ou proposées traduisent la volonté de promouvoir les technologies numériques. En Finlande, par exemple, le nouveau Code des transports, adopté en mai 2017, déréglemente l'accès au marché des transports, y compris celui des taxis. L'objectif est d'introduire le numérique dans l'ensemble du secteur des transports, principalement en supprimant les obstacles au développement du numérique et à l'innovation, en adoptant une neutralité technologique et en instituant de nouvelles règles pour que l'accès aux informations essentielles sur les services de transport se fasse à l'aide d'interfaces ouvertes. Dans la seconde phase de la réforme, la Finlande envisage d'utiliser le modèle MyData[27] pour conduire à l'adoption du concept de « mobilité-service »[28].

Diverses mesures visent à promouvoir les applications et les services numériques

Les 35 pays ayant complété cette section du questionnaire ont instauré – ou projettent de le faire – au moins un dispositif ou une mesure réglementaire pour promouvoir les applications et les services numériques. Le dispositif le plus courant, mis en place dans presque 80 % des pays, consiste à faciliter l'utilisation/la réutilisation des données entre les organisations et les secteurs, par exemple grâce à l'utilisation de formats ouverts.

Graphique 2.7. **Dispositifs visant à promouvoir les applications et les services numériques**



Note : IdO = internet des objets ; M2M = machine à machine.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658132

Les mesures mises en œuvre par les pays pour favoriser la création et la diffusion de contenus numériques sont très variées

Les réponses fournies par les pays à la section concernant la création et la diffusion de contenus numériques présentent un tableau morcelé et mettent en évidence des dispositifs très variés. La mesure la plus souvent citée – à savoir la numérisation des ressources culturelles et leur publication en ligne – ne concerne que cinq pays. Les autres mesures dignes d'intérêt sont notamment les suivantes :

- Belgique : l'initiative Infotelligence permet aux éditeurs de quotidiens francophones de regrouper la collecte, le traitement, l'utilisation et la présentation de leurs informations sur une plateforme numérique indépendante. S'appuyant sur des données massives et sur l'intelligence artificielle, cette plateforme permettra aux éditeurs de mieux comprendre le comportement et les besoins de leurs lecteurs, ainsi que de personnaliser leur offre d'informations. Les éditeurs pourront ainsi offrir aux lecteurs des contenus mieux structurés et plus pertinents. Un objectif clair du projet est d'amener le secteur loin des géants mondiaux de l'internet que sont Google, Apple, Facebook et Instagram.
- Colombie : l'initiative Apps.co, mentionnée plus haut, aide à transformer les projets d'applications mobiles en activités durables (jeux, applications pour les handicapés ou pour l'administration publique). Elle a jusqu'ici financé 84 projets pour un coût de quelque 3.5 millions USD.
- Israël : Campus est une plateforme nationale d'apprentissage en ligne en accès libre, conçue sur le modèle edX, qui s'adresse aux élèves du secondaire, aux populations défavorisées et aux fonctionnaires. Entre 100 000 et 200 000 personnes devraient l'utiliser en 2017, et jusqu'à 1.5 million en 2019.
- Portugal : son programme éducatif B-on (Biblioteca do Conhecimento Online) est assez différent. Cette bibliothèque en ligne met à la disposition des instituts de recherche et des établissements d'enseignement supérieur, de façon permanente et illimitée, le contenu intégral de revues scientifiques ainsi que des ouvrages numériques, sur la base de contrats conclus à l'échelle nationale.

Quelques pays s'intéressent à la nécessité de normes interopérables pour l'internet des objets, mais ce n'est pas la majorité

Seuls l'Allemagne, l'Espagne, le Japon et les Pays-Bas ont indiqué avoir lancé des initiatives pour garantir la mise au point et l'application de normes interopérables pour l'IdO.

Il existe dans ce domaine une énorme marge de progrès pour les pouvoirs publics : de récents sondages réalisés auprès d'utilisateurs potentiels du nuage ont montré que l'absence de normes – en particulier de normes ouvertes – est l'un des principaux obstacles à leur utilisation de TIC avancées telles que l'IdO (OCDE, 2016a: 33). À titre d'exemple, selon une étude effectuée par le Forum économique mondial (WEF, 2015), l'absence d'interopérabilité arrive après les problèmes de sécurité, mais avant l'incertitude des retours sur investissement, dans le classement des trois principaux obstacles à l'adoption de l'IdO. La crainte d'une éventuelle dépendance captive à l'égard d'un fournisseur est souvent la cause du problème, car les utilisateurs savent qu'ils peuvent devenir extrêmement vulnérables en cas de hausse des prix s'ils sont dans l'impossibilité de migrer vers un autre fournisseur.

Les mesures visant à faciliter l'utilisation/la réutilisation des données entre les organisations et les secteurs ne manquent pas et peuvent prendre des formes très diverses

Les dispositifs visant à favoriser et faciliter l'utilisation/la réutilisation des données entre les organisations sont courants, 28 pays sur 35 en faisant état. Ils ont généralement pour finalité d'encourager l'innovation dans les secteurs public et privé, d'améliorer les services publics et l'efficience au sein des organismes gouvernementaux, et de promouvoir une administration ouverte.

Les deux tiers environ de ces dispositifs consistent à rendre les données publiques accessibles (ou plus accessibles) en les présentant sous des formats ouverts. Les portails de données nationaux qui permettent d'accéder librement à toutes sortes d'informations sont à cet égard courants. Le Chili organise chaque année un marathon de programmation (« hackathon ») public au cours duquel les participants développent les meilleures applications possibles à l'aide de séries de données publiques. En 2012, le Portugal a adopté une réglementation nationale sur l'interopérabilité numérique qui définit un ensemble de formats ouverts et indique en substance que les informations publiques doivent toujours être présentées dans un format ouvert plutôt que propriétaire. En Slovénie, la loi sur l'accès aux informations du secteur public préconise elle aussi l'utilisation de formats ouverts, de même qu'en Espagne, où le cadre national d'interopérabilité prévoit un ensemble de normes techniques couvrant tous les aspects du passage des services publics au numérique. Au Japon, de nombreuses mesures ont été prises pour améliorer l'utilisation des données (voir l'encadré 2.2 pour en savoir plus sur certaines d'entre elles).

D'autres mesures adoptées par plusieurs pays – le Canada, l'Espagne, l'Estonie, Israël, la Lettonie et le Luxembourg – s'appuient sur le principe de la transmission unique d'informations. Selon ce principe, les organismes publics ne sont autorisés à recueillir des informations que si celles-ci ne figurent pas déjà dans une autre base de données du secteur public. En d'autres termes, si une personne physique ou morale a déjà communiqué des renseignements à des organismes publics, ce n'est pas à elle de les soumettre à nouveau, mais à ces derniers d'effectuer des recoupements. Ce principe incite clairement les organismes publics à adopter des formats communs et à partager des données entre eux, au risque de susciter des problèmes en termes de protection des informations.

Encadré 2.2. **Japon : comment faciliter l'utilisation des données du secteur public et du secteur privé**

Après avoir pris conscience que les technologies de l'information ne sont pas seulement essentielles pour permettre une forte croissance économique, mais aussi des outils importants pour transformer la société japonaise et créer des conditions de sécurité et de confort pour les citoyens, le gouvernement japonais a adopté en juin 2013 en guise de stratégie informatique la « Declaration to Be the World's Most Advanced IT Nation ». Depuis cette date, tous les services gouvernementaux japonais s'emploient à promouvoir des mesures inspirées de cette déclaration, notamment la suppression des barrières entre les ministères pour favoriser la coordination transversale. Par ailleurs, la loi fondamentale sur l'amélioration de l'utilisation des données des secteurs public et privé, dont l'objectif est de créer les conditions propices à l'utilisation de ces données, a été promulguée en décembre 2016.

Les initiatives engagées au cours des trois dernières années commencent à porter leurs fruits, et certaines des plus importantes ont trait à l'utilisation des données. L'une de ces initiatives a consisté à mettre en place des services administratifs tournés vers l'utilisateur en réformant les systèmes de données de l'administration. L'État a lancé une réorganisation radicale des processus de gestion en s'appuyant sur l'utilisation des technologies informatiques, et aboli les barrières entre les secteurs de l'administration dans le but de faciliter les connexions entre les systèmes d'information des administrations locales et centrale, et ceux des opérateurs privés. Le but des autorités était de s'assurer que les services publics sont gérés de façon rationnelle et répondent aux besoins des utilisateurs. Le regroupement des systèmes d'information de l'administration et leur migration vers le nuage permettent de réduire les coûts de fonctionnement. Les économies réalisées sont investies dans des initiatives visant à accroître la valeur ajoutée de l'administration électronique.

À titre d'exemple, de nouveaux systèmes informatiques pour la sécurité sociale et les impôts ont été mis en place. En regroupant les systèmes d'information de l'administration centrale et en les transférant sur le nuage, le Japon a réalisé des économies qui sont aujourd'hui utilisées pour financer une partie des coûts des améliorations et des mises à niveau des systèmes (notamment les dispositifs de sécurité). En fait, 908 systèmes d'information de l'administration centrale devraient être supprimés avant 2018 – ce qui représentera une réduction d'environ 63 % par rapport à 2012 (année où l'on dénombrait 1 450 systèmes). Par ailleurs, 316 systèmes devraient migrer d'ici à 2021 vers une plateforme publique commune sur le nuage. Les coûts de fonctionnement devraient ainsi baisser de presque 900 millions USD par an à l'horizon 2021, soit d'environ 28 % par rapport à 2013.

Une autre mesure concernant les systèmes d'information de l'administration a été l'installation d'une infrastructure d'interopérabilité multicouche, complétée par des projets visant à créer un vocabulaire et des caractères japonais communs. L'infrastructure multicouche facilite l'échange et l'utilisation des données en établissant un graphisme, des significations et des structures communs pour les noms, les adresses et d'autres types de textes. Les projets permettent d'enregistrer et d'utiliser correctement dans les systèmes informatiques de l'administration les idéogrammes officiels des noms de personne et d'entreprise, ainsi que leurs variantes simplifiées. Les autorités espèrent que cette infrastructure permettra aux systèmes informatiques de dépasser les frontières organisationnelles et opérationnelles, et ainsi de faciliter la fourniture des services publics.

Un second type de mesures consiste à favoriser une circulation sécurisée des informations. L'idée est d'améliorer la qualité de vie des citoyens japonais en repérant et en résolvant les problèmes auxquels est confrontée une société hyper-vieillissante ayant un faible taux de natalité, et en créant de nouveaux services à partir de l'utilisation de données. De nombreuses mesures ont été adoptées dans ce sens au Japon, notamment en encourageant les administrations locales et centrale et les organismes publics à ouvrir l'accès à leurs données. Ainsi, la création d'un catalogue en ligne de données publiques comprenant quelque 16 000 ensembles de données, ainsi que l'établissement de conditions d'utilisation standards du gouvernement japonais (version 2.0), ont été approuvés par le Conseil interministériel des directeurs

Encadré 2.2. **Japon : comment faciliter l'utilisation des données du secteur public et du secteur privé** *(suite)*

des systèmes d'information le 24 décembre 2015. Pour encourager les collectivités locales à mettre leurs données en accès libre, l'État a établi et diffusé des lignes directrices en faveur de l'ouverture des données des administrations locales. Pour mieux sensibiliser celles-ci à la question et contribuer à cette ouverture, il fait également appel à des experts ayant une connaissance pointue du sujet, qui sont désignés par le Bureau de la stratégie nationale des TIC (secrétariat du Cabinet) et dépêchés auprès des collectivités locales. Le rôle de ces experts est de mieux faire connaître le concept de données ouvertes et de soutenir les initiatives allant dans ce sens.

Source : Headquarters for the Promotion of an Advanced Information and Telecommunications Network Society (IT Strategic Headquarters) (2016), « Declaration to Be the World's Most Advanced IT Nation », *http://japan.kantei.go.jp/policy/it/index_e.html* (consulté le 9 mai 2017).

Une mesure différente des autres a été mise en œuvre au Royaume-Uni, où un groupe de travail composé d'experts du secteur bancaire, de spécialistes des données, ainsi que de représentants des consommateurs et des entreprises, a mis au point en 2016 une norme ouverte pour les activités bancaires. Cette norme définit la façon dont les données bancaires doivent être créées, partagées et utilisées par leurs propriétaires et ceux qui y accèdent, de manière à aider les personnes dans leurs transactions financières (épargne, emprunt, prêt et investissement). L'idée sous-jacente est qu'en autorisant le partage d'informations qui étaient traditionnellement détenues par les banques, on va améliorer l'expérience bancaire des individus. Lorsqu'elles sont échangées ou publiées librement en utilisant des interfaces de programmation (API) ouvertes, les données peuvent être intégrées dans des applications et des ressources utiles permettant aux individus de trouver ce dont ils ont besoin. Pour citer des exemples, les clients peuvent ainsi trouver plus facilement un crédit immobilier, les banques peuvent trouver des clients dont les besoins coïncident parfaitement avec un nouveau produit, et les entreprises peuvent partager des données avec leurs comptables. Le résultat est une amélioration de la concurrence et de l'efficience, ainsi qu'une stimulation de l'innovation dans le secteur bancaire[29].

Les mesures qui sont prises concernant la santé en ligne peuvent être modestes ou ambitieuses, et sont généralement axées sur le financement de la recherche, la mise en place de plateformes de données médicales ou la télémédecine

S'agissant du financement de la recherche, le programme de R-D sur les technologies médicales lancé par le ministère fédéral allemand de l'Éducation et de la Recherche a pour but d'encourager l'innovation centrée sur le patient, d'aider les PME au fort potentiel et de promouvoir de manière générale le numérique dans le domaine de la santé. Les ministères de plusieurs autres pays (comme la Norvège et le Royaume-Uni) ont publié des rapports montrant comment les systèmes de santé et de soin pourraient améliorer leurs résultats à l'égard des patients et des citoyens grâce à l'utilisation de la technologie (y compris les services de santé en ligne).

Sept pays ont mentionné des mesures visant à créer des plateformes électroniques, normaliser les dossiers médicaux et, en ce qui concerne les procédures/services de santé, établir un lien entre les personnes qui en bénéficient, les professionnels de santé qui les dispensent, et les établissements où ils ont lieu. Dans certains pays, ces systèmes existent depuis des années, comme par exemple au Brésil, la carte nationale du système de santé unifié (qui fonctionne à l'aide d'un registre électronique). Dans d'autres, ils sont en cours de

développement, comme au Costa Rica, le système de dossier médical numérique unique, qui sera utilisé par les centres de soins primaires affiliés au fonds de sécurité sociale costaricain.

S'agissant de la télémédecine, des dispositifs sont en place en Allemagne, en Chine et en Colombie. Leur objectif central est d'étendre les soins de santé à un plus grand nombre de zones à moindre coût. En Chine, par exemple, un centre de télémédecine est connecté à plus de 700 sites de communication bilatérale par satellite et plus de 60 terminaux satellites mobiles télécommandés couvrant plus de 1 300 localités à travers le pays, et facilitant le diagnostic et le traitement à distance. En Allemagne, plus de 200 projets régionaux de télémédecine sont en cours[30].

Les dispositifs de santé en ligne mis en place par les pays peuvent être relativement modestes ou au contraire très ambitieux, du simple système de prise et d'annulation de rendez-vous sur le web au programme allemand de financement de la R-D sur les technologies médicales, cité précédemment, qui est doté d'un budget largement supérieur à 500 millions USD sur dix ans. En Chine, les efforts de développement des données massives au service des applications médicales incluent la construction d'une centaine de centres régionaux de données médicales qui seront chargés de délivrer aux habitants des zones rurales et urbaines des dossiers médicaux électroniques normalisés ainsi que des cartes de santé dotées de toutes les fonctionnalités. Depuis 2016, les Chinois ont accès aux informations de la plateforme nationale de partage de données sur la population et la santé, qui concernent la biomédecine, les soins médicaux de base, les soins hospitaliers, la santé publique, la médecine chinoise, la pharmacie, la population et la médecine de la procréation. Le volume de données total était de 49.1 téraoctets, soit l'équivalent de quelque 20 milliards de pages dactylographiées à simple interligne.

La transformation numérique des emplois et des échanges a entraîné la révision des cadres législatifs ou réglementaires ainsi que l'inscription de dispositions ayant trait au numérique dans les accords commerciaux

On examine dans la présente section les mesures et les orientations réglementaires destinées à répondre à la transformation numérique des emplois et/ou des échanges, notamment la révision des cadres de réglementation, des politiques actives du marché du travail, ainsi que des accords commerciaux bilatéraux et régionaux par l'inclusion de dispositions relatives aux échanges à l'ère du numérique. Cette section passe également en revue les nouvelles lois sur l'emploi, les réglementations et les accords conclus avec les partenaires sociaux en liaison avec les nouvelles formes de travail rendues possibles par les technologies numériques. Pour en savoir plus, voir OCDE (2014c ; 2015c ; 2016b).

Sur les 35 pays ayant répondu à la section du questionnaire relative à la transformation numérique, 28 ont adopté au moins une mesure pour faire face à la transformation numérique de la production, des emplois ou des échanges. Parmi eux, 13 ont indiqué qu'ils réformaient – ou avaient déjà réformé – les cadres de réglementation concernés, comme par exemple le droit général du travail ou les règles spécifiques à certains secteurs.

Dans le contexte de la transition numérique, certains pays ont entrepris – ou projettent d'entreprendre – un large éventail de réformes et de modifications de leurs cadres de réglementation, dont un grand nombre concernent le droit du travail ou les règles sectorielles en matière d'emploi

Les mesures prises en réponse à la transformation numérique des emplois peuvent être classées dans deux catégories : celles qui ont déjà été mises en œuvre et celles qui concernent

la possibilité d'entreprendre une réforme de la réglementation. On trouve notamment dans la première catégorie les mesures suivantes :

- définition légale du télétravail (Slovénie) et réglementation de la relation entre les entreprises et les télétravailleurs (Colombie)
- examens *ex ante* et *ex post* des lourdeurs administratives imposées par la réglementation, le passage au numérique étant un facteur de plus en plus important (Suisse)
- transition numérique et déréglementation des transports, et utilisation du concept de « mobilité-service » – avec des règles liées aux données – (Finlande) et du secteur de la technologie financière (Suisse) pour supprimer les obstacles au développement de nouveaux services
- réforme complète du droit du travail à la lumière du développement et des progrès rapides des technologies (Lituanie ; pour en savoir plus sur la nouvelle loi, voir la sous-section suivante).

Dans d'autres cas, la transformation numérique suscite des réflexions quant à la possibilité d'engager des réformes, comme dans les pays suivants :

- modifications éventuelles de la réglementation relative au travail en astreinte pour les travailleurs du secteur des TIC (Estonie)
- discussions concernant la réglementation du marché du travail, qui est remise en question par l'économie des plateformes en ligne (Norvège)
- élaboration d'un concept de test numérique pour évaluer la capacité de l'ensemble des réglementations actuelles à relever les défis du numérique (Suisse)
- processus de dialogue public multipartite sur l'avenir du travail (Allemagne).

Le processus de dialogue engagé en Allemagne est une initiative de taille. Baptisé Work 4.0, il s'inscrit dans le cadre d'une révision complète des politiques sociale et de l'emploi. En 2015, le ministère fédéral du Travail et des Affaires sociales a lancé l'opération en publiant, en vue de son examen, un livre vert[31]. Ce document énonçait les principales tendances, les domaines d'action importants et les grandes questions sociales qui se poseront à l'avenir dans le monde du travail. Il contenait également un ensemble de sujets fondamentaux devant servir de base à un dialogue global sur le fonctionnement futur de la société. Ces sujets ont été abordés avec l'aide d'experts du domaine de la recherche et de la pratique opérationnelle, de partenaires sociaux et d'associations, notamment de syndicats appartenant à la Fédération des syndicats allemands. Le ministère fédéral du Travail et des Affaires sociales a publié fin 2016 un livre blanc détaillant ses propositions d'action[32].

La Norvège a engagé elle aussi une réflexion approfondie sur la réforme du marché du travail. Un comité évalue actuellement les possibilités et les défis que présente l'économie collaborative. Ses travaux mettent l'accent sur ce que peut apporter une utilisation plus efficiente des ressources. Ce comité s'emploie également à recenser les réglementations qui sont remises en question par l'économie collaborative, notamment celle du marché du travail. Sa mission consiste à :

- déterminer si les réglementations devraient être ajustées pour assurer une plus grande symétrie entre l'économie collaborative et les activités traditionnelles, et si certains acteurs économiques devraient être dispensés de certaines dispositions réglementaires

- évaluer les effets potentiels de l'économie collaborative sur l'emploi, notamment sur les salariés et les sous-traitants ; à cet égard, le comité s'interrogera sur les conséquences de l'augmentation du nombre de personnes susceptibles de travailler en indépendant, et sur la nécessité de modifier les règles qui s'appliquent à cette catégorie de travailleurs
- passer en revue les réglementations applicables aux marchés sur lesquels les acteurs de l'économie collaborative occupent une place particulièrement importante, et déterminer s'il est nécessaire, compte tenu de l'émergence de nouvelles technologies ou de nouveaux modèles économiques, de modifier ces réglementations.

Rares sont les pays qui, au vu des nouveaux types d'emplois rendus possibles par les technologies numériques, sont allés jusqu'à réviser intégralement leur droit du travail, mais plusieurs ont ajouté de nouvelles dispositions et réglementations afin de prendre en compte les évolutions telles que le télétravail et les contrats de travail informels

Sur les 35 pays ayant complété cette section du questionnaire, 17 ont indiqué avoir élaboré – ou être en train de le faire – de nouvelles lois, réglementations ou accords avec les partenaires sociaux pour répondre aux nouvelles formes d'emplois rendues possibles par les technologies numériques. Parmi les nouvelles mesures mises en œuvre ou en cours d'examen dans ces pays, les plus souvent citées sont de nouveaux types de statuts et de contrats pour les travailleurs.

En Autriche, par exemple, le ministère du Travail, des Affaires sociales et de la Protection du consommateur suit et examine les évolutions du statut des travailleurs afin de pouvoir prendre en connaissance de cause des dispositions appropriées pour faire face à la transformation de l'emploi et assurer la protection des travailleurs. Le ministère est attentif aux phénomènes comme le travail collaboratif, le recrutement via des plateformes internet et les nouvelles formes d'emplois. Il craint en particulier que ces évolutions n'entraînent de l'insécurité et ne remplacent les formes d'emplois traditionnelles. Si ces craintes s'avèrent fondées à l'avenir, le ministère devra peut-être concevoir des instruments pour assurer le maintien de conditions de travail et de rémunération correctes. En rapport avec cet exemple, la plateforme autrichienne *Industry 4.0*[33] fonctionne grâce à la collaboration avec les partenaires sociaux. Les membres de la Fédération des syndicats autrichiens (Österreichischer Gewerkschaftsbund – ÖGB) participent aux débats et aux divers groupes de travail.

En République tchèque, une révision du Code du travail suit actuellement son cours dans le processus législatif. Cette révision porte notamment sur les articles régissant le travail effectué en dehors des locaux de l'employeur, comme le télétravail. Elle propose que chaque fois que les réseaux de communications électroniques sont utilisés pour des travaux effectués à l'extérieur de l'entreprise : 1) l'employeur fournisse le matériel et le logiciel nécessaires à l'exécution des travaux – hormis si le travailleur utilise son propre équipement – et assure, en particulier pour les logiciels, la protection des données lors de leur transfert ; et 2) le travailleur veille à la protection des données et des informations liées à l'exercice de ses fonctions.

La Lituanie vient d'achever la refonte complète de son Code du travail, qui contient désormais des dispositions sur la protection des données personnelles et de la vie privée des travailleurs. Dans le nouveau code, le droit d'accès aux technologies de l'information et des communications utilisées sur le lieu de travail ne doit pas porter atteinte à l'inviolabilité

des communications des salariés. Plusieurs nouveaux types de contrats de travail ont par ailleurs été inclus dans le code révisé : pour l'apprentissage, la gestion de projet, le partage des lieux de travail et les contrats avec plusieurs employeurs.

La Colombie est l'un des rares pays à avoir instauré des conditions obligatoires pour les contrats de télétravail. Ces contrats doivent impérativement spécifier les points suivants :

- la technologie et l'environnement requis, ainsi que les modalités d'exécution du travail en termes de délai, voire de lieu
- les jours et les plages horaires pendant lesquels sera effectué le télétravail, afin de définir les responsabilités en cas d'accident et d'empêcher toute méconnaissance de la durée légale de la semaine de travail
- les responsabilités en cas de non-livraison du travail et la méthode de livraison une fois le télétravail terminé
- les consignes de sécurité que le travailleur doit connaître et respecter.

Le cadre juridique international des échanges commerciaux à l'ère du numérique

Les échanges internationaux sont régis par des accords commerciaux et d'investissement bilatéraux, régionaux et multilatéraux qui apportent un complément essentiel aux réformes structurelles intérieures. L'action multilatérale est particulièrement importante pour promouvoir les intérêts mutuels des pays au regard de la libéralisation des échanges, des engagements en matière de réformes intérieures et de l'instauration d'un climat de confiance entre les entreprises et le contexte sociétal dans lequel elles exercent leurs activités.

Les aspects commerciaux de la transformation numérique sont abordés dans les accords multilatéraux élaborés sous l'égide de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Ces accords sont neutres vis-à-vis de la technologie, ce qui signifie que les règles qui s'appliquent aux échanges de biens réalisés en vertu de l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT), ou aux échanges de services effectués dans le cadre de l'AGCS, s'appliquent aussi bien au commerce en ligne qu'aux échanges classiques. Un large éventail d'accords de l'OMC sont donc considérés comme transposables au domaine du numérique, notamment l'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce, l'Accord relatif aux obstacles techniques au commerce, l'Accord sur les technologies de l'information et la récente extension de son champ d'application, ainsi que l'Accord sur la facilitation des échanges. Toutefois, compte tenu des évolutions rapides de la technologie, un débat est en cours entre les membres de l'OMC pour déterminer s'il est nécessaire d'actualiser ou de clarifier les règles et les engagements existants.

Dès 1998, conscients de la croissance du commerce électronique et des débouchés que cela représentait pour les échanges, les membres de l'OMC ont décidé d'établir un programme de travail pour examiner tous les aspects du commerce électronique (OMC, 1998). Ils ont également convenu de ne pas prélever de droits de douane sur les transmissions électroniques. Cette décision a ensuite été reconduite à chaque réunion ministérielle de l'OMC, mais le programme de travail a évolué au fil des ans.

À mesure que la transformation numérique prenait de l'ampleur, les pays ont commencé à inclure dans leurs accords commerciaux bilatéraux et régionaux des dispositions ayant trait spécifiquement au commerce numérique. Outre le fait que leurs dispositions générales s'appliquent aussi au commerce en ligne, certains accords commerciaux bilatéraux et régionaux incluent des chapitres consacrés spécifiquement aux services numériques, au

commerce électronique et aux télécommunications. Bien que variant d'un accord à l'autre, ces chapitres contiennent parfois :

- des dispositions interdisant le prélèvement de droits de douane
- des dispositions sur le traitement non discriminatoire des produits numériques
- des dispositions encourageant la réduction de l'utilisation du papier dans les transactions commerciales
- des dispositions interdisant les exigences de localisation pour les installations informatiques
- des dispositions assurant la protection des flux de données transfrontières
- des dispositions sur la protection de la vie privée en ligne
- des dispositions sur la protection des données
- des dispositions garantissant, par l'application de sanctions, la protection du consommateur dans le cadre des transactions en ligne
- des restrictions sur certains types de contenus internet (par exemple l'acheminement du trafic vers des entreprises détenues par des capitaux nationaux ou le blocage de certains sites)
- des dispositions visant à restreindre les obligations de transfert du code source des logiciels ou d'autorisation d'accès à ce code
- des dispositions concernant les messages électroniques de démarchage non sollicités (afin de réglementer efficacement les messages et le télémarketing intrusifs)
- des dispositions promouvant une protection sûre et équilibrée des droits l'auteur, avec l'application de sanctions.

À cet égard, les négociations actuelles et futures des accords commerciaux bilatéraux et régionaux – qui abordent de plus en plus certains des aspects émergents et complexes du commerce – ainsi que les débats qui ont lieu au sein de l'OMC vont sans doute préparer la voie au traitement plus approfondi des aspects commerciaux de la transformation numérique.

Près de la moitié des pays examinés ont inclus dans leurs accords commerciaux bilatéraux ou régionaux des dispositions ayant trait aux aspects commerciaux de la transformation numérique

Sur les 35 pays ayant complété la section du questionnaire relative à la transformation numérique, 18 ont indiqué avoir inclus dans leurs accords commerciaux bilatéraux ou régionaux certains aspects liés au commerce à l'ère du numérique. Parmi les réponses fournies, les cinq sujets suivants étaient cités à une fréquence plus ou moins équivalente : 1) confidentialité en ligne ; 2) flux de données transfrontières ; 3) protection du consommateur dans le cadre des transactions en ligne ; 4) restrictions de certains types de contenus internet ; et 5) interdiction de prélever des droits de douane.

Le Chili, qui a fourni une réponse détaillée, a inclus dans ses accords commerciaux presque tous les types de dispositions cités précédemment. L'encadré 2.3 fournit de plus amples informations sur lesdites dispositions, dont la plupart ont également été adoptées par d'autres pays.

Encadré 2.3. **Prise en compte des aspects commerciaux de la transformation numérique dans les accords commerciaux : l'exemple du Chili**

Conscient que la transformation numérique, stimulée par l'internet, ouvre de formidables débouchés au regard du commerce international – en particulier dans des secteurs traditionnellement considérés comme fermés aux échanges –, le Chili a intégré dans ses négociations commerciales les aspects de la transformation numérique liés au commerce. Pour ce qui est des accords de libre-échange (ALE), les négociations relatives aux chapitres des télécommunications et du commerce électronique visaient à faciliter les échanges électroniques en s'assurant qu'ils ont lieu efficacement et que le consommateur bénéficie de protections appropriées :

- **Dispositions sur la protection de la vie privée en ligne**. Les ALE négociés par le Chili contiennent souvent des dispositions reconnaissant les bienfaits économiques et sociaux de la protection des données personnelles des utilisateurs, ainsi que les effets positifs de cette protection sur la confiance du consommateur, en particulier dans le cadre des transactions électroniques. Le Chili a inclus dans ses ALE des dispositions imposant l'adoption de mesures législatives ou réglementaires pour protéger les informations personnelles. Un autre ensemble d'articles autorisent l'adoption de mesures jugées nécessaires pour garantir la sécurité et la confidentialité des messages et pour protéger les données personnelles des utilisateurs finaux. Voir par exemple l'article 14.7 du Partenariat transpacifique sur la protection du consommateur en ligne, ainsi que l'article 13.8 de l'Alliance pacifique sur la protection des informations personnelles.
- **Dispositions assurant la protection des flux de données transfrontières**. Conformément à l'architecture technique des réseaux de communications électroniques et compte tenu du principe de chiffrement de bout en bout, la pratique du Chili dans le domaine a été d'autoriser, de manière générale, le transfert transfrontière d'informations par voie électronique lorsqu'il est nécessaire aux activités menées. Cela dit, rien n'empêche l'une des parties de prendre des mesures pour garantir la sécurité et la confidentialité des messages et protéger les données personnelles de l'utilisateur final, à condition que ces mesures ne soient pas appliquées de façon arbitraire ni ne constituent une discrimination injustifiable ou une restriction déguisée des échanges.
- **Dispositions relatives à la protection du consommateur dans le cadre des transactions en ligne**. Les autorités chiliennes ont compris qu'il était important, pour renforcer la confiance du consommateur, d'adopter et d'appliquer des mesures efficaces et transparentes qui protègent ce dernier contre les activités commerciales frauduleuses et trompeuses (notamment des dispositions imposant, adoptant ou préservant des lois sur la protection du consommateur qui interdisent toute activité commerciale frauduleuse et trompeuse causant – ou susceptible de causer – des préjudices aux consommateurs effectuant des transactions en ligne). Certains ALE contiennent également des articles visant à renforcer la coopération entre les associations de défense des consommateurs ou d'autres organismes compétents en ce qui concerne le commerce électronique transfrontière, de manière à améliorer le bien-être du consommateur.
- **Restrictions de certains types de contenus internet**. Le Chili n'inclut aucune restriction de ce type dans ses accords, car ce serait contraire à la possibilité qui doit être offerte au consommateur d'utiliser les services et les applications internet de son choix.
- **Dispositions restreignant le prélèvement de droits de douane sur les transmissions électroniques**. Le Chili ne déroge pas au principe de non-prélèvement de droits de douane sur les transmissions électroniques, y compris les contenus transmis par voie électronique. Son but est d'assurer un traitement non discriminatoire des contenus numériques qui sont transmis par voie électronique (logiciels, textes, vidéos, images, enregistrements audio ou autres produits codés numériquement et pouvant être transmis par voie électronique), notamment en apportant la garantie que ces produits ne subiront pas de discrimination liée à leur lieu de production.

Risque numérique et confiance

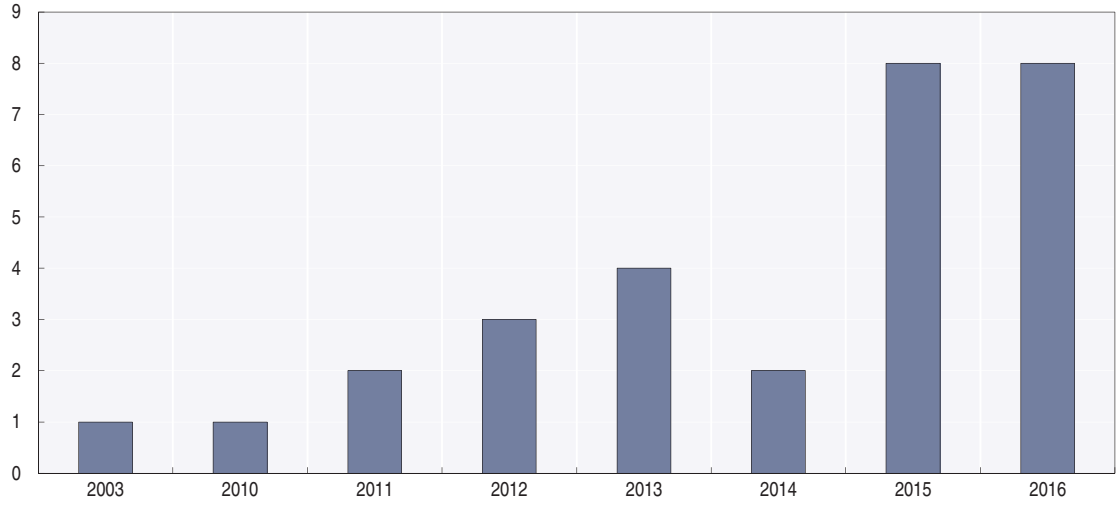
Comme indiqué dans le chapitre 6, les particuliers (notamment les consommateurs) et les entreprises disposent de plusieurs moyens pour accroître leur degré de confiance dans l'économie numérique : depuis les évaluations en ligne transparentes pour les premiers jusqu'aux pratiques de gestion des risques pour les secondes. Cela dit, les éléments fournis au chapitre 6 montrent aussi que tout n'est pas réglé. La présente section examine le rôle des pouvoirs publics dans la résolution de ces difficultés, en mettant l'accent sur la sécurité numérique, la confidentialité et la protection du consommateur. Elle passe en revue les tendances actuelles en matière d'action publique, notamment l'élaboration de stratégies nationales concernant la sécurité numérique et la confidentialité. Pour ce qui est de la sécurité numérique, les dispositifs examinés ici visent notamment à renforcer les capacités et la coopération internationale, mais aussi à promouvoir la gestion des risques, le partage et l'échange d'informations, ainsi que le secteur spécialisé dans la sécurité numérique. Pour ce qui est de la confidentialité, l'examen porte sur des mesures de sensibilisation et d'éducation, des dispositifs techniques de protection de la vie privée, et des initiatives de coopération internationale.

Les principales constatations à retenir sont, premièrement, que tous les pays ayant répondu au questionnaire ont mis en place une stratégie nationale de sécurité numérique, qui comprend le plus souvent des mesures visant à renforcer les capacités par la formation et l'amélioration des compétences, et la sécurité numérique par la coopération internationale. Sont également mentionnées des mesures de sensibilisation des PME au risque de sécurité numérique et d'encouragement aux bonnes pratiques. Deuxièmement, les pays renforcent leurs dispositifs pour parer à l'augmentation des menaces sur la vie privée. Ils misent pour cela sur les programmes de sensibilisation, le développement des compétences et la responsabilisation. Dans leurs politiques à cet égard, ils encouragent aussi les entreprises à faire de la protection de la vie privée une priorité et soutiennent l'innovation dans ce domaine. Par ailleurs, les aspects juridiques de l'interopérabilité transfrontière sont considérés comme l'un des grands défis internationaux, en particulier par les pays non européens. Toutefois, si la plupart des gouvernements sont engagés dans une collaboration internationale, bon nombre d'entre eux tardent encore à coordonner leurs propres mesures au plan national. Enfin, l'évolution des politiques de protection du consommateur suit celle des marchés du commerce électronique.

Presque tous les pays examinés ont mis en œuvre une stratégie nationale de sécurité numérique

Les stratégies nationales de sécurité numérique sont indispensables pour créer la confiance dont les activités économiques et sociales ont besoin pour tirer pleinement avantage de l'innovation numérique. En 2016, 29 des 33 pays ayant rempli[34] la section sur le risque de sécurité numérique du questionnaire de préparation des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* ont mis en œuvre des stratégies nationales de sécurité numérique (graphique 2.8) ; les quatre autres étaient en train de le faire. Ces stratégies sont élaborées par toutes sortes d'organismes publics et d'organisations, comme par exemple l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information en France et à Singapour, le ministère de la Défense au Danemark et le ministère de l'Intérieur en Islande. Bien que la plupart des pays aient fait appel à des partenaires non gouvernementaux pour élaborer leur stratégie, seuls 56 % ont réalisé une vaste consultation publique sur le sujet. Près de la moitié des pays examinés prévoient de réviser leur stratégie en 2017-18.

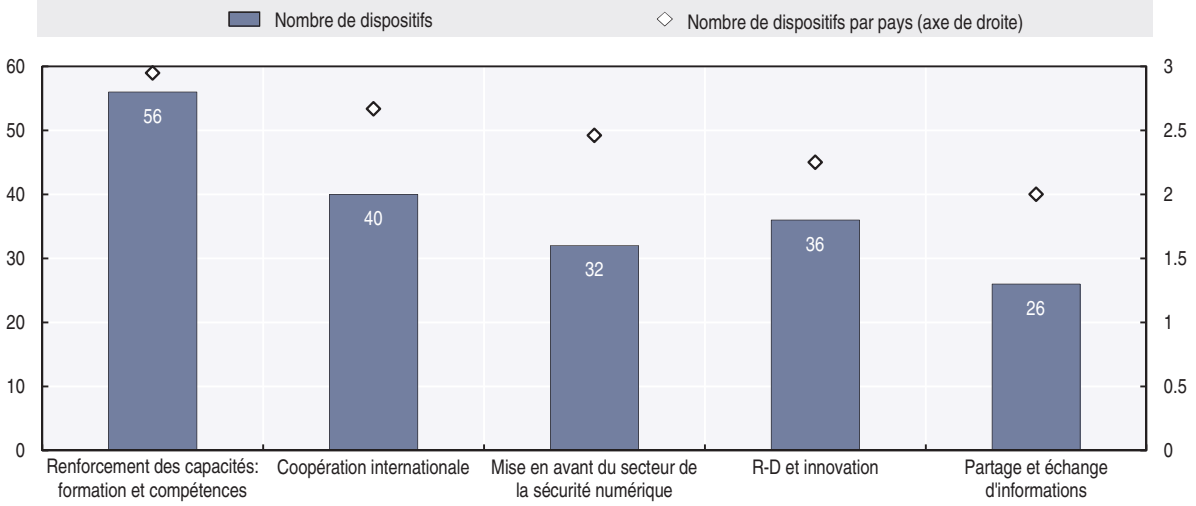
Graphique 2.8. **Nombre de pays ayant adopté des stratégies nationales de sécurité numérique**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658151

Le graphique 2.9 représente les dispositifs fréquemment mis en œuvre par les pays pour améliorer la sécurité numérique. Les plus fréquents sont ceux visant à renforcer les capacités par la formation et l'amélioration des compétences – notamment en sensibilisant les PME aux risques de sécurité numérique –, ainsi que la coopération internationale.

Graphique 2.9. **Dispositifs de renforcement de la sécurité numérique**



Note : Ce graphique a été établi à partir d'un total de 190 dispositifs de renforcement de la sécurité numérique cités par 19 pays.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658170

Le renforcement des capacités se concentre sur la formation et l'amélioration des compétences

La demande d'experts en cybersécurité a beaucoup augmenté ces dernières années, mais l'offre reste faible. L'un des objectifs de 31 des 33 pays ayant complété cette section du questionnaire est d'accroître la réserve actuelle de professionnels de la gestion des risques et de la sécurité numérique. Selon Burning Glass, aux États-Unis, les offres d'emploi en ligne

de professionnels de la sécurité numérique ont mis 14 % plus de temps à être pourvues que la moyenne des emplois du domaine informatique. Tous les pays font état d'une pénurie de talents en matière de sécurité numérique.

Selon les indications fournies par les pays, l'un des principaux obstacles au recrutement de spécialistes de la sécurité est la méconnaissance des débouchés professionnels, elle-même due à la rareté des statistiques sur les offres d'emploi et à l'absence de programme standard dans l'enseignement supérieur. Actuellement, la sécurité numérique est enseignée dans les programmes spécialisés de niveau post-licence, les formations diplômantes ou les formations professionnelles, alors qu'il faudrait un système dans lequel ces compétences soient acquises progressivement à l'école primaire, puis dans l'enseignement secondaire, universitaire et professionnel.

Les pays mettent en place un large éventail de mesures et d'initiatives pour combler la pénurie de compétences dans le domaine de la sécurité numérique. Aux États-Unis, la National Initiative for Cybersecurity Education est un partenariat entre les pouvoirs publics, les milieux universitaires et le secteur privé, dont le but est de développer l'enseignement et la formation sur la cybersécurité, ainsi que de constituer une main-d'œuvre compétente. En 2017, le Luxembourg a créé, sur la base d'un PPP, un centre de compétences en cybersécurité qui aura pour mission de fournir des services et des formations sur la sécurité numérique. Au Royaume-Uni, le National Cyber Security Centre créé en 2016 a pour but, en collaboration avec l'industrie, les services gouvernementaux et les universités, de favoriser l'émergence de la prochaine génération de chercheurs, d'étudiants et d'innovations. En France, l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information a récemment lancé un certain nombre d'initiatives de formation et de certification professionnelle (par exemple, CyberEdu et SecNumedu), en collaboration avec les universités et le secteur privé. En Corée, le MSIP/la KISA octroie des bourses aux étudiants qui suivent des cursus de sécurité numérique, ainsi que des aides financières aux universités.

Les pays s'emploient à mieux faire connaître les risques de sécurité numérique et à encourager les bonnes pratiques dans les petites et moyennes entreprises

Interrogés sur les trois plus grands enjeux de la sécurité numérique au regard des activités économiques et sociales, la plupart des pays ont cité les cyberattaques menées contre les petites entreprises, celles qui perturbent ou empêchent les activités sociales et économiques, ainsi que les actes de cybercriminalité/cyberespionnage impliquant le vol de propriétés intellectuelles numériques et d'actifs intellectuels.

Les PME, et en particulier les start-ups en phase de démarrage, jouent un rôle essentiel au regard de la croissance économique ; elles sont un moteur de la concurrence et de l'innovation, et contribuent à la création d'emplois. Elles sont aussi confrontées à des difficultés différentes en ce qui concerne les risques relatifs à la vie privée et à la sécurité numérique. Un incident de sécurité numérique entraînant une perte de confiance des consommateurs, une atteinte à la réputation ou une baisse du chiffre d'affaires peut être plus dommageable pour une PME que pour une grande entreprise, car la PME aura sans doute plus de mal à surmonter la perte temporaire de clients ou de recettes. De surcroît, une PME ne dispose pas forcément des ressources ou de l'expertise nécessaires pour évaluer et gérer efficacement les risques. En revanche, une PME qui connaît les risques et adopte des pratiques sûres en matière de sécurité numérique et de protection de la vie privée

disposera d'un avantage concurrentiel lorsqu'elle cherchera des possibilités de s'associer à des organisations de plus grande taille.

Un objectif spécifique de 82 % des pays est de mieux faire connaître les risques de sécurité numérique auprès des PME. Toutefois, seuls 46 % des pays ayant répondu au questionnaire ont mis en place des incitations (récompenses et/ou sanctions) pour encourager les entreprises à gérer ces risques. Le Japon et la Corée appliquent des incitations fiscales aux entreprises qui investissent dans des produits de sécurité numérique.

Le Royaume-Uni exige également que « seules les entreprises possédant une certification Cyber Essentials en cours de validité soient autorisées à fournir à l'État des services nécessitant le traitement de données personnelles ». Le dispositif Cyber Essentials recense quelques-unes des mesures de sécurité de base qu'une organisation doit prendre pour se défendre contre les menaces liées à l'internet.

La Lituanie se réserve le droit d'appliquer des « sanctions économiques » à l'encontre des entreprises qui ne respectent pas les obligations légales en matière de sécurité numérique.

Un large éventail de dispositifs et d'actions sont mis en œuvre par les pays pour inciter les entreprises à faire de la gestion des risques de sécurité numérique une priorité. Par exemple :

- « boîtes à outils » et principes de bonne pratique
- formations pour les chefs d'entreprise et leurs salariés
- conseils pour instaurer des pratiques efficaces de non-identification/d'anonymisation/de pseudonymisation
- actualisation et maintien des mesures visant à renforcer la confidentialité (comme le cryptage)
- audits
- évaluations des risques (à la fois des menaces et de leur incidence sur la confidentialité)
- actualisation et révision des accords d'échange d'informations.

Sur 33 pays, 19 ont fait part de leur intérêt pour une approche commerciale de la cyberassurance (assurance des risques numériques) pour gérer les risques des entreprises. L'assurance des risques de sécurité numérique est considérée par ces pays comme un moyen pour les entreprises et les particuliers de transférer une partie du risque financier auquel ils sont exposés vers le marché de l'assurance. Les compagnies d'assurance ont en outre la possibilité de contribuer à la gestion des risques de sécurité numérique en menant des campagnes de sensibilisation, et en encourageant les évaluations et l'adoption de bonnes pratiques. Ces mêmes pays ont généralement envisagé de prendre des mesures pour encourager les entreprises à contracter ce type d'assurance. Le marché de la cyberassurance continue toutefois de se développer, et les pays ont indiqué qu'ils se contentaient de voir comment ils pouvaient mettre en place un dispositif dans ce domaine. Le Canada a par exemple fait savoir qu'il commençait seulement à s'intéresser à cette question dans le cadre de son analyse de la cybersécurité.

Ces observations correspondent aux réponses fournies par les pays lorsqu'ils ont dû classer par ordre de pertinence les huit principaux obstacles à la souscription d'une cyberassurance dans leur pays.

Tableau 2.2. **Obstacles à la souscription d'une cyberassurance**

Obstacle	Ordre de pertinence
Il n'existe pas de modèle actuariel	3
Les primes d'assurance sont trop élevées	3
La direction ne voit pas l'utilité de ce type d'assurance	3
La couverture n'est pas adaptée	4
Les polices d'assurance actuelles sont considérées comme suffisantes	4
Le risque de sécurité numérique ne justifie pas la souscription d'une assurance	4
Il n'existe pas de marché des produits d'assurance sécurité numérique	5
L'offre de produits d'assurance sécurité numérique est inexistante	6

Pour la plupart des pays, les deux principaux obstacles sont les suivants :

1. L'absence de modèle actuariel : des données plus complètes sur la fréquence et les conséquences des incidents de sécurité numérique (ainsi que sur les remboursements des dommages subis) sont requises pour mettre au point des modèles actuariels et renforcer la confiance dans les produits d'assurance sécurité numérique.
2. Le coût des primes : d'après les estimations, les primes des contrats d'assurance sécurité numérique sont trois fois plus élevées (pour le même montant de couverture) que pour une assurance de responsabilité civile, et six fois plus que pour une assurance logement.

La coopération internationale permet de faire progresser les échanges d'informations et les questions techniques

Pour l'ensemble des pays ayant répondu au questionnaire, améliorer la coopération internationale sur les questions de sécurité numérique transfrontière est une priorité. Ils ont fait état de nombreuses initiatives engagées en ce sens, qui visent en particulier à favoriser les échanges d'informations, notamment sur les incidents de sécurité numérique.

La directive européenne sur la sécurité des réseaux et des systèmes d'information, adoptée en 2016, marque une étape très importante dans cette direction. Elle oblige les États membres de l'UE à accroître leur niveau de préparation en créant des centres de réponse aux incidents de sécurité informatique (CSIRT) ainsi qu'une autorité nationale compétente chargée d'accomplir les tâches liées à la sécurité et d'améliorer la coopération stratégique et les échanges d'informations entre les États membres. La directive oblige également les États membres à prendre des mesures appropriées pour instaurer une culture de gestion des risques de sécurité numérique. Les États membres sont par ailleurs invités à « veiller à ce que les autorités compétentes disposent des pouvoirs et des moyens nécessaires pour évaluer le respect, par les opérateurs de services essentiels, des obligations qui leur incombent », notamment l'obligation de notifier les incidents ayant un impact significatif sur la continuité des services essentiels[35].

La directive européenne précitée a pour but de créer un cadre de collaboration, dans lequel les États membres de l'UE et la Commission européenne peuvent se transmettre des alertes précoces sur les risques et les incidents. La coopération est facilitée par la création dans chaque pays d'un point de contact unique ; par la constitution d'un groupe de coopération composé de représentants des États membres, de la Commission européenne et de l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information ; enfin, par la mise en place d'un réseau de CSIRT. Les membres de l'UE ont jusqu'en mai 2018 pour adopter des textes législatifs et réglementaires conformes à la directive ; certains pays comme la France[36] et l'Allemagne[37] l'ont déjà fait.

Dans leur International Strategy for Cyberspace, les États-Unis ont retenu les priorités suivantes : promouvoir des marchés ouverts innovants ; renforcer la sécurité, la fiabilité et la résilience des réseaux internationaux ; enfin, élargir la collaboration entre les services chargés de l'application de la loi. Les États-Unis profitent de nombreux espaces de rencontre et manifestations pour promouvoir l'échange d'informations. Ils accordent une attention particulière à l'échange d'informations entre les centres nationaux de réponse aux incidents de sécurité informatique. Le gouvernement américain travaille donc en étroite collaboration avec les autorités étrangères, ainsi qu'avec les organisations régionales et internationales centrant leur action sur l'échange d'informations en matière de sécurité numérique. L'Australie coopère elle aussi avec les organisations étrangères (services chargés de l'application de la loi, services de renseignement et centres de réponse aux incidents de sécurité informatique). Le pays a prévu de nommer un « ambassadeur de la cybersécurité » qui aura pour mission de recenser les possibilités concrètes de coopération internationale et de faire en sorte que l'Australie ait un discours cohérent, homogène et influent sur les questions touchant à la cybersécurité internationale.

Au Canada, l'équipe d'intervention en cas d'urgence informatique travaille en collaboration avec ses homologues étrangers, afin de trouver des réponses aux incidents graves de cybersécurité et de les coordonner. En Colombie, la Police nationale chargée de la sécurité numérique a conclu, par l'intermédiaire du Centre de lutte contre la cybercriminalité, des alliances et des accords internationaux concernant la notification des incidents. La Lettonie a signé un mémorandum d'entente avec l'Estonie et la Lituanie pour coopérer sur la cybersécurité. Elle a également conclu d'autres mémorandums avec l'Azerbaïdjan, le Kazakhstan et la Géorgie. L'Espagne a souligné le rôle du Forum international sur la cybersécurité (FIRST)[38] pour la coordination de la notification des incidents. La France promeut quant à elle activement auprès des autres pays son approche de protection des infrastructures essentielles. Elle participera également aux collaborations formelles qui se mettront en place en Europe en application de la directive (UE) 2016/1148, dont le « réseau européen des CSIRT ». La France participe en outre à des groupes de coopération (TF-CSIRT, FIRST, NatCSIRT, AfricaCERT) qui réunissent des équipes de cybersécurité du monde entier. Enfin, 24 pays de l'OCDE, 13 économies partenaires, 8 organisations internationales et 11 sociétés privées ont rejoint le Forum mondial sur la cyberexpertise, créé en 2015 dans le contexte de la Conférence mondiale sur le cyberespace. L'objectif de ce forum est d'échanger des bonnes pratiques et des compétences spécialisées pour renforcer les capacités en matière de sécurité numérique. Le but est de mettre en évidence les dispositifs, les pratiques et les idées qui marchent et de les diffuser à l'échelle mondiale.

Les pays multiplient les mesures de protection contre les risques croissants d'atteinte à la vie privée

La diffusion des nouvelles technologies numériques telles que l'IdO, les données massives et les décisions algorithmiques de l'intelligence artificielle (voir le chapitre 7) soulèvent des questions quant à l'impact potentiel de ces technologies sur la protection des données individuelles et de la vie privée. Pour la grande majorité des pays ayant répondu au questionnaire de 2016 (25 pays sur 34)[39], ces technologies suscitent de grosses difficultés en ce qui concerne l'application de la réglementation existante. Certains pays soulignent également qu'elles présentent de nouveaux défis éthiques et sociétaux qui doivent être mieux compris et qui peuvent nécessiter la mise en place de nouveaux cadres et dispositifs en matière de gouvernance des données. En France, l'autorité chargée de la protection des

données (CNIL) a créé un groupe de travail sur l'innovation et les technologies numériques qui réfléchit sur ces questions (voir ci-dessous). Un autre enjeu technologique de taille concerne l'efficacité de l'anonymisation des données personnelles (qui empêche l'identification de leurs propriétaires) dans le contexte de l'accès libre aux données (du secteur public), défi que de nombreux pays ont l'intention de relever grâce à des mesures en faveur de l'innovation.

De nombreux pays (15 sur 34) appellent l'attention sur la dimension internationale de la protection de la vie privée, qui revêt une importance croissante pour les pouvoirs publics du fait de l'intensification des flux de données transfrontières. Dans ce contexte, l'interopérabilité globale – via la coordination et l'harmonisation des cadres de protection de la vie privée – reste un défi à relever. C'est le cas non seulement à l'échelle internationale (entre les dispositifs des différents pays) mais aussi, dans certains pays, au niveau national (entre les lois des différentes régions)[40].

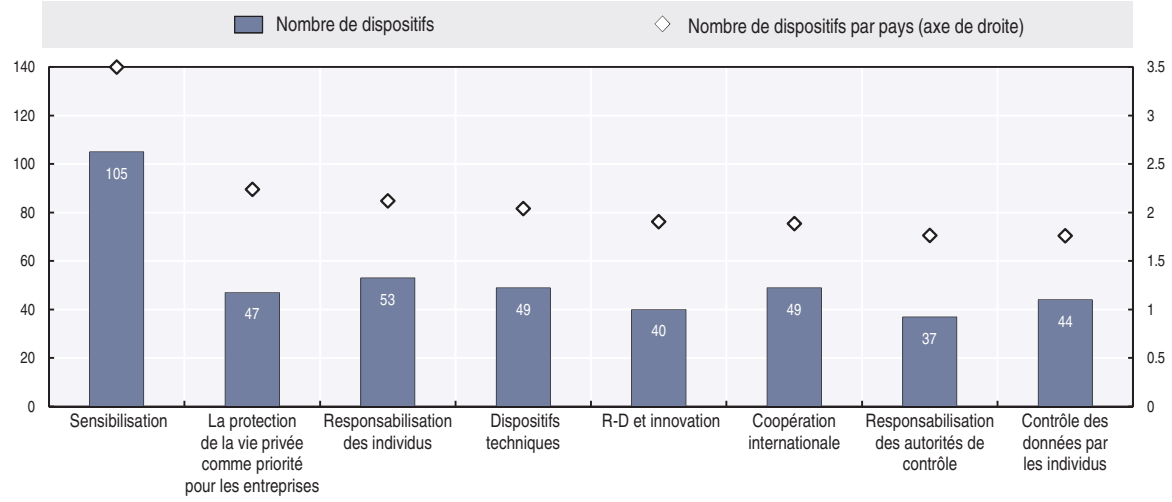
En Europe, en revanche, l'adoption du nouveau cadre de protection des données – comprenant le règlement général sur la protection des données (règlement (UE) 2016/679), qui entrera en vigueur à partir du 25 mai 2018, et la directive dite « sur la police » (directive (UE) 2016/680) – dote l'UE d'un ensemble homogène de règles sur la protection des données, et d'un plus large éventail d'outils permettant de faciliter les flux de données internationaux (Commission européenne, 2017b). Le règlement (UE) 2016/679 ne s'applique pas uniquement aux pays membres de l'UE mais aussi, par exemple, aux entreprises étrangères exerçant des activités au sein de l'UE, à savoir l'offre de biens et de services aux citoyens européens ou le suivi du comportement de ces personnes (OCDE, 2016g). L'interopérabilité juridique est donc un aspect primordial, comme indiqué dans la partie six de la *Recommandation du Conseil concernant les Lignes directrices de l'OCDE régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel* (ci-après « Lignes directrices de l'OCDE sur la protection de la vie privée » ; OCDE, 2013b) consacrée à la coopération internationale et à l'interopérabilité, qui stipule que : « Les pays Membres devraient encourager et soutenir l'élaboration d'arrangements internationaux favorisant l'interopérabilité des cadres de protection de la vie privée, qui assurent l'application des présentes Lignes directrices. »

Dans la plupart des pays, l'utilisation des données massives par les pouvoirs publics représente un défi juridique de taille au regard de la protection de la vie privée. Sur les 32 pays ayant répondu à la question relative aux risques d'atteinte à la vie privée, 18 soulignent que la réutilisation de données personnelles par les organismes publics constitue une gageure en matière de protection de la vie privée. La moitié d'entre eux environ indiquent que la collecte de données personnelles à des fins de sécurité (nationale) constitue l'un des plus gros défis pour les pouvoirs publics, en particulier dans les cas où ces données proviennent du secteur privé. En 2016, le Brésil a adopté le décret n° 8.789, qui réglemente le partage des bases de données contenant des informations personnelles détenues par les organismes publics. Ce décret autorise l'administration à traiter les données personnelles, et plus particulièrement à recueillir ce type de données pour des raisons de sécurité nationale, y compris en les interceptant par des moyens légaux, ce qui suscite des inquiétudes (notamment lorsqu'il est question de services OTT). Une approche différente a été adoptée au sein de l'UE. Faisant partie du nouveau cadre juridique communautaire de protection des données, la directive sur la police a pour but de défendre le droit à la protection des données personnelles dans le cadre de leur traitement par les autorités compétentes à des fins de prévention et de détection des infractions pénales, d'enquêtes et de poursuites en la matière ou d'exécution de sanctions pénales. Cette nouvelle directive, qui doit être transposée dans le droit national de tous les pays membres de l'UE d'ici au 6 mai 2018, contribue à l'harmonisation des

règles de protection des données dans le domaine de l'application de la loi, et fournit donc la base de la libre circulation des données personnelles. Les dispositions de cette directive s'appliquent également à l'utilisation, par les services chargés de l'application de la loi des États membres de l'UE, des technologies faisant appel à des données massives.

Les réponses au questionnaire de préparation des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* montrent que les pouvoirs publics ont adopté des mesures très diverses pour faire face aux risques d'atteinte à la vie privée évoqués précédemment (et dans le chapitre 6), la sensibilisation aux risques d'atteinte à la vie privée arrivant à cet égard largement en tête (graphique 2.10). Sur les 424 dispositifs déclarés par les pays, un quart (105) a pour but d'améliorer l'information et l'éducation sur la protection de la vie privée (au sein des services gouvernementaux, dans les entreprises et auprès des particuliers). Un autre quart vise à responsabiliser les individus en mettant à leur disposition soit des possibilités de recours simples et faciles à utiliser, soit des mécanismes leur permettant d'avoir un contrôle accru sur leurs données personnelles (dans les deux cas, 97 mesures en tout). Les autres dispositifs souvent mis en place par les pouvoirs publics ont pour but d'inciter les entreprises à faire de la protection de la vie privée une priorité ainsi que d'encourager l'innovation sur cet enjeu et l'adoption de mesures techniques (136) ; enfin, d'autres dispositifs sont axés sur la promotion de la coopération internationale, ainsi que sur la coordination et l'harmonisation de la législation entre les différents organismes gouvernementaux (49). Les sections qui suivent décrivent en détail les dispositifs les plus fréquemment mis en œuvre par les pouvoirs publics.

Graphique 2.10. **Dispositifs visant à renforcer la protection de la vie privée**



Note : Ce graphique est établi à partir d'un total de 424 dispositifs cités par 30 pays.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658189

La sensibilisation, l'amélioration des compétences et la responsabilisation sont les leviers les plus fréquemment utilisés par les pouvoirs publics pour renforcer la protection de la vie privée

Pour accroître la protection de la vie privée, il faut à la fois améliorer la sensibilisation et l'information sur les risques potentiels. Les responsables de l'action publique et les autorités de contrôle reconnaissent que l'amélioration de la sensibilisation, des compétences et de la responsabilisation des individus est le levier le plus efficace pour

maîtriser les risques d'atteinte à la vie privée (OCDE, 2016g). De fait, les mesures de sensibilisation et d'éducation sont celles qui sont le plus souvent prises par les pouvoirs publics, en particulier par les organismes de contrôle de la protection de la vie privée. La plupart de ces organismes dispensent des bonnes pratiques et des guides, notamment des publications en ligne (généralement accessibles sur des sites conçus spécialement à cet effet) et hors ligne. Certains fournissent des modèles pour aider les organisations à concevoir des notices sur la protection de la vie privée ou des plans de gestion de la question (comme le fait l'Office of the Australian Information Commissioner [OAIC], en Australie). L'OAIC a précisément conçu un plan type de gestion de la protection de la vie privée à l'intention des organismes publics[41]. En Europe, le règlement 2016/679 de l'UE prévoit que les autorités de contrôle organisent des activités de sensibilisation à l'intention des responsables du traitement des données et des sous-traitants, ainsi que des personnes physiques, notamment dans le cadre éducatif.

Les organismes gouvernementaux cherchent souvent à sensibiliser le public en organisant diverses manifestations (conférences, consultations et ateliers). Certaines de ces manifestations visent à dispenser des connaissances de base et à favoriser une meilleure compréhension de la question de la protection de la vie privée (par exemple les présentations et les débats itinérants organisés régulièrement à Singapour par la Personal Data Protection Commission [PDPC] pour faire comprendre aux individus combien il est important de protéger leurs données personnelles), d'autres abordent des aspects plus spécifiques et plus complexes du sujet. C'est le cas par exemple des ateliers organisés aux États-Unis par la Federal Trade Commission (FTC), où l'on examine les conséquences des nouvelles technologies en matière de sécurité et de confidentialité (notamment les téléviseurs intelligents, les drones et les rançongiciels) et où l'on voit l'impact qu'auront ces changements sur le marché. Un autre exemple est la série de débats publics engagés en France par la CNIL en janvier 2017 sur les préoccupations éthiques suscitées par les prises de décision algorithmiques ; ces débats s'inscrivent dans le cadre de la nouvelle mission confiée à cette autorité, à savoir de s'intéresser aux problématiques éthiques et sociétales que soulèvent les technologies numériques. Plusieurs organismes utilisent également les médias (y compris, dans certains cas, des jeux sérieux) pour sensibiliser le public aux questions des atteintes à la vie privée. En Israël, l'autorité chargée du droit, de l'information et de la technologie a conçu un plan médiatique global (comprenant des présentations à la télévision, à la radio, dans la presse et sur le web) pour montrer l'importance du droit au respect de la vie privée et à la protection des données, ainsi que les risques qui y sont associés. En France, la CNIL a organisé sur le web une campagne reposant sur un « jeu sérieux » – baptisé Fred et le chat démoniaque – pour illustrer les risques personnels associés à la diffusion de contenus numériques.

Les programmes d'éducation et de formation sont également souvent utilisés par les pouvoirs publics pour promouvoir la protection de la vie privée. Si la plupart de ces dispositifs ciblent les élèves et les enseignants (principalement aux niveaux primaire et secondaire), d'autres s'adressent aux adultes travaillant dans le secteur public. En 2015, par exemple, le Commissariat à la protection de la vie privée du Canada a créé des supports d'information distribués dans les écoles canadiennes, afin d'aider les enseignants à sensibiliser les élèves aux dispositifs publics de protection de la vie privée et aux questions relatives à la collecte d'informations personnelles en ligne. En Norvège, le Centre de promotion des TIC dans l'éducation et l'autorité chargée de la protection des données ont mis sur pied l'initiative

DuBestemmer (TuDécides), dont la tâche consiste à distribuer des supports éducatifs sur la protection de la vie privée et la responsabilité numérique destinés aux enfants et aux jeunes de 9 à 18 ans. Au Japon, le ministère de l'Intérieur et des Communications a conçu pour les fonctionnaires une formation sur les conséquences des atteintes à la vie privée au sein de l'administration. Il existe également des programmes éducatifs remarquables s'adressant au secteur privé, comme par exemple, aux États-Unis, l'initiative Start with Security de la FTC (2015), qui énonce les grands principes de la protection des données à l'intention des entreprises de toutes tailles et de tous les secteurs.

En ce qui concerne les mécanismes visant à responsabiliser les individus, la plupart des pays ont adopté des mesures pour simplifier les procédures de dépôt de plainte en cas d'atteinte à la vie privée, par exemple en mettant en place des services numériques[42] et, dans certains cas, en privilégiant l'instauration de procédures de demande d'indemnisation et/ou leur simplification[43]. Une nouveauté récente est la mise en œuvre de mécanismes permettant de faciliter l'accès des individus à leurs données personnelles, comme par exemple l'instauration du « droit à la portabilité des données » qui figure dans le règlement 2016/679 de l'UE. D'autres pays ont également institué des droits similaires ou envisagent de le faire. Aux États-Unis, par exemple, l'initiative Blue Button du ministère de la Santé et des Services sociaux permet aux patients de télécharger rapidement et en toute sécurité leurs dossiers médicaux. En Israël, l'autorité chargée du droit, de l'information et de la technologie a publié un projet pour consultation publique de lignes directrices, en vertu desquelles les prestataires de services sont dans l'obligation de fournir aux consommateurs qui le demandent les transcriptions électroniques de leurs conversations téléphoniques ou en ligne. Tous ces mécanismes sont conformes au principe de participation individuelle inscrit dans les Lignes directrices de l'OCDE sur la protection de la vie privée : dans l'univers des données massives, la portabilité des données semble le seul moyen raisonnable de mettre à disposition des données « sous une forme qui soit aisément intelligible [par la personne physique] ». Cette portabilité permet en effet à la personne physique d'appliquer à ses données personnelles des outils d'analyse et services connexes, et ainsi d'acquérir les connaissances nécessaires pour pouvoir « contester les données la concernant ». Quant aux modalités idéales de mise en œuvre de la portabilité des données, elles restent à déterminer.

Les pouvoirs publics misent beaucoup sur les dispositifs ayant pour but d'inciter les entreprises à faire de la protection de la vie privée une priorité et d'encourager l'innovation axée sur cet enjeu

L'adoption de dispositions réglementaires progresse, mais les pouvoirs publics prennent de plus en plus conscience que la réglementation n'est que l'un des leviers utilisables pour améliorer la protection de la vie privée. Ainsi, depuis quelque temps, cet objectif est présenté aux entreprises comme une opportunité, principalement par le biais de campagnes de sensibilisation (voir plus haut). En Finlande, par exemple, le ministère des Transports et des Communications organise deux à trois fois par an un forum sur la protection des données dans le secteur du numérique, dont le but est d'aider les entreprises non seulement à se préparer en vue de l'entrée en vigueur du règlement 2016/679 de l'UE, mais aussi à considérer la protection des données comme un débouché commercial. De même, en Israël, l'autorité chargée du droit, de l'information et de la technologie a énoncé dans son « Guide à l'intention des entreprises »[44] dix bonnes pratiques susceptibles d'améliorer non seulement l'image de l'entreprise en termes de responsabilité sociale, mais aussi ses résultats commerciaux, essentiellement en renforçant la confiance du consommateur.

Pour inciter les entreprises à mettre en œuvre des processus de protection de la vie privée efficaces, beaucoup de pays ont institué des mécanismes de certification. En Corée, par exemple, la Commission chargée des communications incite les entreprises à obtenir une certification sur les questions de protection de la vie privée en faisant valoir que cette certification leur permettra, si elles font l'objet d'une enquête pour violation de données personnelles, de bénéficier d'une réduction d'amende ou d'un report de sanctions. De la même manière, au Royaume-Uni, l'Information Commissioner's Office envisage de créer un sceau de protection des données personnelles qui pourrait faire office de « tampon d'approbation » attestant l'application de bonnes pratiques et le respect de normes strictes en matière de protection des données. Dans d'autres cas, pour inciter les entreprises à faire de la protection de la vie privée une priorité, les autorités insistent sur le lien entre la sécurité numérique et la protection de la vie privée. Ainsi, au Mexique, l'Institut fédéral pour l'accès aux informations publiques et la protection des données fournit un tableau des équivalences pratiques entre les normes de sécurité numérique ; il a également, en collaboration avec l'Institut national espagnol pour la cybersécurité, mis au point un plan stratégique pour aider les organisations à renforcer leur sécurité lorsqu'elles traitent des données personnelles. Enfin, dernier élément mais non le moindre, le règlement 2016/679 de l'UE offre la possibilité d'appliquer un mécanisme de certification permettant au responsable du traitement des données de démontrer le respect des obligations lui incombant, et aux personnes physiques d'évaluer la protection conférée à leurs données personnelles par les produits et les services. Ce type de mécanisme pourra être utilisé à la fois pour démontrer le respect des nouvelles règles de traitement mises en œuvre au sein de l'UE, et pour fournir un degré de protection suffisant en cas de transfert international des données.

Les pouvoirs publics encouragent de plus en plus la R-D axée sur les enjeux de la protection de la vie privée résultant des technologies émergentes (comme par exemple l'IdO), mais aussi dans le domaine des technologies protectrices de la vie privée (notamment les technologies et techniques d'anonymisation et de cryptographie), dont l'utilisation dans les organisations est encouragée. S'il est vrai que la plupart des pays ont adopté des mesures pour promouvoir directement ou indirectement la recherche – universitaire – (le « R » de R-D), ils sont en revanche relativement rares à favoriser le développement (le « D » de R-D) de technologies et d'applications utiles pour les entreprises ainsi que de nouveaux modèles économiques. Très peu de pays ont mis en place des dispositifs de financement dédiés aux activités de R-D et d'innovation consacrées à la protection de la vie privée. Il existe toutefois de notables exceptions : en France, le Programme d'investissements d'avenir finance le développement de technologies protectrices de la vie privée. En octobre 2015, un appel à projets a été lancé dans le cadre de ce programme en vue de mobiliser jusqu'à 10 millions EUR pour les entreprises innovant dans les trois domaines suivants : 1) l'anonymisation des données personnelles ; 2) la protection de la vie privée dans le contexte de l'IdO ; et 3) les architectures novatrices en matière de protection de la vie privée, comme par exemple les architectures distribuées. L'objectif de cet appel à projets est d'encourager les bonnes pratiques au regard des technologies protectrices de la vie privée et d'aider les entreprises à développer des solutions commerciales. Un autre exemple est l'agence SPRING, à Singapour, qui dépend du ministère du Commerce et de l'Industrie et qui a mis en place un système de financement (le Capability Development Grant) pour favoriser l'adoption de mécanismes de protection de la vie privée dans les PME. Ce dispositif finance jusqu'à 70 % des coûts assumés par une PME pour renforcer ses mesures de protection de la vie privée.

La plupart des pays s'engagent dans une collaboration internationale, mais de nombreux autres ont toujours du mal à coordonner leurs dispositifs nationaux en matière de protection de la vie privée

Le volume des flux de données transfrontières augmentant, la coopération internationale est – et restera – un domaine d'action important pour les pouvoirs publics en ce qui concerne la protection de la vie privée. Dans les réponses au questionnaire, les incompatibilités potentielles entre les régimes juridiques nationaux figurent au premier rang des raisons qui incitent les pays à coopérer entre eux ; viennent ensuite le manque de ressources pour résoudre les différends internationaux relatifs à la vie privée, ainsi que les restrictions existantes au partage international de données (notamment les pratiques actuelles des services de renseignement et des forces de l'ordre qui recueillent ou échangent des données personnelles au niveau mondial). Sur les 34 pays ayant complété cette section du questionnaire, 26 ont cité au minimum une initiative par le biais de laquelle ils collaborent avec d'autres pays. Le réseau Global Privacy Enforcement Network est le dispositif de coopération le plus souvent cité, de même que le Groupe de travail « article 29 » (pour les États membres de l'UE) et l'Accord sur le contrôle des mesures transfrontalières de protection de la vie privée de l'APEC – Coopération économique Asie-Pacifique – (pour les États membres de cette organisation). Le Régime de règles transfrontalières sur la protection de la vie privée de l'APEC (APEC, s.d.) recueille en outre de plus en plus d'adeptes ; inspiré des Lignes directrices de l'OCDE sur la protection de la vie privée, il s'agit d'un mécanisme de certification par un tiers des dispositifs et pratiques de protection de la vie privée mis en œuvre par une organisation. En juin 2017, le Canada, les États-Unis, le Japon et le Mexique avaient adhéré à ce Régime ; la Corée s'était portée candidate ; les Philippines, Singapour et le Taipei chinois projetaient d'y adhérer. Au Japon, l'adhésion au Régime de règles transfrontalières est considérée comme une condition préalable pour le transfert transfrontière d'informations personnelles. L'APEC et l'UE réfléchissent à la façon de promouvoir l'interopérabilité entre les règles contraignantes auxquelles sont soumises les entreprises en vertu de la directive UE et des règles transfrontalières de l'APEC, à la fois en ce qui concerne les normes applicables et le processus d'adhésion de chaque système. S'agissant par ailleurs de l'Union européenne et des États-Unis, une avancée importante est la mise en place du « bouclier UE-É.-U. de protection de la vie privée » (EU-US Privacy Shield Framework) qui permet d'assurer la libre circulation des données entre les responsables du traitement/les sous-traitants de l'Union européenne et les entreprises américaines certifiées, tout en garantissant un haut niveau de protection des données[45]. Parmi les autres initiatives importantes, il convient également de citer les nouvelles dispositions du règlement 2016/679 de l'UE sur la coopération internationale en matière de protection des données personnelles, dont le but est de permettre une coopération efficace entre les autorités de contrôle grâce à une assistance mutuelle internationale ainsi qu'à la discussion et l'échange de bonnes pratiques avec les autorités de pays tiers.

L'élaboration de la politique publique ainsi que de la réglementation relatives à la protection des données personnelles fait intervenir toutes sortes d'organismes gouvernementaux, y compris – mais pas seulement – des autorités de contrôle et des ministères chargés de la justice/des affaires juridiques et de l'économie numérique. Cette tâche suppose également la participation d'organismes publics s'occupant de secteurs comme la santé, les finances et les transports. Cela signifie que pour élaborer la politique et la réglementation relatives à la protection de la vie privée, les mécanismes ou les processus existants doivent permettre de coordonner et d'homogénéiser les dispositifs et leur mise en

œuvre. Or, si une collaboration internationale se met en place dans la plupart des pays – en particulier par l'intermédiaire des autorités de contrôle de la protection de la vie privée –, au niveau national en revanche, la coordination entre les mesures et les réglementations est généralement peu développée. Un tiers des pays ayant répondu au questionnaire de préparation des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* ne possède aucun mécanisme ou processus permettant d'assurer la coordination et la cohérence de ses mesures et réglementations nationales relatives à la protection de la vie privée ; dans les pays où ce mécanisme existe, son efficacité n'est pas clairement établie.

Dans de nombreux pays, la coordination de la politique publique en matière de protection de la vie privée intervient à différents niveaux au cours du processus. Des groupes de travail interministériels, des procédures de consultation nationale et des PPP peuvent ainsi être mis en place. Dans d'autres pays, un organe spécialement chargé de la coordination de ces questions – et relevant dans certains cas des hautes instances gouvernementales (par exemple le cabinet du Premier ministre) – a été créé pour coordonner les mesures et les réglementations adoptées par les différents organismes publics et en assurer la cohérence. C'est le cas en Israël, par exemple, où une unité du cabinet du Premier ministre évalue l'efficacité des réglementations israéliennes, notamment en ce qui concerne la protection des données personnelles. Dans certains pays, un mécanisme de coordination a été établi dans le cadre de l'élaboration et/ou la mise en œuvre de la stratégie nationale en matière d'économie numérique (voir le chapitre 1). En Autriche, par exemple, le lancement en 2015 de la « feuille de route numérique » a été l'occasion de créer une équipe de coordination en faisant appel à plus d'une centaine d'experts provenant de l'ensemble des ministères fédéraux ainsi que d'un certain nombre d'autorités et d'associations locales, de partenaires sociaux, de syndicats, de groupements professionnels et d'autres organisations. Par la suite, des centaines de citoyens ont participé à un processus de consultation en ligne. Le document qui en a résulté a servi de base à l'actuelle feuille de route. Dans d'autres cas, la négociation du règlement 2016/679 a incité un certain nombre d'États membres de l'UE à établir des mécanismes de coordination nationaux ou à améliorer ceux existants. En Belgique, par exemple, des dispositifs ont été mis en place pour coordonner l'action entre les différentes instances publiques, ainsi que pour collaborer avec le secteur privé lors de la négociation du règlement européen. On ne sait pas clairement dans quelle mesure ces processus et mécanismes sont utilisés ni s'ils sont efficaces pour assurer de façon permanente la coordination et la cohérence des mesures et des réglementations ayant trait à la protection de la vie privée. Au niveau européen, le nouveau cadre juridique de protection des données permet la coordination entre les États membres de l'UE. Le mécanisme de contrôle de la cohérence prévu dans le règlement 2016/679 permettra une application homogène des règles, en particulier lorsqu'une autorité de contrôle projettera d'adopter des mesures qui risquent de concerner un grand nombre d'individus dans différents États membres. Les procédures de règlement des différends et les nouveaux dispositifs d'échange d'informations pertinentes entre les autorités faciliteront également la coordination au sein de l'UE.

L'élaboration de stratégies nationales de protection de la vie privée ouvre la perspective d'un traitement de cette problématique dans l'ensemble des services gouvernementaux

La législation reste la principale réponse à la problématique de la protection des données personnelles. Plutôt que de s'adresser à l'ensemble des parties prenantes, les lois imposent généralement des obligations aux seules organisations concernées, en exigeant

qu'elles accordent des droits spécifiques aux individus. Comme indiqué dans les précédentes sections, des mesures complémentaires très diverses peuvent être adoptées (par exemple en matière d'éducation et de sensibilisation), souvent par les autorités de contrôle de la protection de la vie privée ou des organismes de la société civile. Bien que la loi joue un rôle capital, la protection de la vie privée gagnerait, dans une économie de plus en plus fondée sur les données, à s'appuyer sur une stratégie multiforme reflétant une vision globale de la société et soutenue au plus haut niveau de l'État, comme le préconisent les Lignes directrices de l'OCDE sur la protection de la vie privée (Partie cinq) et, plus généralement, le chapitre 1 du présent rapport (dans la section intitulée « Tour d'horizon des stratégies numériques nationales »).

Les Lignes directrices de l'OCDE sur la protection de la vie privée recommandent aux pays membres « d'élaborer des stratégies nationales de protection de la vie privée qui traduisent une approche coordonnée entre organismes gouvernementaux ». Inspirées des « stratégies de cybersécurité », ces stratégies multiformes de protection de la vie privée permettraient de faire en sorte que cette protection devienne un élément de différenciation commerciale, tout en conférant la flexibilité nécessaire pour tirer parti des technologies émergentes. Elles pourraient également encourager les activités de R-D et d'innovation axées sur l'intégration de la vie privée aux critères de conception des produits et services, et contribuer à orienter les travaux des autorités de contrôle et autres acteurs. La mise en œuvre de stratégies coordonnées au niveau national permettrait de stimuler la coopération entre l'ensemble des parties prenantes et de réduire l'incertitude dans les flux de données.

Si de nombreux pays ont adopté des stratégies nationales de cybersécurité, très peu en revanche ont élaboré des stratégies équivalentes en matière de protection de la vie privée, en dépit de la nécessité déjà mentionnée d'instaurer des mécanismes de coordination ou d'améliorer ceux existants. Parmi les pays ayant répondu au questionnaire de préparation des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE*, plus de la moitié (18 sur 34) ont indiqué clairement **ne pas** avoir de stratégie nationale de protection de la vie privée. Pour la plupart des pays – y compris ceux ayant adopté ce type de stratégie –, le concept est mal compris ou n'est pas très clair.

Les pouvoirs publics adaptent leur action à l'évolution du marché du commerce électronique pour protéger les consommateurs et instaurer la confiance

Les responsables de l'action publique ont déployé un certain nombre d'initiatives pour protéger et responsabiliser les consommateurs du numérique, ainsi que pour remédier à certains obstacles à la confiance décrits dans le chapitre 6. Les récentes modifications apportées à la *Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la protection du consommateur dans le commerce électronique* fournissent une base solide pour guider l'action publique dans la perspective d'un marché en ligne mondial. Plus précisément, cette recommandation clarifie les problématiques suivantes : la divulgation des informations, les pratiques commerciales trompeuses ou frauduleuses, la confirmation et le paiement des transactions, la fraude et l'usurpation d'identité, la sécurité des produits ainsi que le règlement des litiges et leur réparation. Le texte a été conçu de façon à aborder les contenus numériques, les risques pour la vie privée et la sécurité, les évaluations et les commentaires des consommateurs, les nouveaux systèmes de paiement et l'utilisation d'appareils mobiles pour effectuer les transactions. Un certain nombre de dispositions ont fait l'objet d'une mise à jour, dont celle ayant trait au rôle essentiel des autorités chargées de la protection des consommateurs, qui insiste sur la nécessité de conférer à ces autorités les moyens de s'acquitter de leur

mission dans le commerce électronique, d'échanger des informations et de coopérer sur des questions transfrontières (OCDE, 2016c).

Les responsables de l'action publique commencent à s'attaquer au défi de mettre en place des cadres de protection des consommateurs pour les plateformes en ligne

Dans beaucoup de pays de l'OCDE, la réglementation de l'activité économique des plateformes en ligne fait débat. Les régulateurs doivent, en l'occurrence, concilier des considérations contradictoires : l'adoption d'une réglementation adaptée peut apporter une protection aux consommateurs, mais une réglementation superflue ou excessive peut nuire au caractère innovant et de rupture de ces plateformes, et donc réduire les avantages qu'elles procurent au consommateur. Lorsque l'accès à une plateforme en ligne est en soi un service, la *Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la protection du consommateur dans le commerce électronique* stipule que c'est le droit de la consommation qui doit s'appliquer. En revanche, la question des responsabilités pouvant être imputées aux plateformes (et des modalités correspondantes) est moins facile à trancher (OCDE, 2016c). En juin 2016, la Commission européenne a publié un « Agenda européen pour une économie collaborative », qui s'inscrit dans le cadre de la stratégie pour le marché unique. Ce texte fournit des orientations non contraignantes sur les modalités selon lesquelles le droit de l'Union en vigueur devrait être appliqué à l'économie collaborative (y compris aux marchés entre pairs). Il clarifie également les questions clés auxquelles sont confrontés les opérateurs du marché et les autorités publiques, comme par exemple la protection du consommateur, les exigences à satisfaire pour accéder au marché, les régimes de responsabilité en cas de problème, le droit du travail et la fiscalité (Commission européenne, 2016d). En 2017, la Commission a publié les conclusions de son examen du droit communautaire relatif à la protection du consommateur, en indiquant que l'amélioration de la transparence des plateformes en ligne pouvait être une piste d'évolution (Commission européenne, 2017c).

Plusieurs pays ont récemment consacré des études ou des manifestations à la question du développement du marché des plateformes en ligne et à l'action publique qui pourrait être envisagée à cet égard. Aux États-Unis, la FTC a organisé en 2015 un atelier public sur le thème « L'économie collaborative : plateformes, participants et régulateurs », dont le but était d'examiner les questions suscitées par les plateformes en ligne au regard de la concurrence, de la protection des consommateurs et des aspects économiques. Un rapport établi à partir des discussions de l'atelier et de plus de 2 000 commentaires publics examine les approches réglementaires pouvant être adoptées pour protéger les consommateurs et la population. Selon l'un des commentaires des participants, les questions de réglementation suscitées par ces plateformes ne sont pas forcément les mêmes que celles soulevées par les fournisseurs traditionnels. De surcroît, les plateformes en ligne se caractérisent par une innovation rapide, d'où la nécessité de modifier la réglementation à mesure qu'elles se développent : il convient donc de faire preuve de souplesse dans les méthodes employées et d'éviter toute réglementation restrictive (FTC, 2016).

En 2015, au vu de l'expansion et de la prolifération rapides des services de covoiturage comme Uber, le Bureau de la concurrence du Canada a entrepris une étude approfondie du secteur des taxis, dans le but de déterminer comment la réglementation existante des services de taxi et de limousine pouvait être adaptée aux services de covoiturage. La conclusion de cette étude était que les autorités devaient à la fois s'assurer que la nouvelle réglementation sur le covoiturage n'ait pas une portée plus large que nécessaire – afin que

les objectifs des pouvoirs publics soient atteints –, et également assouplir la réglementation existante sur les taxis afin de créer des conditions d'exercice égales pour tous. De cette manière, les consommateurs peuvent bénéficier de tarifs moins élevés, de temps d'attente réduits et d'une meilleure qualité de service. Au final, la concurrence permet de faire en sorte que les consommateurs disposent d'une offre de produits et de services la plus large possible et au meilleur prix (Bureau de la concurrence du Canada, 2015).

Les initiatives d'autoréglementation comme les codes de conduite, les dispositifs de responsabilisation et les mécanismes de contrôle ont un lien avec les autres initiatives des pouvoirs publics et le droit de la consommation existant. Au Royaume-Uni, en partenariat avec l'Université d'Oxford et l'école de commerce SAID, Sharing Economy UK a récemment mis au point le premier label de confiance de l'économie collaborative, baptisé TrustSeal. Ce label définit les normes minimales qui doivent être respectées par les entreprises pour garantir un certain niveau de prestation. Les mécanismes de confiance comme les évaluations et les approbations sont parfois associés à une forme d'autoréglementation, même s'il est difficile de dire dans quelle mesure ils protègent les consommateurs.

Les mécanismes de coopération transfrontière en matière de contrôle devraient être renforcés pour protéger les consommateurs dans le cadre du commerce électronique

La question des obstacles transfrontières à la croissance du commerce électronique est abordée dans le chapitre 6. Ces obstacles nuisent à la confiance dans le commerce électronique car les consommateurs ont parfois du mal à comprendre quelles règles régissent leurs transactions et quels sont leurs droits et responsabilités en cas de problème. Afin de protéger efficacement les consommateurs dans le contexte du commerce électronique mondial, la *Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la protection du consommateur dans le commerce électronique* de 2016 (OCDE, 2016c) encourage les pays à améliorer la capacité des autorités chargées de la protection des consommateurs de coopérer et de coordonner leurs activités. Tel est l'objet, par exemple de la loi SAFE WEB, adoptée aux États-Unis en 2006 et actualisée en 2012, qui accroît les capacités de la FTC à lutter contre la fraude transfrontière, notamment en renforçant ses prérogatives en matière d'échange d'informations et d'aide aux enquêtes, ce qui lui permet de coopérer avec ses partenaires étrangers. Au niveau mondial, le site web Econsumer.gov est un projet regroupant plus de 35 pays sous les auspices du réseau International Consumer Protection and Enforcement Network ; ce site permet aux autorités chargées de la protection des consommateurs et aux services chargés de l'application de la loi de coopérer et de mettre en commun les plaintes des consommateurs des différents pays, afin de pouvoir enquêter et engager des poursuites contre les auteurs d'escroqueries à l'échelle mondiale.

Dans le contexte de sa stratégie pour un marché unique numérique, la Commission européenne examine différentes pistes possibles pour réduire les obstacles au commerce électronique transfrontière, notamment la suppression des différences fondamentales entre les cybermarchés nationaux et internationaux. En mai 2016, la Commission a proposé de réformer le mécanisme de coopération en matière de protection des consommateurs en dotant les autorités de contrôle de l'UE des pouvoirs dont elles ont besoin pour mieux coopérer dans le cadre des enquêtes transfrontières. La Commission a également proposé de réglementer le géoblocage, qui est une forme de discrimination fondée sur le lieu de résidence. Afin d'améliorer et de faciliter le règlement des litiges ayant trait au commerce en ligne transfrontière, l'Union européenne a adopté en 2013 la directive relative au règlement

extrajudiciaire des litiges de consommation et le règlement relatif au règlement en ligne des litiges de consommation, suivis en 2016 par la création de la plateforme de règlement en ligne des litiges. Disponible en 23 langues, cette plateforme aide les consommateurs à entrer en contact avec les organismes s'occupant de régler les litiges liés au commerce électronique.

Pour faciliter la coopération sur les questions liées au commerce en ligne, certains pays ont conclu des accords bilatéraux. L'Agence coréenne pour la consommation a par exemple signé des mémorandums d'entente avec le Centre national japonais des questions relatives aux consommateurs, ainsi qu'avec le Better Business Bureau et le Bureau du Comité thaïlandais de protection des consommateurs, qui définit les procédures de règlement des litiges transfrontières.

Les complexités des chaînes d'approvisionnement du commerce électronique mondial mettent en évidence la nécessité de renforcer la coopération pour repérer les produits dangereux et empêcher leur vente aux consommateurs

La *Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la protection du consommateur dans le commerce électronique* de 2016 reconnaît qu'avec la complexité accrue des chaînes d'approvisionnement du commerce électronique mondial, les questions liées à la sécurité des produits deviennent plus délicates. Le texte appelle les entreprises de vente en ligne à ne pas proposer, promouvoir ou vendre des biens ou des services présentant un danger. Il encourage également les entreprises à coopérer avec les autorités compétentes lorsqu'un bien ou un service présente un risque pour la santé ou la sécurité des consommateurs (OCDE, 2016c).

Depuis quelques années, un certain nombre d'activités de surveillance du marché et de contrôle sont menées par les autorités chargées de la sécurité des produits de consommation pour repérer les produits dangereux et en empêcher la vente en ligne. Il faut, pour que ce soit possible, que les pays disposent d'organisations spécialisées dans la surveillance du commerce électronique (comme par exemple l'organisme de contrôle de la vente en ligne de produits alimentaires, d'aliments pour animaux, de produits cosmétiques, de produits de base et de tabac en Allemagne ou le Centre de surveillance du commerce électronique en France), et que des lignes directrices et des stratégies axées spécifiquement sur la surveillance du marché soient élaborées (OCDE, 2016e). En Turquie, le programme national de surveillance du marché de 2016 inclut des activités et des procédures permettant de repérer les produits dangereux (Gouvernement turc, 2016).

Dans la mesure où les problèmes de sécurité des produits présentent une importante dimension transfrontière, une coopération s'impose entre les organisations chargées de la surveillance du marché et les autorités douanières, et entre les autorités des différents pays. Dans l'Union européenne, l'application RAPEX-Chine permet le partage d'informations sur les produits dangereux entre la Commission européenne et les autorités chinoises. Le cadre Cooperative Engagement Framework mis en place entre le Canada, les États-Unis et le Mexique fixe les conditions d'une coopération renforcée et durable en Amérique du Nord concernant la sécurité des produits de consommation. Les opérations de ratissage du web – comme celle sur la sécurité des produits menée en 2015 par l'OCDE dans 25 pays – sont également considérées comme une méthode efficace pour accroître la coopération internationale (OCDE, 2016e).

Notes

1. *https://www.viestintavirasto.fi/en/spectrum/radiospectrumuse/spectrumauction.html*.
2. Par exemple, lorsque l'on oblige les entreprises qui fournissent des contenus à en informer le régulateur, ou encore à respecter des normes minimales (concernant la protection des mineurs, les contenus illicites et la publicité).
3. Il s'agissait des directives suivantes : 2002/21/CE relative à un cadre réglementaire commun ; 2002/20/CE relative à l'autorisation de réseaux et de services de communications électroniques ; 2002/19/CE relative à l'accès aux réseaux de communications électroniques ; 2002/22/CE concernant le service universel ; 2002/58/CE concernant le traitement des données à caractère personnel.
4. Version non modifiée, donc n'incluant pas encore les plateformes sans responsabilité éditoriale.
5. Pour une liste complète des services de VoD notifiés au Royaume-Uni, voir : *http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/broadcast/on-demand/List_of_Regulated_Video_On_Demand_Services.pdf*.
6. Pour le répertoire des services de VoD réglementés en Hongrie, voir : *http://mediatanacs.hu/dokumentum/163976/lekerheto_audiovizualis_mediaszolgaltatasok.pdf*.
7. Voir : *http://interfone.com*.
8. Voir : *http://dfat.gov.au/trade/agreements/safta/pages/singapore-australia-fta.aspx#news*.
9. Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Chili, Chine, Colombie, Corée, Costa Rica, Danemark, Espagne, Estonie, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Irlande, Israël, Italie, Japon, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Mexique, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Royaume-Uni, Singapour, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.
10. À noter que cette section du questionnaire concerne uniquement les politiques de soutien à l'innovation dans le secteur des TIC. Un panorama beaucoup plus complet des politiques en matière d'innovation est fourni dans la publication OCDE (2016f).
11. Pour plus d'informations sur le programme autrichien ICT of the Future, voir : *https://www.ffg.at/en/ictofthefuture*.
12. Pour en savoir plus sur le fonds de capital-risque créé en Estonie, voir : *www.kredex.ee/en/venture-capital-4*.
13. Pour en savoir plus, voir : *www.hutzero.co.uk*.
14. Pour en savoir plus, voir : *http://www.gouvernement.lu/5380127/27-fit4start?context=3422869* (en français uniquement).
15. Pour en savoir plus, voir : *http://ufm.dk/en/research-and-innovation/cooperation-between-research-and-innovation/commercialisation-and-entrepreneurship/the-innovation-incubator-scheme/the-innovation-incubator-scheme#cookieoptin*.
16. D'autres dispositifs mis en place par Israël pour aider les start-ups innovantes sont décrits sur le site : *http://innovation-israel-en.mag.calltext.co.il/?article=4*.
17. Les pays ayant répondu aux questions sur l'utilisation des TIC et les compétences en la matière sont les suivants : Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Chili, Chine, Colombie, Corée, Costa Rica, Danemark, Espagne, Estonie, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Irlande, Israël, Italie, Japon, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Mexique, Nouvelle-Zélande, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Royaume-Uni, Singapour, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.
18. Ces estimations s'appuient sur les résultats du module *ad hoc* facultatif de l'Enquête communautaire sur l'innovation 2010 concernant les compétences disponibles dans les entreprises et les méthodes permettant de stimuler les idées nouvelles et la créativité. L'indicateur correspond au pourcentage d'entreprises de la catégorie pertinente ayant répondu par l'affirmative à la question : « De 2008 à 2010, votre entreprise avait-elle des salariés possédant les compétences suivantes, ou se procurait-elle ces compétences auprès de sources externes ? ». De 2008 à 2010, les entreprises innovantes ont été actives en lançant de nouveaux produits et en introduisant de nouveaux processus, modes d'organisation ou méthodes de commercialisation. Cela inclut les entreprises ayant mené par le passé, ou menant actuellement, des activités d'innovation concernant les produits et les processus. La question des compétences utiles à l'innovation s'applique également aux entreprises non innovantes. Les estimations sont établies à partir des entreprises ayant des activités économiques « de base » selon la NACE Rév. 2 (B, C, D, E, G46, H, J58, J61, J62, J63, K et M71).

19. Une compilation de ces dispositifs – sélectionnés sur la base des bonnes pratiques des pays membres de l'UE – a été élaborée par la Commission européenne avec l'aide des experts des pays membres. Voir : *https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/shared-concept-national-digital-skills-strategies*.

20. Pour en savoir plus sur le programme CodeCan, voir : *https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/programmes/partenariats-science-technologie/codecan.html*.

21. Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Chili, Chine, Colombie, Corée, Costa Rica, Danemark, Espagne, Estonie, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Irlande, Israël, Japon, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Royaume-Uni, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

22. L'un des domaines dans lesquels on recense le plus de mesures en faveur des jeunes entreprises est le développement du secteur des TIC, comme indiqué dans la première section de ce chapitre. Sur 38 pays ayant répondu, 26 ont adopté des mesures en faveur des start-ups et des PME, et 18 des dispositifs destinés uniquement aux start-ups.

23. D'autres études réalisées par l'OCDE montrent que 29 pays de l'OCDE sur 35 ont instauré un crédit d'impôt sur la R-D (OCDE et Commission européenne, 2017: 4).

24. Pour en savoir plus sur ces fonds, voir : *www.eif.org/what_we_do/resources/erp/index.htm?lang=-en*, *http://www.eif.org/what_we_do/equity/eaf/Germany.htm*, *www.eif.org/what_we_do/equity/news/2016/eif-bmwi-new-instrument-venture-capital-germany.htm* et *http://high-tech-gruenderfonds.de/en/#title*.

25. Pour en savoir plus sur ces fonds, voir *www.bankofengland.co.uk/publications/Pages/speeches/2016/914.aspx* et *https://services.parliament.uk/bills/2016-17/digitaleconomy.html*.

26. Il se peut cependant que ces données ne soient pas totalement représentatives, car les perturbateurs comme Uber et Tesla, Inc. ont été soumis à un grand nombre de réglementations – quoique pas toujours nouvelles – qui avaient pour but de protéger les entreprises déjà en place (OCDE, 2015a).

27. Pour en savoir plus sur cette initiative, voir : *https://www.lvm.fi/documents/20181/859937/MyData-nordic-model/2e9b4eb0-68d7-463b-9460-821493449a63?version=1.0*.

28. Voir : *https://www.lvm.fi/mobility-as-a-service*.

29. Pour plus d'informations sur cette initiative, voir : *https://www.paymentsforum.uk/sites/default/files/documents/Background%20Document%20No.%201%20-%20Introducing%20the%20Open%20Banking%20Standard%202016.pdf*.

30. Pour une vue d'ensemble, voir : *https://telemedizinportal.gematik.de*.

31. Une version en anglais du livre vert est disponible à l'adresse : *www.bmas.de/EN/Services/Publications/arbeiten-4-0-greenpaper-work-4-0.html*.

32. Une version en anglais a été diffusée en mars et est disponible à l'adresse : *www.bmas.de/EN/Services/Publications/a883-white-paper.html*.

33. Pour en savoir plus, voir : *http://plattformindustrie40.at*.

34. Australie, Autriche, Belgique, Canada, Chili, Colombie, Corée, Costa Rica, Danemark, Espagne, États-Unis, Fédération de Russie, Finlande, France, Islande, Italie, Japon, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Mexique, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République slovaque, Royaume-Uni, Singapour, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

35. Articles 14 et 15 de la directive (UE) 2016/1148 du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 2016 concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de sécurité des réseaux et des systèmes d'information dans l'Union : *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L1148&from=EN*.

36. Voir : *https://www.ssi.gouv.fr/en/cybersecurity-in-france/ciip-in-france*.

37. Voir : *http://ehoganlovells.com/cv/53b6c1e3cb33dedddd11ffd68c0022e08d10c4e4*.

38. Voir : *https://www.first.org/about*.

39. Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Chili, Colombie, Corée, Costa Rica, Danemark, Espagne, Estonie, États-Unis, Fédération de Russie, Finlande, France, Hongrie, Islande, Israël, Italie, Japon, Lituanie, Luxembourg, Mexique, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, République slovaque, Royaume-Uni, Singapour, Slovénie, Suisse et Turquie.

40. Au Canada, par exemple, les entreprises doivent respecter les lois sur la protection de la vie privée qui sont en vigueur au niveau fédéral ainsi qu'au niveau provincial/territorial.

41. Ce plan conçu par l'OAIC est destiné aux organismes publics.

42. Voir par exemple le cas de la Nouvelle-Zélande : *https://privacy.org.nz/your-rights/complaint-form*.

43. En 2015, la Corée a autorisé les particuliers à soumettre des demandes de réparation pouvant s'élever jusqu'à trois fois le montant du préjudice et jusqu'à 3 millions KRW en cas de dommages et intérêts prévus par la loi.

44. Voir : *http://194.242.234.211/documents/10160/2416443/Privacy%3A+working+with+business-vademecum.pdf*.

45. Selon les estimations, le Privacy Shield concerne chaque année des échanges transatlantiques de services numériques d'un montant supérieur à 290 milliards USD.

Références

ACM (2015), « IP interconnection in the Netherlands: A regulatory assessment », Authority for Consumers and Markets, La Haye, *www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/14769/Onderzoek-IP-interconnectie-in-Nederland* (consulté le 9 mai 2017).

Adalet McGowan, M. et D. Andrews (2015), « Skill mismatch and public policy in OECD countries », *OECD Economics Department Working Papers*, n° 1 210, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5js1pzw9lnwk-en*.

APEC (sans date), « Cross-border Privacy Rules System », page internet, Coopération économique Asie-Pacifique, *www.cbprs.org/* (consulté le 29 août 2017).

ARCEP (2017), « State of Internet in France 2017 », Autorité de régulation des communications électroniques et des postes, Paris, *https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/State-Of-Internet-in-France-2017_may2017.pdf* (consulté le 27 juillet 2017).

Bourassa, F. et al. (2016), « Évolution de l'itinérance mobile internationale », *OECD Digital Economy Papers*, n° 249, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jm0lspqmxr6-fr*.

Bureau de la concurrence (2015), « Modernisation de la réglementation régissant l'industrie canadienne du taxi », Bureau de la concurrence, 26 novembre, *www.bureaudelaconcurrence.gc.ca/eic/site/cb-bc.nsf/fra/04007.html* (consulté le 9 mai 2017).

CE (2017a), « European legislation on reuse of public sector information », Commission européenne, Bruxelles, *https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/european-legislation-reuse-public-sector-information* (consulté le 4 avril 2017).

CE (2017b), « Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil : Échange et protection de données à caractère personnel à l'ère de la mondialisation », COM(2017)7 final, Commission européenne, Bruxelles, *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR*.

CE (2017c), « Results of the Fitness Check of consumer and marketing law and of the evaluation of the Consumer Rights Directive », Commission européenne, Bruxelles, *http://ec.europa.eu/newsroom/just/item-detail.cfm?item_id=59332* (consulté le 16 juin 2017).

CE (2016a), « Proposition de Directive du Parlement européen et du Conseil modifiant la directive 2010/13/UE visant à la coordination de certaines dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la fourniture de services de médias audiovisuels, compte tenu de l'évolution des réalités du marché », COM(2016)287 (final), Commission européenne, Bruxelles, *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0287&from=FR* (consulté le 6 juillet 2017).

CE (2016b), « Règlement d'exécution (UE) …/… de la Commission du 15.12.2016 fixant des règles détaillées relatives à l'application de la politique d'utilisation raisonnable, à la méthode pour évaluer la viabilité de la suppression des frais d'itinérance supplémentaires au détail et aux informations que le fournisseur de services d'itinérance doit transmettre aux fins de cette évaluation», Commission européenne, Bruxelles, *http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=40825* (consulté le 9 mai 2017).

CE (2016c), « Roaming », page internet, *https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/roaming* (consulté le 9 mai 2017).

CE (2016d), « Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : Une approche globale visant à stimuler le commerce électronique transfrontière pour les citoyens et les entreprises d'Europe », COM(2016) 320 final, Commission européenne, Bruxelles, *www.cdep.ro/afaceri_europene/CE/2016/COM_2016_320_FR_ACTE_f.pdf*.

CE (2015), « Stratégie pour un marché unique numérique en Europe », COM(2015)192 (final), Commission européenne, Bruxelles, *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0192&fromFrN* (consulté le 9 mai 2017).

CNMC (2015), « Caracterización del uso de algunos servicios over the top en España (Comunicaciones electrónicas y servicios audiovisuales) » [Caractérisation de l'utilisation de certains services *over-the-top* en Espagne (communications électroniques et services audiovisuels)], *Documento de Trabajo*, n° 4, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, Barcelone, Espagne, *https://www.cnmc.es/node/356182*.

CRTC (2016), « Examen des pratiques de différenciation des prix se rapportant aux forfaits de données Internet », Avis de consultation de télécom, CRTC 2016-192, Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes, Ottawa, Ontario, *www.crtc.gc.ca/fra/archive/2016/2016-192.htm* (consulté le 9 mai 2017).

Danish Agency for Culture and Palaces (2015), *Media Development in Denmark 2015*, Ministère de la Culture, Copenhague, *http://english.slks.dk/publications/media-development-in-denmark-2015* (consulté le 9 mai 2017).

DeStefano, T., K. de Backer et L. Moussiegt (2017), « Determinants of digital technology use by companies », *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n° 40, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/a9b53784-en*.

FTC (2016), « The "sharing" economy: Issues facing platforms, participants & regulators », FTC Staff Report, Federal Trade Commission, Washington, DC, novembre, *www.ftc.gov/system/files/documents/reports/sharing-economy-issues-facing-platforms-participants-regulators-federal-trade-commission-staff/p151200_ftc_staff_report_on_the_sharing_economy.pdf*.

FTC (2015), « Start with security: A guide for business », Federal Trade Commission, Washington, DC, *https://www.ftc.gov/tips-advice/business-center/guidance/start-security-guide-business*.

Gaggle, P. et G. Wright (2014), « A short-run view of what computers do: Evidence from a UK tax incentive », *Discussion Paper Series*, n° 752, juillet, University of Essex, Colchester, Royaume-Uni.

Grazzi, M. et J. Jung (2016), « ICT, innovation and productivity: Evidence from Latin American firms », in : *Firms' Innovation and Productivity in Latin America and the Caribbean: The Engine of Economic Development*, Palgrave, New York.

Haller, S.A. et I. Siedschlag (2011), « Determinants of ICT adoption: Evidence from firm-level data », *Applied Economics*, vol. 43, n° 26, pp. 3 775-3 788, *http://dx.doi.org/10.1080/00036841003724411*.

Hathaway, I. (2016), « What start-up accelerators really do », *Harvard Business Review*, 1er mars, *https://hbr.org/2016/03/what-startup-accelerators-really-do* (consulté le 15 mars 2016).

Headquarters for the Promotion of an Advanced Information and Telecommunications Network Society (IT Strategic Headquarters) (2016), « Declaration to Be the World's Most Advanced IT Nation », Gouvernement du Japon, *http://japan.kantei.go.jp/policy/it/index_e.html* (consulté le 9 mai 2017).

MBIE (2015), « Business Growth Agenda », Ministry of Business, Innovation and Employment, Wellington, Nouvelle-Zélande, *www.mbie.govt.nz/info-services/business/business-growth-agenda* (consulté le 9 mai 2017).

MBIE et MCH (2015), « Exploring digital convergence: Issues for policy and legislation », Ministry of Business, Innovation and Employment et Ministry for Culture and Heritage, Wellington, Nouvelle-Zélande, *http://convergencediscussion.nz* (consulté le 9 mai 2017).

OCDE (2017), « Benefits and challenges of digitalising production », in *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en*.

OCDE (2016a), « Stimulating digital innovation for growth and inclusiveness: The role of policies for the successful diffusion of ICT », *OECD Digital Economy Papers*, n° 256, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwqvhg3l31-en*.

OCDE (2016b), « Be flexible! Background brief on how workplace flexibility can help European employees to balance work and family », OCDE, Paris, *www.oecd.org/els/family/Be-Flexible-Backgrounder-Workplace-Flexibility.pdf*.

OCDE (2016c), *Recommandation du Conseil sur la protection du consommateur dans le commerce électronique*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264255272-fr*.

OCDE (2016d), « Protecting Consumers in Peer Platform Markets: Exploring the Issues », *OECD Digital Economy Papers*, n° 253, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvz39m1zw-en*.

OCDE (2016e), « Sécurité des produits vendus en ligne : Tendances et défis », *OECD Digital Economy Papers*, n° 261, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/b6ab7104-fr*.

OCDE (2016f), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en*.

OCDE (2016g), « Managing digital security and privacy risk », *OECD Digital Economy Paperse*, n° 254, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwt49ccklt-en*.

OCDE (2015a), « Hearing on disruptive innovation », OCDE, Paris, *https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP(2015)3&docLanguage=En*.

OCDE (2015b), *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2015*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264243767-fr*.

OCDE (2015c), « Travail atypique, polarisation de l'emploi et inégalités », chapitre 4 in *Tous concernés : Pourquoi moins d'inégalité profite à tous*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264235519-7-fr*.

OCDE (2015d), « Enquiries into intellectual property's economic impact », OCDE, Paris, *www.oecd.org/sti/ieconomy/KBC2-IP.Final.pdf*.

OCDE (2014a), « International Traffic Termination », *OECD Digital Economy Papers*, n° 238, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jz2m5mnlvkc-en*.

OCDE (2014b), « Young SMEs, growth and job creation », OCDE, Paris, *www.oecd.org/sti/young-SME-growth-and-job-creation.pdf*.

OCDE (2014c), « Emploi non régulier, sécurité de l'emploi et clivage du marché du travail », chapitre 4 in *Perspectives de l'emploi de l'OCDE 2014*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/empl_outlook-2014-7-fr*.

OCDE (2013a), *Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264193307-en*.

OCDE (2013b), *Recommandation du Conseil concernant les Lignes directrices régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données à caractère personnel*, OCDE, Paris, *www.oecd.org/internet/ieconomy/privacy-guidelines.htm*.

OCDE (2012a), « ICT Skills and Employment: New Competences and Jobs for a Greener and Smarter Economy », *OECD Digital Economy Papers*, n° 198, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5k994f3prlr5-en*.

OCDE (2012b), « Machine-to-Machine Communications: Connecting Billions of Devices », *OECD Digital Economy Papers*, n° 192, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5k9gsh2gp043-en*.

OCDE et CE (2017), « OECD Review of National R&D Tax Incentives and estimates of R&D tax subsidy rates, 2016 », TAX4INNO Project 674888, OCDE, Paris, *www.oecd.org/sti/RDTaxIncentives-Design SubsidyRates.pdf*.

Ofcom (2016), « Making communications work for everyone: Initial conclusions from the Strategic Review of Digital Communications », Office of Communications, Londres, *https://www.ofcom.org.uk/phones-telecoms-and-internet/information-for-industry/policy/digital-comms-review/conclusions-strategic-review-digital-Communications* (consulté le 9 mai 2017).

OMC (1998), « Work programme on electronic commerce », WT/L/274, Organisation mondiale du commerce, Genève, *https://docsonline.wto.org/dol2fe/Pages/FormerScriptedSearch/directdoc.aspx?DDFDocuments/t/WT/L/274.DOC* (consulté le 16 mars 2017).

ORECE (2015), « Draft report on OTT services », BoR, vol. 15, n° 142, Organe des régulateurs européens des communications électroniques, Riga, *http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/public_consultations/5431-draft-berec-report-on-ott-services* (consulté le 9 mai 2017).

Parlement européen et Conseil de l'Union européenne (2015), « Règlement (UE) 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert et modifiant la directive 2002/22/CE concernant le service universel et les droits des utilisateurs au regard des réseaux et services de communications électroniques et le règlement (UE) n° 531/2012 concernant l'itinérance sur les réseaux publics de communications mobiles à l'intérieur de l'Union », Journal officiel de l'Union européenne, 26 novembre, Bruxelles, L 310/1, *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R2120&from=EN*.

Parlement européen et Conseil de l'Union européenne (2014), « Directive 2014/61/UE du Parlement européen et du Conseil du 15 mai 2014 relative à des mesures visant à réduire le coût du déploiement de réseaux de communications électroniques à haut débit (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) », Journal officiel de l'Union européenne, 23 mai, Bruxelles, L 155/1, *http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/ELI/?eliuri=eli:dir:2014:61:oj* (consulté le 9 mai 2017).

Turkish Government (2016), « National Market Surveillance Programme for 2016 », *http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/15742?locale=fr* (consulté le 9 mai 2017).

WEF (2015), « Industrial Internet of Things: Unleashing the potential of connected products and services », WEF Industry Agenda, Forum économique mondial, Genève, janvier, *http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf*.

ANNEXE 2.A1

Sélection de fusions dans le secteur des communications, d'un montant égal ou supérieur à 500 millions USD, 2014-16

Pays	Transaction
Australie	Entre 2014 et 2016, TPG Telecom et Vocus Communications ont tous les deux fait l'acquisition de plusieurs réseaux et sont devenus respectivement les deuxième et quatrième fournisseurs d'accès à l'internet par le nombre d'abonnements.
Belgique	En 2016, Telenet – la filiale belge de Liberty Global – a fusionné avec l'opérateur de réseau mobile Base.
Canada	En 2016, le câblo-opérateur Shaw Communications a acquis l'opérateur de réseau mobile Wind. En 2015, un opérateur mobile historique, Rogers, a acquis Mobilicity, nouvel entrant dans le secteur. En 2014, Bell Canada a acquis l'entité connexe Bell Aliant.
Danemark	En 2016, Syd Energi et Nyfors, qui tous deux fournissent des infrastructures de réseaux fibre, ont fusionné.
France	En 2014, le câblo-opérateur Numericable a acheté l'opérateur de réseau mobile SFR.
Allemagne	En 2014, les deux opérateurs de réseaux mobiles Telefónica et E-Plus ont fusionné. Plusieurs fusions de câblo-opérateurs ont eu lieu : Tele Columbus et Primacom en 2015 ; United Internet et Versatel en 2014 ; Vodafone et Kabel Deutschland en 2014.
Grèce	En 2014, Vodafone Grèce a acquis HOL, un autre grand opérateur de réseau fixe.
Irlande	Les deux opérateurs de réseaux mobiles H3GI et Telefónica (O2) ont fusionné en 2014.
Italie	Les deux opérateurs de réseaux mobiles 3 Italia et Wind Telecomunicazioni (VimpelCom) ont fusionné en 2016.
Pays-Bas	En 2014, deux câblo-opérateurs ont fusionné : UPC (Liberty Global) et Ziggo. En 2016, Vodafone et Ziggo ont fusionné.
Portugal	En 2014, ZON TV Cabo Portugal a été racheté par NOS Comunicações. La même année, MEO-Serviços de Comunicações e Multimédia a été acquis par PT Comunicações. *PT Comunicações* a ensuite été rebaptisé MEO-Serviços de Comunicações e Multimédia. Cabovisão et ONITELECOM ont été achetés par Grupo Apaxin en 2015. En juin 2015, Altice a achevé l'acquisition de 100 % du capital de PT Portugal, SGPS, propriétaire de MEO-Serviços de Comunicações e Multimédia. La Commission européenne a alors demandé à Altice de se retirer du capital d'ONI et de Cabovisão. En janvier 2016, Altice a annoncé la vente d'ONI et de Cabovisão au fonds d'investissement Apax France.
Espagne	En 2014, l'opérateur de réseau mobile Vodafone a fusionné avec le câblo-opérateur ONO. En 2015, c'était le tour de l'opérateur de réseau mobile Orange et de l'opérateur de réseau fixe Jazztel. En 2015 également, Telefónica a racheté DTS, le principal opérateur de télévision payante par satellite en Espagne.
Royaume-Uni	L'opérateur de réseau fixe BT a acheté l'opérateur de réseau mobile Everything Everywhere (EE).
États-Unis	En 2016, les trois câblo-opérateurs Charter, Time Warner Cable et Bright House ont fusionné ensemble. La même année, le câblo-opérateur américain Altice fusionnait avec son homologue Cablevision, présent dans le monde entier. En 2016, Verizon Communications, Inc. a acquis les licences et les actifs de XO Communications, un fournisseur concurrent de services de communication vocale et de haut débit présent dans l'ensemble des États-Unis. La société privée de capital-risque Radiate Holdings a par ailleurs racheté deux opérateurs de réseaux câblés/haut débit dont la stratégie est d'étendre les réseaux câblés existants dans plusieurs États. En 2015, Altice a fusionné avec le câblo-opérateur Suddenlink. La même année, la Federal Communications Commission (FCC) a approuvé la vente des actifs fixes de Verizon en Californie, en Floride et au Texas à l'opérateur Frontier. En 2015, la FCC a également approuvé le rachat par AT&T de DirectTV, un opérateur de télévision par satellite. En 2014, deux opérateurs de réseaux fixes, Level 3 et tw telecom, ont fusionné. La même année, Frontier a acquis la filiale d'AT&T spécialisée dans les communications fixes, qui est située dans le Connecticut.

ANNEXE 2.A2

Autorités de réglementation communes

Pays	Autorités nationales de réglementation communes	Télécommunications	Réglementation des services audiovisuels	Attribution des fréquences de l'audiovisuel	Réglementation des contenus audiovisuels
Australie	Oui	Australian Communications and Media Authority (ACMA)	ACMA	ACMA	ACMA
Autriche	Non	Telekom-Kontrol-Kommission (TKK), financée par la RTR-GmbH	KommAustria (financée par la RTR-GmbH)	KommAustria (financée par la RTR-GmbH)	KommAustria (financée par la RTR-GmbH)
Belgique	Non	Institut belge des services postaux et des télécommunications (BIPT)	Vlaams Commissariaat voor de Media (VCM) ; Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA) ; Gouvernement de la Communauté germanophone de Belgique	BIPT ; VCM ; CSA ; Gouvernement de la Communauté germanophone de Belgique	VCM ; CSA ; Gouvernement de la Communauté germanophone de Belgique
Canada	Oui	Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC)	CRTC	Innovation, Sciences et Développement économique Canada	CRTC
Chili	Non	Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel)	Subtel	Subtel	Consejo Nacional de Televisión (CNTV)
Colombie	Non	Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)	Autoridad Nacional de Televisión (ANTV)	ANTV ; Agencia Nacional del Espectro (ANE)	ANTV
République tchèque	Non	Bureau des télécommunications tchèque (CTU)	CTU	CTU ; Conseil de la radio/ télédiffusion	Conseil de la radiodiffusion
Danemark	Non	Autorité danoise chargée des entreprises (DBA)	Agence danoise de l'énergie (DEA)	DEA	Ministère de la Culture et Commission de la radiodiffusion
Estonie	Oui	Autorité estonienne chargée des réglementations techniques (ETRA)	ETRA	ETRA	ETRA ; Conseil estonien de la radiodiffusion (RHN)
Finlande	Oui	Autorité finlandaise de réglementation des communications (FICORA)	FICORA ; Ministère des Transports et des Communications	FICORA	FICORA ; Ministère des Transports et des Communications
France	Non	Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP)	ARCEP	Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA)	CSA et Direction générale des médias et des industries culturelles (DGMIC)
Allemagne	Non	*Bundesnetzagentur* (BNetzA)	BNetzA ; Association des autorités de réglementation de la radiodiffusion (ALM) ; Commission sur la concentration des médias (KEK)	BNetzA	ALM

Pays	Autorités nationales de réglementation communes	Télécommunications	Réglementation des services audiovisuels	Attribution des fréquences de l'audiovisuel	Réglementation des contenus audiovisuels
Grèce	Non	Commission hellénique des postes et télécommunications (EETT)	Ministère de la presse et des moyens de communication de masse, et Conseil national grec pour la radiodiffusion (NCRTV)	EETT	NCRTV
Hongrie	Oui	Autorité nationale chargée des médias et des infocommunications (NMHH)	NMHH	NMHH	NMHH
Islande	Non	Administration des postes et télécommunications (PTA)	PTA ; Commission des médias (Fjölmiðlanefnd)	PTA	Commission des médias (Fjölmiðlanefnd)
Irlande	Non	Commission de la réglementation des communications (ComReg)	ComReg ; Broadcasting Authority of Ireland (BAI)	ComReg	BAI
Israël	Non	Ministère des Communications (MOC)	MOC	MOC	MOC et Second Authority for Television and Radio
Italie	Oui	Autorità per le garanzie nelle comunicazioni (AGCOM)	AGCOM	Ministère du Développement économique (MISE)	AGCOM
Japon	Non	Ministère de l'Intérieur et des Communications (MIC)	MIC	MIC	MIC
Corée	Oui	Ministère des Sciences et des TIC (MSIT) ; Commission coréenne chargée des communications (KCC)	KCC	MSIT, KCC	KCC
Lettonie	Non	Commission chargée des services publics (PUC)	Conseil national des moyens de communication électroniques de masse (NEPLP)	Bureau des communications électroniques (ESD)	NEPLP
Luxembourg	Non	Institut luxembourgeois de régulation (ILR)	Autorité luxembourgeoise indépendante de l'audiovisuel (ALIA)	ILR	ALIA
Mexique	Oui	Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)	IFT	IFT	IFT
Pays-Bas	Non	Autoriteit Consument & Markt (ACM)	Autorité néerlandaise des médias (CvdM)	ACM	CvdM
Nouvelle-Zélande	Non	Commerce Commission of New Zealand (ComCom)	Ministère du Développement économique	Ministère du Développement économique	NZ On Air ; Broadcasting Standards Authority (BSA)
Norvège	Non	Autorité norvégienne de réglementation des communications (Nkom)	Ministère de la Culture et du Culte ; Autorité norvégienne de réglementation des médias ; Nkom	Nkom	Autorité norvégienne de réglementation des médias
Pologne	Non	Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej (UKE)	Conseil national de radiodiffusion (KRRiT)	UKE ; KRRiT	KRRiT
Portugal	Non	Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM)	Entidade Reguladora para a Comunicação Social (ERC)	ANACOM	ERC ; Instituto da Comunicação Social (ICS)
République slovaque	Non	Autorité slovaque de régulation des télécommunications (TUSR)	Conseil de radiodiffusion et de retransmission (RVR)	TUSR ; RVR	RVR
Slovénie	Oui	Agence slovène des réseaux et des services de communications (AKOS)	AKOS	AKOS	AKOS
Espagne	Oui	Comisión Nacional de Mercados y de la Competencia (CNMC)	CNMC	Ministère de l'Industrie, de l'Énergie et du Tourisme (MINETUR)	CNMC et autorités régionales de l'audiovisuel
Suède	Non	Autorité suédoise des postes et télécommunications (PTS)	Autorité suédoise de la radiodiffusion	PTS	Autorité suédoise de la radiodiffusion

Pays	Autorités nationales de réglementation communes	Télécommunications	Réglementation des services audiovisuels	Attribution des fréquences de l'audiovisuel	Réglementation des contenus audiovisuels
Suisse	Oui	Commission fédérale de la communication (ComCom) ; Office fédéral de la communication (OFCOM)	Conseil fédéral ; Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) ; OFCOM	OFCOM	DETEC ; OFCOM ; Autorité indépendante d'examen des plaintes en matière de radio-télévision (AIEP)
Turquie	Non	Autorité des technologies de l'information et des communications (ICTA)	Conseil suprême de la radio et la télévision (RTUK)	Autorité chargée des télécommunications ; RTUK	RTUK
Royaume-Uni	Oui	Office of Communications (Ofcom)	Ofcom ; Ministère de la Culture, des Médias et des Sports	Ofcom	Ofcom
États-Unis	Oui	Federal Communications Commission (FCC)	FCC ; administrations locales des franchises de télévision par câble	FCC	FCC ; Federal Trade Commission (FTC) ; Ministère de la Justice

ANNEXE 2.A3

Forfaits d'itinérance aux tarifs nationaux en 2016

Pays d'origine	Pays dans lesquels a lieu l'itinérance	Opérateurs	Note
Autriche	Pays de l'EEE, Suisse	A1	Pour la Suisse, jusqu'à 300 Mo/mois
Belgique	Pays de l'UE et Norvège	Proximus	Jusqu'à 240 Mo/mois
	Pays de l'UE, République populaire de Chine, Égypte, Suisse, Turquie, États-Unis	Orange	Jusqu'à 1 Go/an
	Pays de l'EEE	BASE	Jusqu'à 600 Mo/mois
Canada	États-Unis	WIND Mobile	Jusqu'à 1 Go/mois
	États-Unis	Videotron	Jusqu'à 5 Go/mois et jusqu'à 90 jours/an
Colombie	Canada et États-Unis	Uff!Mobile	Jusqu'à 2 Go/mois
République tchèque	Pays de l'UE	T-Mobile	Jusqu'à 300 Mo/mois
	Pays de l'UE, Norvège, Suisse	O2	Jusqu'à 300 Mo/mois
	Pays de l'EEE, Suisse	Vodafone	Jusqu'à 100 Mo/jour
Danemark	Pays de l'EEE, Suisse	TDC	Jusqu'à 30 jours/an, 2 Go/mois
	Pays de l'EEE, Suisse	Telenor	Jusqu'à 30 jours/an, 10 Go/mois
	Pays de l'EEE, Suisse	Telia	Jusqu'à 30 jours/an, 10 Go/mois
	Pays de l'EEE ; Hong Kong, Chine ; Suisse ; Singapour ; États-Unis	Hi 3G	Jusqu'à 30 jours/an, 10 Go/mois (sauf la Suède)
Estonie	Pays de l'EEE, Suisse	Telia	Jusqu'à 300 Mo/mois
Finlande	Pays de l'UE	Sonera	Jusqu'à 600 Mo/mois (sauf Danemark, Estonie, Lettonie, Lituanie, Norvège et Suède)
	Pays de l'UE	Elisa	Jusqu'à 500 Mo/mois
France	Pays de l'EEE, Suisse, Canada, États-Unis	Orange	
	Pays de l'EEE, États-Unis	SFR	
	Pays de l'EEE, Australie, Canada, Israël, États-Unis	Iliad Free	Jusqu'à 35 jours/an
	Pays de l'EEE et Suisse	Bouygues	Jusqu'à 35 jours/an
Allemagne	Pays de l'EEE, Australie, Canada, Nouvelle-Zélande, Suisse, États-Unis	T-Mobile	
	Pays de l'EEE	O2	Jusqu'à 1 Go/mois
	Pays de l'UE	Vodafone	
Grèce	Pays de l'EEE	Cosmote	
	Pays de l'UE	Vodafone	
	Pays de l'UE	Wind	Jusqu'à 500 Mo/mois
Hongrie	Pays de l'UE	Telenor	
	Pays de l'UE	Vodafone	
Irlande	32 destinations européennes	Vodafone	
	Pays de l'EEE	Meteor	
Israël	23 pays	Golan Telecom	49 NIS (13 USD) de frais de traitement à payer une seule fois
Italie	Pays de l'EEE, Suisse, États-Unis	TIM	Jusqu'à 28 jours/an
	Pays de l'EEE, Albanie, Suisse, Turquie, États-Unis	Vodafone	Jusqu'à 100 Mo/jour
Japon	États-Unis	Softbank	Avec un iPhone 6 ou plus récent/iPad Air2 ou plus récent

Pays d'origine	Pays dans lesquels a lieu l'itinérance	Opérateurs	Note
Lettonie	Estonie, Lituanie	Tele2	
	Pays de l'EEE	Bite	
Lituanie	Danemark, Estonie, Finlande, Lettonie, Norvège, Suède	Omnitel	
	Pays de l'EEE	Bite	
Luxembourg	Pays de l'UE	Join	
	Pays de l'EEE, Suisse	POST	Jusqu'à 1 Go/mois
	Pays de l'EEE, Suisse	Tango	Jusqu'à 20 Go/an
	Pays de l'EEE	Orange	Jusqu'à 2 Go/mois
Mexique	Canada et États-Unis	AT&T Mexique	Limité à l'utilisation de Facebook/Messenger, Twitter et WhatsApp
	Amérique du Nord, Amérique centrale et pays de l'Alliance Pacifique	TelCel	Voix, SMS, données, WhatsApp
Pays-Bas	Pays de l'UE	KPN	Jusqu'à 60 jours/an
	Pays de l'EEE, Australie, Japon, Nouvelle-Zélande, Suisse, Turquie	Vodafone	
	Pays de l'EEE, Suisse	T-Mobile	
Norvège	Pays de l'EEE	Telenor	
	Pays de l'EEE	Telia	45 jours/90 jours
Pologne	Pays de l'UE	Orange	Jusqu'à 100 Mo/mois
	Pays de l'UE	Play	Jusqu'à 500 Mo/mois
	Pays de l'EEE	Plus	
	Albanie, Autriche, République tchèque, Croatie, Allemagne, Grèce, Hongrie, Ex-république yougoslave de Macédoine, Monténégro, Pays-Bas, Roumanie, République slovaque	T-Mobile	Jusqu'à 1 Go/mois
Portugal	Pays de l'EEE, États-Unis	MEO	Jusqu'à 200 Mo, 15 jours/an
	Pays de l'UE	Vodafone	
	Pays de l'UE	NOS	Jusqu'à 100 Mo/mois, 15 jours/an
République slovaque	Pays de l'UE	Telekom	Jusqu'à 500 Mo/mois
	Pays de l'UE	O2	
Slovénie	Pays de l'EEE, ex-République yougoslave de Macédoine, Serbie		
Espagne	Pays de l'UE, États-Unis	Vodafone	
	Pays de l'EEE	Orange	Jusqu'à 100 Mo/mois
Suède	Pays baltes et scandinaves	Telia	
	Pays de l'EEE	Telenor	Jusqu'à 1 Mbit/s en dehors de la Scandinavie
	Danemark	Hi 3G	
Suisse	Union européenne et Europe occidentale/reste du monde (à quelques exceptions près)	Swisscom	Jusqu'à 24 Go/an dans les pays de l'UE/d'Europe occidentale. Jusqu'à 1 Go/an dans le reste du monde
	Pays de l'EEE, Canada, États-Unis	Sunrise	Jusqu'à 2 Go/mois
	Pays de l'UE/reste du monde (plus de 170 pays)	Salt	Jusqu'à 1 Go/mois dans les pays de l'UE, et 1 Go/mois dans le reste du monde
Royaume-Uni	Pays de l'EEE	EE	Jusqu'à 500 Mo/mois
	Pays de l'EEE	O2	
	Pays de l'EEE, Albanie, Bosnie, Suisse, Turquie	Vodafone	Jusqu'à 4 Go/mois
	Pays de l'EEE ; Australie ; Hong Kong, Chine ; Indonésie ; Israël ; Macao, Chine ; Nouvelle-Zélande ; Sri Lanka ; Suisse ; États-Unis	3G-UK	
États-Unis	Mexique	AT&T	
	Argentine, Bolivie, Brésil, Canada, Chili, Colombie, Costa Rica, Équateur, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexique, Nicaragua, Panama, Paraguay, Pérou, République dominicaine, Uruguay, Venezuela	Sprint	Jusqu'à 1 Go
	Plus de 140 pays	T-Mobile (US)	Pour le Canada et le Mexique, utilisation de données illimitée sans limitation de débit. Pour le reste du monde, débit limité à 128 kbit/s.

Note : Depuis le 15 juin 2017, les opérateurs des pays membres de l'EEE figurant dans ce tableau (autres que la Finlande et la Lituanie) sont soumis au règlement (UE) n° 531/2012, modifié par le règlement (UE) 2015/2120, et n'appliquent plus de majoration des tarifs pour les services d'itinérance dans les pays membres de l'EEE. EEE = Espace économique européen ; Go = gigaoctets ; Mo = mégaoctets ; kbit/s = kilobits par seconde.

PARTIE II

Tendances

Chapitre 3

Accès et connectivité

Les technologies de l'information et des communications (TIC) sont la pierre angulaire de la société et de l'économie numériques. Ce chapitre examine les tendances récentes et les caractéristiques structurelles du secteur des TIC, des marchés des télécommunications, ainsi que des infrastructures et des services haut débit. Il aborde en premier lieu les dernières évolutions concernant la valeur ajoutée et l'emploi dans ce secteur ; la croissance des services et des activités de fabrication de produits TIC ; le commerce de biens et services TIC ; et le rôle des TIC dans l'innovation. Dans un second temps, il examine les recettes et les investissements sur les marchés des télécommunications ; les abonnements au haut débit fixe et mobile ; et les principales composantes du développement de l'internet des objets. Les problématiques d'action publique et de réglementation liées à l'accès et à la connectivité sont traitées dans le chapitre 2.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Introduction

Les technologies de l'information et des communications (TIC) sont la pierre angulaire de la société et de l'économie numériques. Ce chapitre analyse les tendances et évolutions récentes dans des secteurs clés, comme ceux des produits TIC et des services de télécommunications, qui sont au cœur des questions d'accès et de connectivité dans les environnements numériques. Il se concentre notamment sur le secteur des TIC, les marchés des télécommunications, les réseaux haut débit et l'internet des objets (IdO).

Moteur d'innovation incontournable, le secteur des TIC arrive en tête des dépenses intérieures brutes de recherche et développement du secteur des entreprises (DIRDE), enregistrant 23 % des DIRDE totales dans les pays de l'OCDE. Environ 37 % des demandes de brevet déposées concernent les TIC. En 2015, le secteur des TIC représentait 4.5 % de la valeur ajoutée totale dans les pays de l'OCDE, principalement concentrée dans les services (80 %). Fin 2016, plus de 70 % des investissements en capital-risque aux États-Unis étaient affectés au secteur des TIC.

L'emploi dans ce secteur a particulièrement bien résisté à la crise économique de 2007 ; il est même reparti à la hausse depuis 2013. Ce dynamisme est principalement le fait d'une création d'emplois continue dans le développement de logiciels et les services informatiques. Ces tendances devraient se maintenir dans les années à venir, dans la mesure où la part des investissements en capital-risque dans les TIC a retrouvé le niveau record qu'elle avait atteint en 2000.

Les réseaux de communication sont essentiels au développement des économies numériques. Ils sous-tendent une utilisation généralisée des TIC pour le développement économique et social, et concourent à la réalisation de différents objectifs d'action publique. Ces dernières années, les services et infrastructures de télécommunications ont connu un essor particulièrement rapide, à la faveur d'une demande croissante, d'innovations sans précédent et d'une concurrence accrue. Les pays de l'OCDE accueillent volontiers ces nouvelles évolutions, y voyant un moyen efficace de renforcer et soutenir leurs économies, et d'améliorer leur protection sociale.

En termes d'infrastructure, les opérateurs de télécommunications ont renforcé le déploiement de la fibre optique sur leurs réseaux afin de soutenir les nouvelles technologies du « dernier kilomètre », développées dans le but d'offrir des débits toujours plus élevés sur les réseaux cuivre, sans fil ou à câble coaxial. Certains opérateurs sont même parvenus à déployer la fibre jusqu'au domicile de leurs clients finaux. Même si les appareils que nous utilisons au quotidien tirent de plus en plus parti de fonctionnalités sans fil, que ce soit via les réseaux de téléphonie mobile ou par wi-fi, ces utilisations sont conditionnées par la disponibilité de réseaux fixes disposant d'une capacité suffisante pour répondre à la demande croissante de données générées dans l'économie numérique.

Pendant de nombreuses années, les infrastructures de base étaient presque uniquement constituées de réseaux de fibre optique. Les lignes utilisées pour connecter ces réseaux dorsaux offrent les bases de raccordement nécessaires pour relier directement émetteurs

sans fil et utilisateurs finaux. Dans le cas de l'accès par réseau fixe, ces infrastructures sont nécessaires pour soutenir les capacités croissantes proposées aux utilisateurs. Les premières offres commerciales à 10 gigabits par seconde (Gbit/s) ont commencé à voir le jour, et bien qu'elles soient encore rares, elles laissent entrevoir les évolutions à venir. Jusqu'à récemment, les offres de débits entre 100 mégabits par seconde (Mbit/s) et 1 Gbit/s faisaient figure d'exceptions, alors qu'elles deviennent aujourd'hui de plus en plus courantes dans les pays de l'OCDE.

Pour répondre à la demande, les services gigabit sur ligne fixe nécessiteront des investissements importants dans les réseaux de collecte. Cela est également valable pour les réseaux mobiles. Beaucoup estiment que les services 5G commerciaux feront leur apparition aux alentours de 2020, dans la mesure où de plus en plus d'essais sont déjà en cours. À l'instar des générations précédentes de technologies mobiles, la 5G requerra elle aussi des réseaux de collecte d'une capacité accrue. Les cellules 5G devraient par ailleurs être d'une taille inférieure aux cellules des autres générations, nécessitant une implantation démultipliée. En parallèle aux antennes traditionnelles qui seront équipées d'un nombre beaucoup plus important d'émetteurs afin de tirer le meilleur parti des bandes de fréquences disponibles, apparaîtront d'autres émetteurs directement intégrés dans les infrastructures urbaines (réverbères, panneaux de signalisation, toits d'édifices, etc.).

Le développement de réseaux gigabit fixes et de réseaux mobiles 5G devra faire l'objet d'une attention toute particulière, d'une part dans la mesure où davantage d'infrastructures devront être déployées et d'autre part parce que l'utilisation d'appareils IdO et les communications de machine à machine (M2M) sont en plein essor, notamment pour les véhicules autonomes – deux tendances qui devraient induire une augmentation importante des données générées. Certaines avancées actuelles permettent déjà de répondre à une partie des exigences techniques qui sous-tendent ces services, comme la technologie d'évolution à long terme pour les machines (LTE-M[1]) dont les premiers réseaux compatibles sont actuellement en cours de déploiement.

Plusieurs constats se dégagent de la situation du secteur des TIC. Ainsi, depuis la crise économique mondiale, la valeur ajoutée du secteur dans son ensemble a diminué dans la zone OCDE, faisant écho à la valeur ajoutée totale. Or dans le secteur des TIC, la valeur ajoutée des services de télécommunications et de la fabrication de matériel informatique et électronique a baissé, alors qu'elle a augmenté dans les services informatiques et qu'elle est restée stable dans l'édition de logiciels. Ces tendances très disparates, que l'on retrouve dans l'emploi du secteur des TIC de la zone OCDE, devraient se maintenir dans les années à venir, dans la mesure où la part des investissements en capital-risque dans les TIC – indicateur clé de prévisions des milieux d'affaires – a retrouvé le niveau record qu'elle avait atteint en 2000. Le secteur des TIC reste un moteur d'innovation essentiel, arrivant en tête des DIRDE des pays de l'OCDE et produisant plus d'un tiers des demandes de brevet dans le monde.

Sur le plan des infrastructures, des services et de l'IdO, il apparaît que la demande et l'innovation génèrent des évolutions positives dans les services et infrastructures de télécommunications. Alors que le nombre d'abonnements au haut débit fixe augmente de manière continue, on assiste à une baisse du tarif moyen de l'accès au haut débit fixe et mobile, et à de nouveaux records dans le nombre d'abonnements au haut débit mobile, accompagnés d'une augmentation exponentielle de l'utilisation des données dans certains pays, même si le recours au wi-fi permet le délestage d'une partie du trafic. L'IdO évolue encore grâce à une augmentation des abonnements M2M et à différentes solutions sans fil conçues pour améliorer la connectivité.

Tendances du secteur des TIC

La croissance du secteur des TIC repose de plus en plus sur les services et la production de logiciels, sachant que les services représentent plus de 80 % de la valeur ajoutée totale des TIC. Le ralentissement de la croissance de ce secteur semble trouver son origine dans les performances atones de l'industrie des semi-conducteurs – une activité jadis prépondérante. Malgré une baisse générale en termes de valeur, la part des biens et services TIC dans le total des échanges continue d'augmenter. La production et l'exportation de biens et services TIC sont de plus en plus concentrées dans un petit nombre de pays de l'OCDE. Six d'entre eux cumulent ainsi environ 80 % des exportations mondiales de biens TIC. Ce secteur reste un vecteur d'innovation indéniable puisqu'il génère plus de 30 % des demandes de brevet liées aux TIC dans les pays de l'OCDE.

Le secteur des TIC n'a pas encore totalement retrouvé son niveau d'avant la crise, mais les services informatiques et liés aux données offrent des perspectives encourageantes

Évolutions récentes en termes de valeur ajoutée et d'emploi

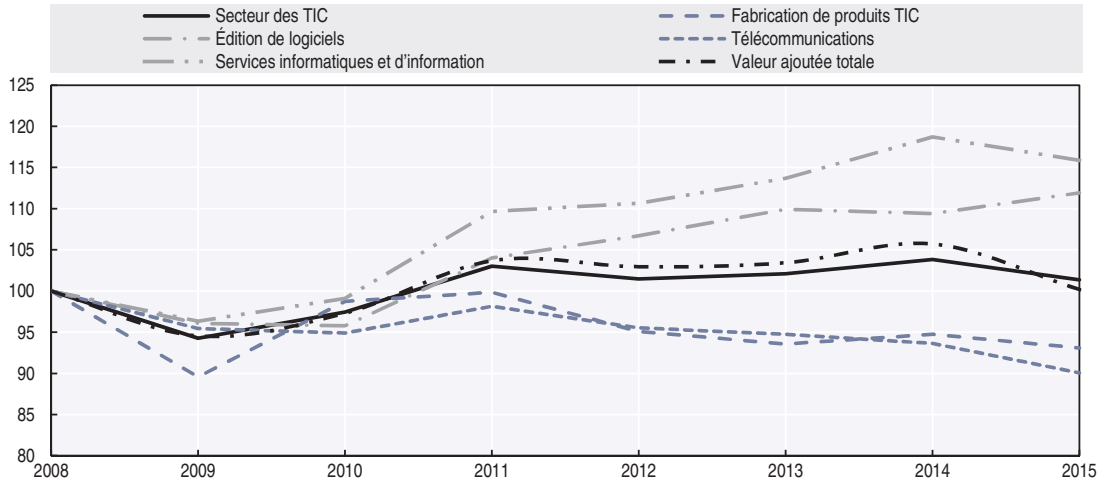
Depuis la crise économique mondiale, la valeur ajoutée du secteur des TIC dans la zone OCDE est restée à un niveau stable, à l'image de la valeur ajoutée totale (graphique 3.1). Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte et les évolutions qui marquent les différentes activités de cette catégorie ne sont pas étrangères à la situation. Entre 2008 et 2015, la valeur ajoutée des services de télécommunications (-10 %) et de la fabrication de matériel informatique et électronique (-7 %) a baissé du fait de la conjonction de plusieurs facteurs, dont une utilisation accrue de la production des économies partenaires de l'OCDE et une valeur ajoutée comptabilisée dans différents domaines d'activités. Bien que la demande d'appareils et de services soit en augmentation, elle est dans une certaine mesure compensée par la baisse des prix engendrée par la concurrence locale et mondiale. Par ailleurs, si on la comptabilise pour les services de télécommunications, la valeur ajoutée est confrontée à une concurrence accrue en raison d'une utilisation renforcée de services à base de logiciels. À l'inverse, la valeur ajoutée a augmenté de 16 % dans les services informatiques et de 12 % dans les logiciels.

En 2015, le secteur des TIC représentait 5.4 % de la valeur ajoutée totale pour certains pays de l'OCDE (graphique 3.2). Cette part présente d'importantes variations selon les pays, de 10 % de la valeur ajoutée totale en Corée à moins de 3 % au Mexique et en Turquie. La Suède arrive en deuxième position (plus de 7 %), suivie de la Finlande (près de 7 %).

Dans la majorité des pays de l'OCDE, la valeur ajoutée a tendance à se concentrer dans les services TIC, lesquels représentent les trois quarts de la valeur ajoutée totale du secteur (4 % de la valeur ajoutée totale). Ce phénomène reflète bien la tendance générale de spécialisation dans les services au détriment des activités de fabrication. Parmi les services TIC, l'informatique et autres activités de services d'information occupent une place importante dans la plupart des pays de l'OCDE. Font toutefois exception la Grèce, le Luxembourg et le Mexique, où la valeur ajoutée reste concentrée dans les industries des télécommunications.

Graphique 3.1. **Croissance de la valeur ajoutée du secteur des TIC et de ses différentes industries dans la zone OCDE**

Prix courants en USD (2008 = 100)



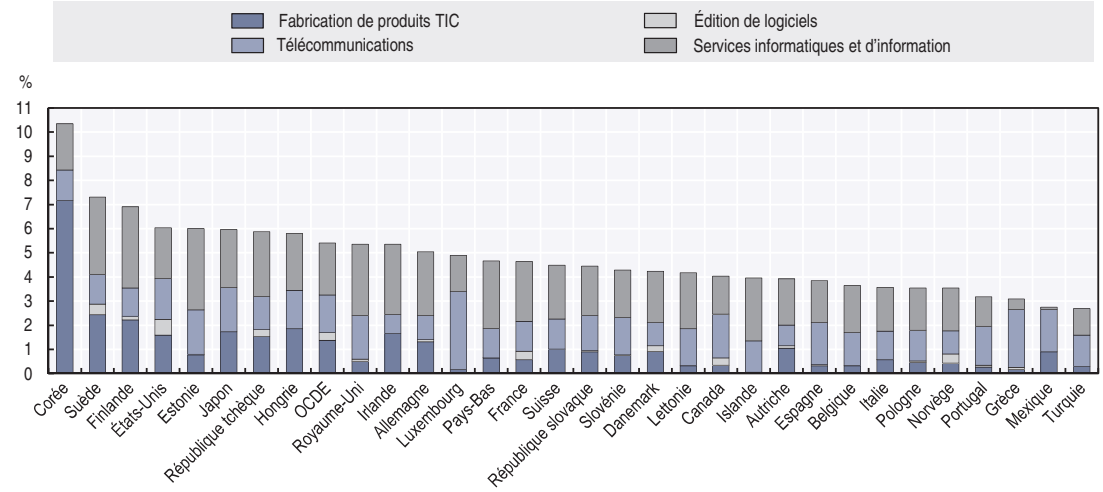
Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4. : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques (« Fabrication de produits TIC » dans la légende) ; 582 Édition de logiciels ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. La valeur agrégée de l'OCDE correspond à la somme de la valeur ajoutée en dollars (USD) courants de tous les pays pour lesquels des données étaient disponibles. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données STAN pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658208*

Graphique 3.2. **Valeur ajoutée du secteur des TIC et de ses différentes industries, 2015**

En pourcentage de la valeur ajoutée totale à prix courants



Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4. : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques (« Fabrication de produits TIC » dans la légende) ; 582 Édition de logiciels ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. Les données concernant l'Allemagne, l'Espagne, la Lettonie, la Pologne, le Portugal et la Suisse datent de 2014. Pour le Canada et la Corée, elles se rapportent à l'année 2013. Aucune donnée n'étant disponible sur l'édition de logiciels pour la Corée, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, le Japon, le Luxembourg et la Turquie, leur part pourrait être sous-estimée. Les données 2015 relatives à l'édition de logiciels sont des estimations basées sur les valeurs de 2014. En Suisse, les données correspondant à la catégorie 26 (Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques) ont été ajustées pour corriger l'effet de l'activité de fabrication d'horlogerie. La part du secteur des TIC n'est donc pas tout à fait comparable avec celle des autres pays, puisqu'elle a été calculée conformément à la définition du secteur des TIC utilisée par l'OCDE. Les données concernant le Japon et les États-Unis ont en partie été estimées sur la base des données officielles réparties par activité. La valeur agrégée de l'OCDE correspond à la somme de la valeur ajoutée en dollars (USD) courants de tous les pays pour lesquels des données étaient disponibles. TIC = technologies de l'information et des communications.

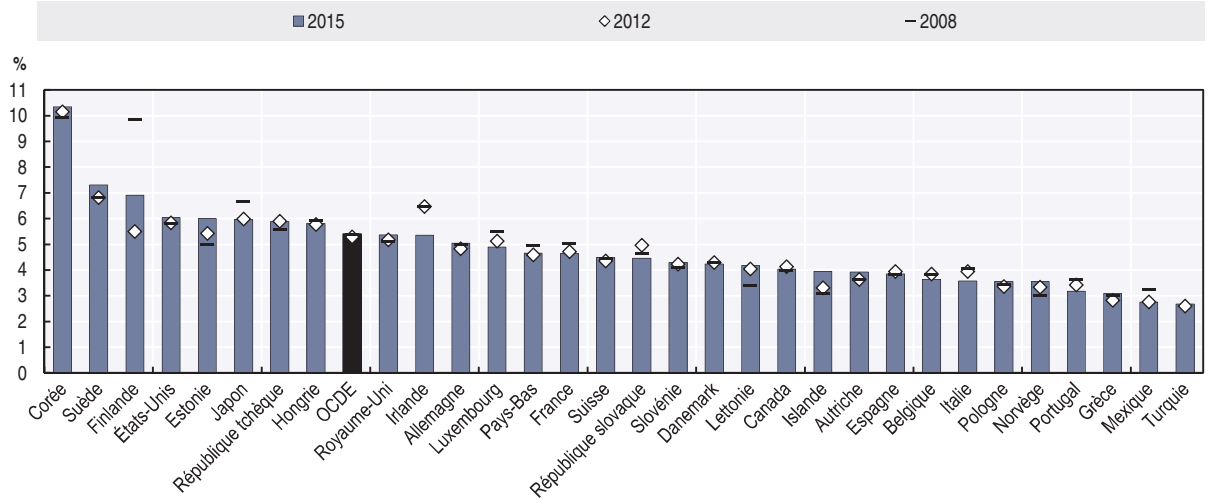
Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658227*

Le graphique 3.3 illustre l'évolution de la part des biens et services TIC en valeur ajoutée totale par pays pendant les années d'après-crise. Les résultats sont relativement contrastés. Dans certains pays, et plus particulièrement la Finlande, l'Irlande, le Japon et le Luxembourg, cette part a baissé entre 2008 et 2015. À l'inverse, elle a augmenté dans d'autres pays, comme l'Estonie, l'Islande, la Lettonie, la Norvège et la Suède.

Graphique 3.3. **Évolution de la part de la valeur ajoutée des TIC**

En pourcentage de la valeur ajoutée totale à prix courants



Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4. : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques ; 582 Édition de logiciels ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. Les données concernant l'Allemagne, l'Espagne, la Lettonie, la Pologne, le Portugal et la Suisse datent de 2014. Pour le Canada et la Corée, elles se rapportent à l'année 2013. La valeur agrégée de l'OCDE correspond à la somme de la valeur ajoutée en dollars (USD) courants de tous les pays pour lesquels des données étaient disponibles.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658246*

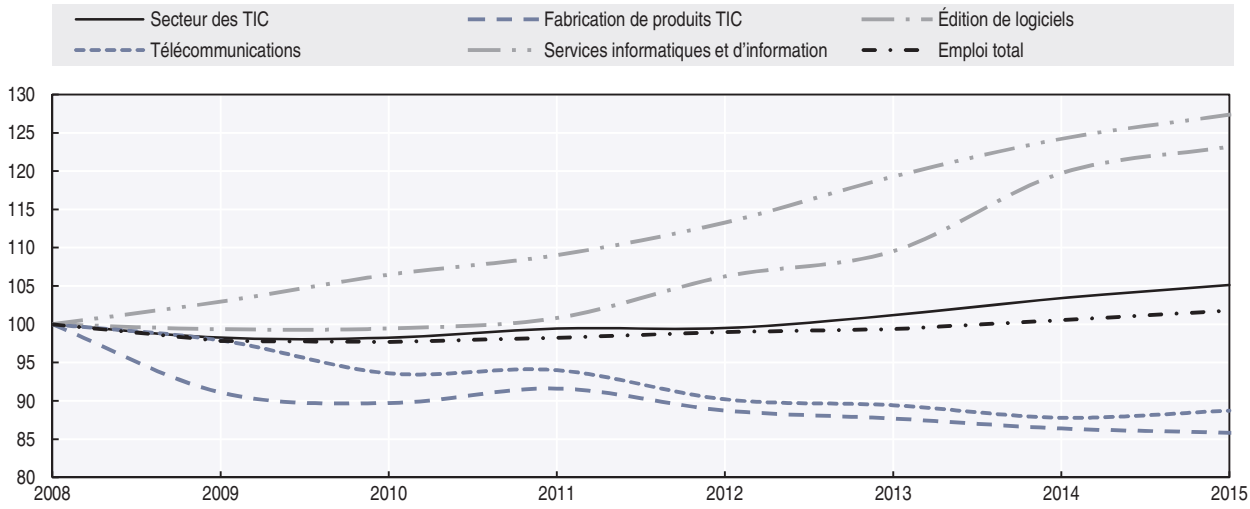
De 2008 à 2015, l'emploi dans le secteur des TIC a affiché une certaine résistance et a même progressé plus rapidement que l'emploi total (graphique 3.4). Cela est principalement dû à l'augmentation continue du nombre de salariés dans certaines industries spécifiques, comme l'informatique et autres activités de services d'information, et l'édition de logiciels. Deux industries n'ont cependant montré aucun signe de reprise en termes d'emploi suite à la crise économique et continuent même de baisser : la fabrication de produits TIC et les télécommunications.

En 2015, le secteur des TIC représentait 3 % de l'emploi total dans certains pays de l'OCDE. La Corée, l'Estonie et le Luxembourg enregistraient les plus grandes parts d'emploi du secteur, à hauteur de 4 % ou plus de l'emploi total. La Grèce, la Lituanie, le Mexique et le Portugal enregistraient quant à eux les parts les plus faibles (moins de 2 % de l'emploi total). Les services TIC (édition de logiciels, informatique et activités de services d'information, et télécommunications) représentaient en moyenne près de 80 % de l'emploi dans le secteur des TIC (graphique 3.5).

Le graphique 3.6 présente l'évolution de la part des TIC dans l'emploi total au cours des années qui ont suivi la crise. Dans la plupart des pays (à l'exception de l'Allemagne, de la Finlande, du Japon et du Mexique), la part du secteur des TIC dans l'emploi total a conservé un niveau stable ou a augmenté depuis 2008.

Graphique 3.4. **Croissance de l'emploi dans le secteur des TIC et ses différentes industries pour la zone OCDE**

Nombre de salariés (2008 = 100)



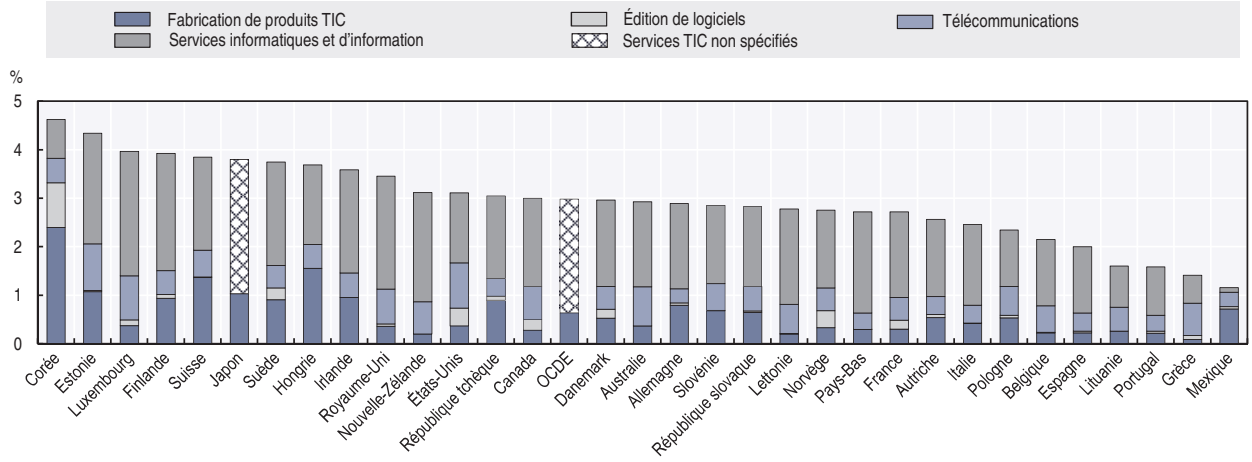
Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4. : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques (« Fabrication de produits TIC » dans la légende) ; 582 Édition de logiciels ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. La valeur agrégée de l'OCDE correspond à la somme des salariés de tous les pays pour lesquels des données étaient disponibles. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017) et OCDE, *Statistiques structurelles et démographiques des entreprises (CITI rév. 4)*, *http://dx.doi.org/10.1787/sdbs-data-en* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658265*

Graphique 3.5. **Emploi dans le secteur des TIC et ses différentes industries, 2015**

En pourcentage de l'emploi total



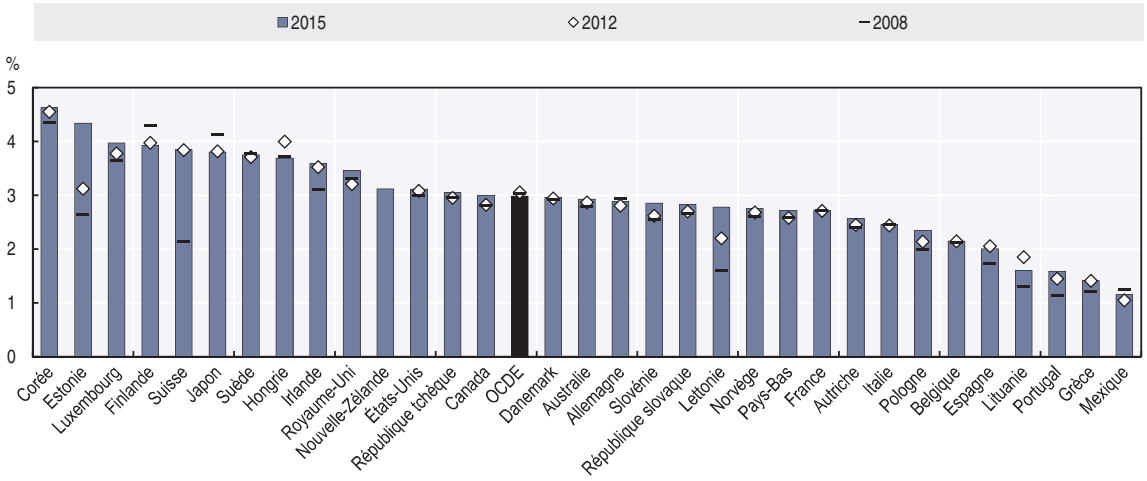
Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4. : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques (« Fabrication de produits TIC » dans la légende) ; 582 Édition de logiciels ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. Les données concernant l'Allemagne, l'Espagne, la France, la Lettonie, la Lituanie, le Portugal, la Suède et la Suisse datent de 2014. Les données 2015 relatives à l'édition de logiciels sont des estimations basées sur les valeurs de 2014. La valeur agrégée de l'OCDE correspond à la somme des salariés de tous les pays pour lesquels des données étaient disponibles. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017) et OCDE, *Statistiques structurelles et démographiques des entreprises (CITI rév. 4)*, *http://dx.doi.org/10.1787/sdbs-data-en* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658284*

Graphique 3.6. **Évolution de la part du secteur des TIC dans l'emploi total**

En pourcentage de l'emploi total



Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4. : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques ; 582 Édition de logiciels ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. Les données concernant l'Allemagne, l'Espagne, la France, la Lettonie, la Lituanie, le Portugal, la Suède et la Suisse datent de 2014. La valeur agrégée de l'OCDE correspond à la somme des salariés de tous les pays pour lesquels des données étaient disponibles.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données STAN pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* (consulté en juillet 2017) et OCDE, *Statistiques structurelles et démographiques des entreprises (CITI rév. 4)*, *http://dx.doi.org/10.1787/sdbs-data-en* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658303*

La valeur ajoutée et l'emploi des TIC dans les pays de l'OCDE proviennent pour une part importante de filiales étrangères (c'est-à-dire d'entreprises locales détenues ou contrôlées par une entreprise étrangère). En 2015, la part de la valeur ajoutée des TIC produite par des sociétés étrangères s'élevait à plus de 75 % en Estonie et en Hongrie, à 62 % en Pologne et à plus de 50 % en Autriche et en République tchèque. La situation est la même en ce qui concerne l'emploi, même si les pourcentages ont tendance à être moins élevés (sauf en Estonie et en Finlande) en raison de la productivité plus importante des filiales étrangères par rapport aux entreprises nationales (graphique 3.7).

Perspectives du secteur des TIC

Les statistiques concernant la valeur ajoutée et l'emploi sont uniquement disponibles jusqu'en 2015. Certains indicateurs à court terme permettent néanmoins d'obtenir une vue d'ensemble du secteur des TIC sur ces dernières années. En 2016, la production dans ce secteur n'avait pas encore totalement retrouvé son niveau d'avant les crises économiques de 2007 et 2009. À partir de la fin 2010, la croissance de la production des industries manufacturières des TIC s'est révélée atone dans la plupart des économies, en particulier celles qui ont été les plus durement touchées par la crise. La même tendance a été observée dans les services TIC, bien que de façon moins marquée (OCDE, 2015).

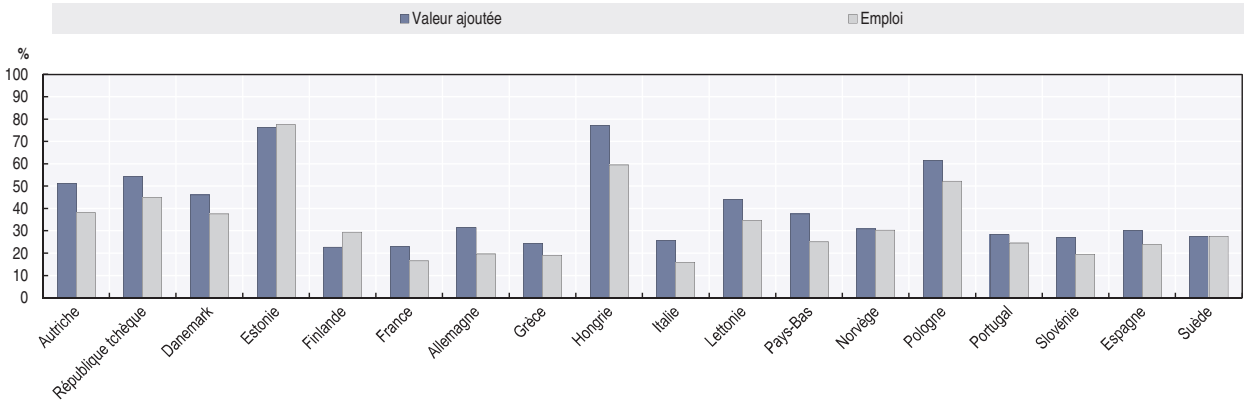
Sur la période 2015-16, la croissance de la production manufacturière a ralenti dans la plupart des économies (graphique 3.8), à quelques exceptions près :

- La République populaire de Chine (ci-après, la « Chine ») a enregistré une croissance continue à un rythme de 10 % par an.
- Aux États-Unis, la croissance est restée relativement stable, avec un taux annuel de 5 %.
- Dans l'Union européenne (UE), la production de l'activité de fabrication de produits TIC a augmenté de manière importante (15 %) en 2015, mais cette tendance semble récemment avoir atteint un palier.

- En Corée, la croissance s'est montrée largement positive depuis fin 2015, alors qu'au Japon les taux de croissance ont été principalement négatifs sur la même période.
- Entre juin 2015 et juin 2016, la croissance de la production a été négative au Taipei chinois, avant d'amorcer une augmentation pour atteindre 10 % fin 2016.

Graphique 3.7. **Valeur ajoutée et emploi des TIC attribuables aux filiales étrangères, 2015**

En proportion de la valeur ajoutée totale et de l'emploi total



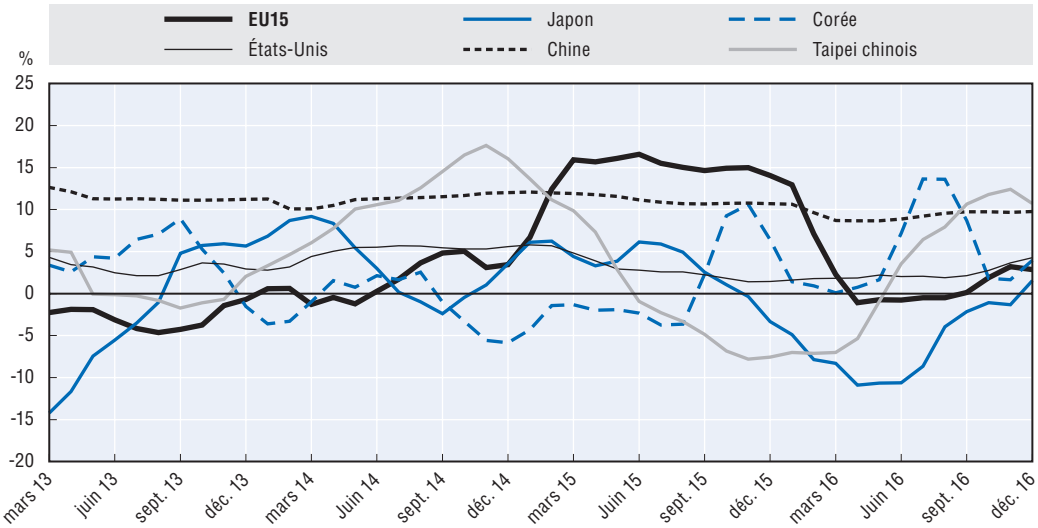
Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries suivantes de la CITI rév. 4 : 26 Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques ; 61 Télécommunications ; et 62-63 Programmation informatique et activités de services d'information. Les données se rapportent à 2015 ou à la dernière année disponible.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données STAN pour l'analyse structurelle*, CITI rév. 4, *http://oe.cd/stan* et OCDE, *Base de données sur l'activité des entreprises multinationales*, *www.oecd.org/fr/sti/ind/amne.htm* (sources consultées en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658322*

Graphique 3.8. **Croissance de la production des industries manufacturières des TIC**

Indices de production industrielle ; pourcentage de variation en glissement annuel, moyenne mobile sur trois mois



Note : Les données sont corrigées des variations saisonnières. L'activité de fabrication de produits TIC est définie comme la fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques (CITI rév. 4, catégorie 26). Chine = République populaire de Chine.

Source : Calculs de l'auteur d'après les indices de production industrielle fournis par les offices statistiques nationaux (pour plus de détails, reportez-vous à la note 2 en fin de chapitre) et Eurostat, *Statistiques conjoncturelles sur les entreprises* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/short-term-business-statistics/data/database* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658341*

Le graphique 3.9 présente les tendances des services TIC sur la période 2013-16. Le chiffre d'affaires des industries des télécommunications (partie A) est resté stable dans la plupart des pays, exception faite de la Chine où il a augmenté de manière spectaculaire depuis 2014, pour atteindre un taux de 60 % en 2016.

L'informatique et autres activités de services d'information (parties B et C) affichent des évolutions plus encourageantes. De manière générale, le chiffre d'affaires[3] de ces industries a augmenté en 2016, allant d'environ 2 % au Japon à 7 % dans l'UE15. En 2016, on a également observé une croissance du chiffre d'affaires dans les activités de traitement des données. Les États-Unis et l'UE15 ont par ailleurs enregistré des taux de croissance en constante évolution depuis la mi-2014, jusqu'à atteindre 10 % au troisième trimestre 2016 avant de ralentir par la suite. La Corée affichait le plus fort taux de croissance en 2016 (15 %), après un fléchissement en 2015.

La production de semi-conducteurs reste un indicateur phare pour le secteur des TIC. Les semi-conducteurs s'avèrent en effet essentiels à la croissance et à l'innovation dans l'économie numérique, notamment dans le cas des technologies mobiles, de l'IdO ou des technologies intelligentes (capteurs, reconnaissance visuelle, etc.). Les ventes dans ce secteur ont augmenté de manière modeste au cours des deux dernières années, s'élevant à seulement 1.1 % en 2016, et aucune reprise n'est envisagée à court terme (graphique 3.10). Cette situation semble être le fait d'une diminution du prix de vente moyen des semi-conducteurs, associée aux coûts élevés d'investissement et de recherche et développement (R-D) nécessaires à la fabrication toujours plus complexe des semi-conducteurs (KPMG, 2016). À eux seuls, la région Asie-Pacifique et le Japon comptent pour 71 % des ventes annuelles totales. C'est également dans ces pays que la croissance reste la plus élevée, avec une augmentation des ventes de semi-conducteurs de 9.2 % en Chine et de 3.8 % au Japon.

L'investissement en capital-risque, qui donne une indication des possibilités de développement commercial, connaît un ralentissement généralisé. En 2016, les investissements mondiaux en capital-risque représentaient environ 101 milliards USD, soit une baisse de 23 % en un an. Alors que ces investissements ont continué de baisser en Asie et en Amérique du Nord au cours du dernier trimestre 2016, l'Europe a quant à elle bénéficié d'une augmentation des financements (PwC, 2017).

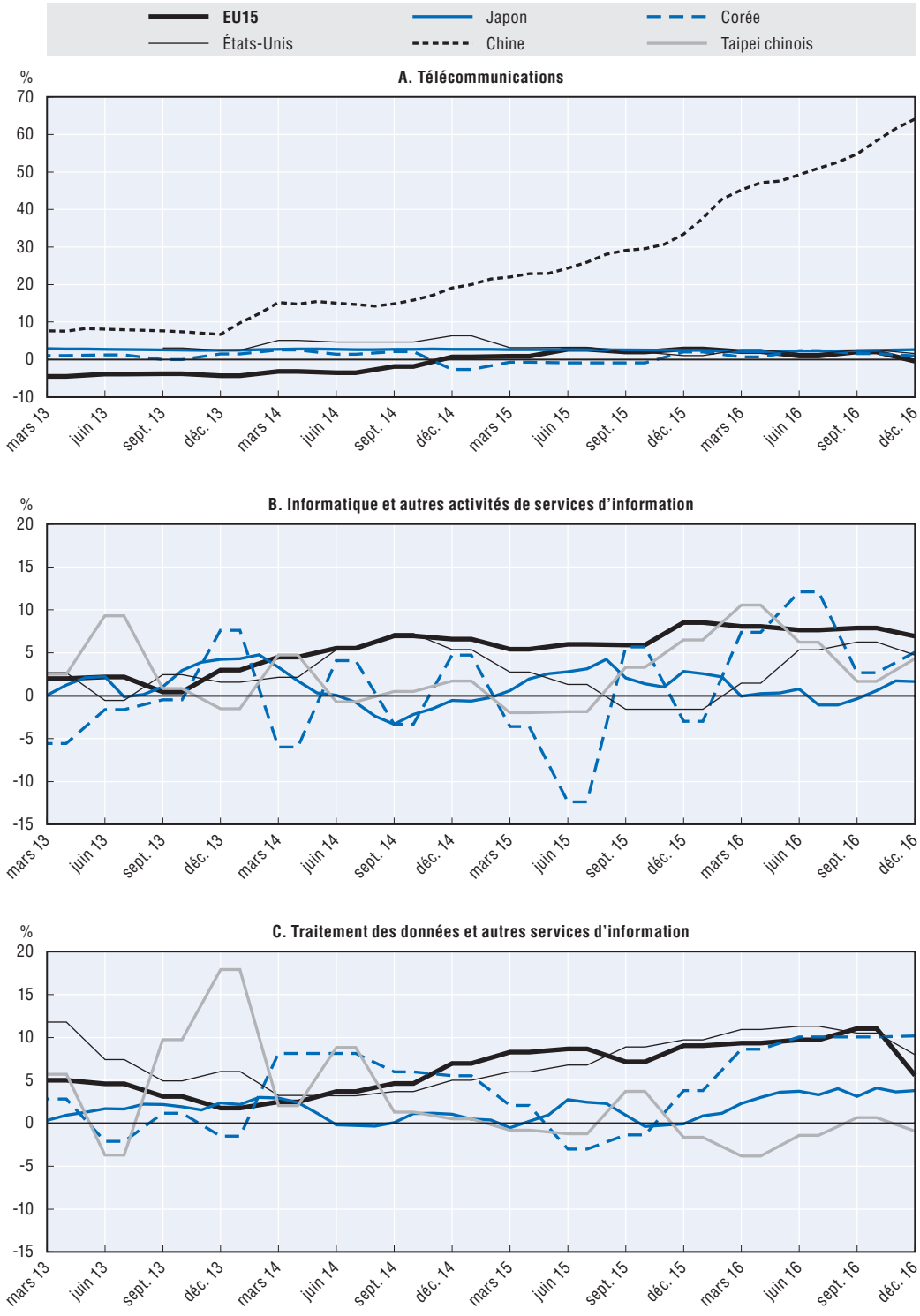
Aux États-Unis, malgré un ralentissement général, les TIC demeurent l'un des secteurs privilégiés pour les investissements en capital-risque, représentant 71 % du total de ce type d'investissements au quatrième trimestre 2016 (graphique 3.11). Cette part est restée stable depuis 2014 et a même retrouvé le niveau qu'elle avait avant la bulle de l'internet.

Malgré une baisse générale en termes de valeur, la part des biens et services TIC dans le total des échanges continue d'augmenter

Cette section fait état du développement des courants d'échanges bruts de biens et services TIC au fil du temps. Ces secteurs d'activité sont des composantes fondamentales de l'économie numérique, et les courants d'échanges aident à comprendre l'évolution de la demande internationale de biens et services TIC, ainsi que les transactions qui en découlent. Le chapitre 5 décrit entre autres comment la transformation numérique bouleverse le paysage commercial général, notamment au niveau des services, et propose une analyse du commerce de biens et services TIC en termes de valeur ajoutée, mais aussi des données sur les pratiques restrictives en matière d'échanges internationaux pour certains services TIC.

Graphique 3.9. **Croissance des activités de services TIC**

Chiffre d'affaires ; pourcentage de variation en glissement annuel, moyenne mobile sur trois mois



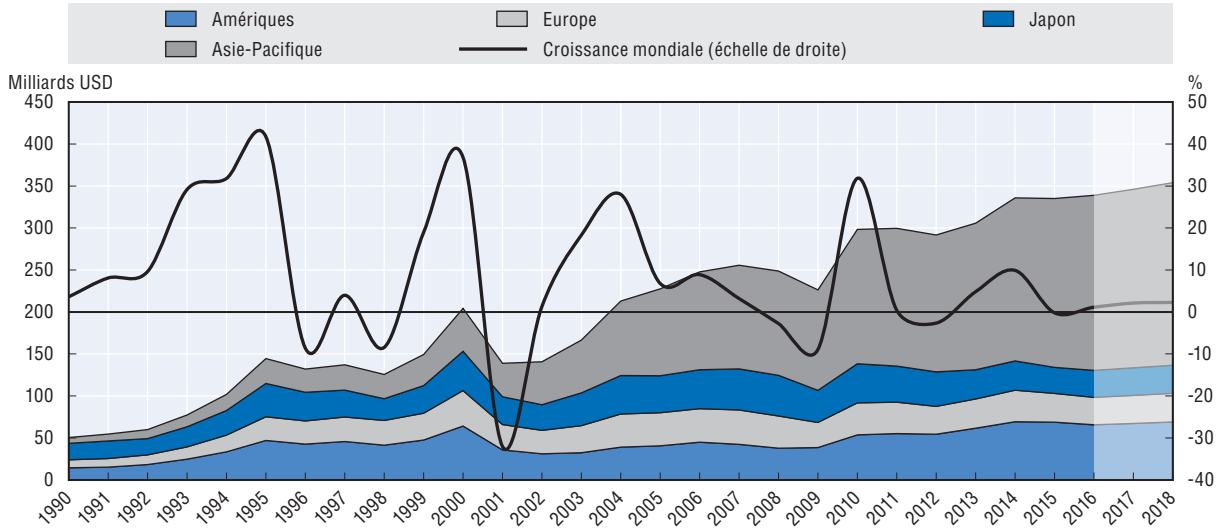
Note : Si disponibles, les données sont corrigées des variations saisonnières. Chine = République populaire de Chine.

Source : Calculs de l'auteur d'après les indices trimestriels relatifs aux services, recettes, et indices mensuels relatifs aux services tertiaires fournis par les offices statistiques nationaux (pour plus de détails, reportez-vous à la note 4 en fin de chapitre) et les indices de chiffres d'affaires fournis par Eurostat, *Statistiques conjoncturelles sur les entreprises* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/short-term-business-statistics/data/database* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658360*

Graphique 3.10. **Marché mondial des semi-conducteurs par région**

Ventes annuelles, milliards USD, prix courants et taux de croissance en glissement annuel



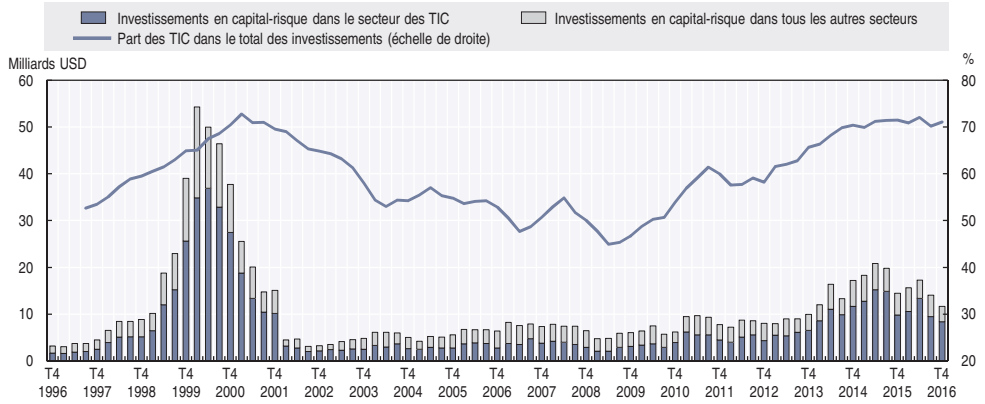
Note : Les données de 2017 et 2018 sont des prévisions.

Source : Calculs de l'auteur d'après *World Semiconductor Trade Statistics* (WSTS), *https://www.wsts.org/* (consulté en février 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658379*

Graphique 3.11. **Évolution des investissements en capital-risque aux États-Unis**

Milliards USD et taux de croissance en glissement annuel, moyenne mobile au T4



Note : L'agrégat des investissements en capital-risque dans le secteur des TIC est défini comme la somme des services et équipements informatiques, des produits électroniques, de l'internet, des réseaux mobiles, des télécommunications et des logiciels. La part des TIC dans le total de l'investissement est exprimée sous forme de moyenne mobile au T4. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après le *US Moneytree Report* de PwC/National Venture Capital Association, qui s'appuie sur les données de Thomson Reuters, *https://www.pwc.com/us/en/technology/moneytree.html* (consulté en février 2017).

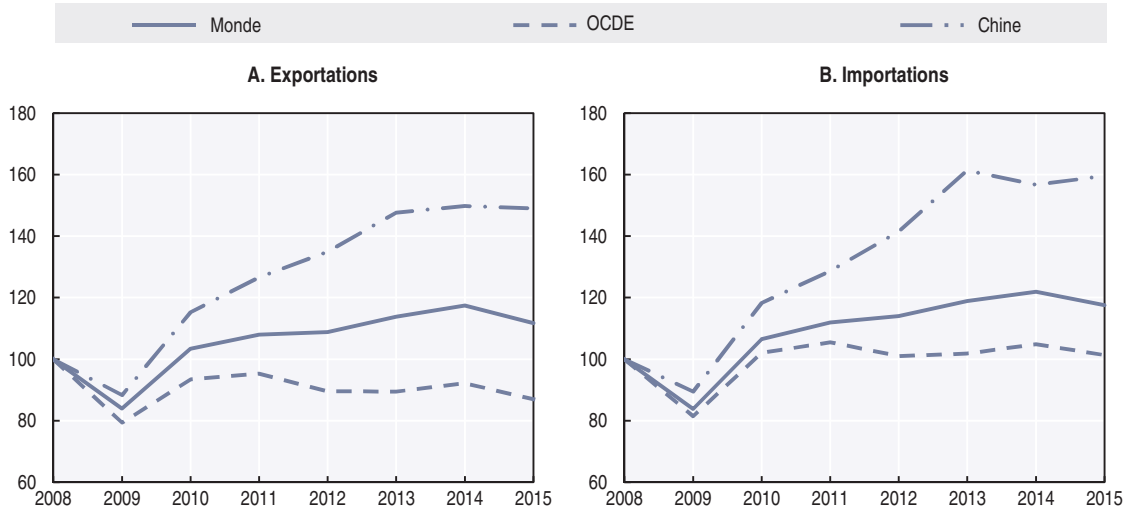
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658398*

Commerce de biens TIC

Sur la période 2008-15, la valeur des échanges internationaux portant sur les biens TIC a augmenté de 12 % et les exportations en provenance de Chine de 49 %. Dans le même temps, les exportations dans la zone OCDE ont enregistré une baisse de 13 % (graphique 3.12). Sur la même période, les importations de biens TIC en provenance de Chine ont augmenté de 60 % en termes de valeur. Les importations des pays de l'OCDE sont quant à elles restées stables (1 %).

Graphique 3.12. **Commerce de biens TIC**

Indices 2008 = 100 ; prix courants en USD



Note : Les biens TIC sont tels que définis dans le document *OECD Guide to Measuring the Information Society 2011* (OCDE, 2011). Les exportations et importations mondiales sont calculées sur la base des valeurs d'échange fournies par les pays déclarants et enregistrées dans la Base de données STAN sur le commerce bilatéral. Sont exclues de ces exportations les réimportations de la Chine et les réexportations de Hong Kong, Chine. Les importations mondiales n'incluent pas les réimportations de Chine. Les échanges pour la Chine sont corrigés afin de tenir compte des réimportations.

Source : OCDE, « Base de données STAN sur le commerce bilatéral par industrie et catégorie d'utilisation finale, CITI rév. 4 (édition 2016) », *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, *http://dx.doi.org/10.1787/d670358a-en* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658417*

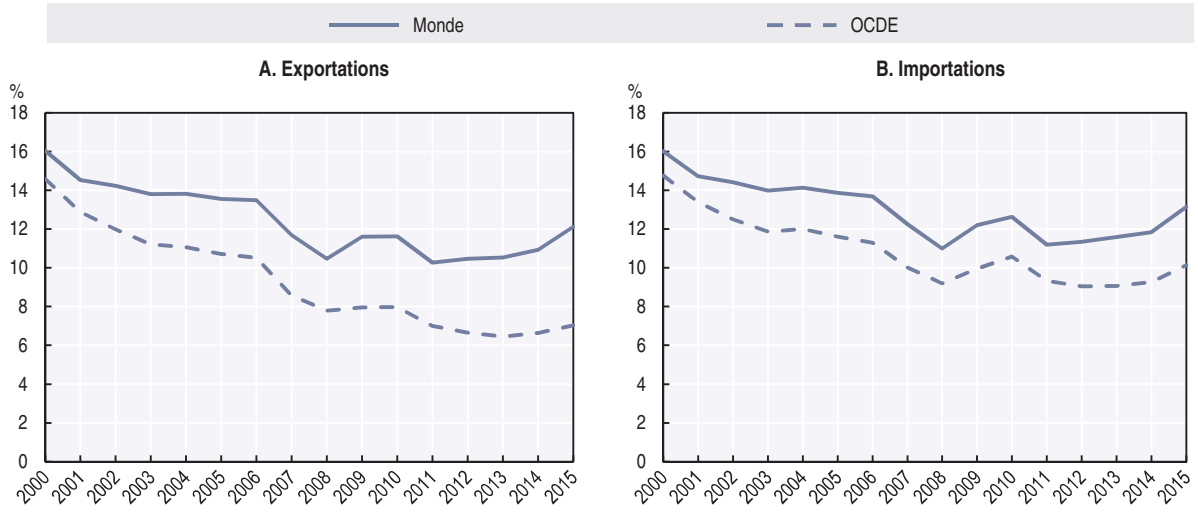
En 2015, la valeur des exportations mondiales de biens TIC a baissé de 3.4 %, à 1 900 milliards USD[5], alors que la part des biens TIC dans le total des exportations de biens a augmenté de 11 %. Cette baisse s'est toutefois révélée plus faible pour les biens TIC que pour la totalité des échanges de marchandises. Cela se traduit ainsi par une amplification de la part des TIC dans le total des échanges de marchandises (graphique 3.13). Les importations de biens TIC ont suivi les mêmes évolutions. En 2015, la part des biens TIC dans le total des importations mondiales a augmenté de 11.8 % à 13.1 %, alors que la valeur des importations mondiales de biens TIC a enregistré un recul de 3.3 %, pour atteindre à peine plus de 2 100 milliards USD[6].

Les exportations de biens TIC sont de plus en plus concentrées dans un petit nombre de pays. En 2016, les dix principaux exportateurs (parmi lesquels figurent six pays de l'OCDE) totalisaient 85 % des exportations mondiales de biens TIC, contre 70 % en 2001 (graphique 3.14). En partie à cause de la délocalisation de la production, la part du Japon dans les exportations mondiales de biens TIC a diminué, passant de 10 % en 2001 à 4 % en 2016. À l'inverse, la part de la Chine s'est accrue, passant de 6 % à 32 % – ce qui équivaut, exprimé en dollars, à une multiplication par dix. La Corée est le seul pays de l'OCDE qui affiche une part en évolution constante (5.5 % en 2001, 6.8 % en 2007 et 7.6 % en 2016).

La recomposition tendancielle des exportations d'ordinateurs et de périphériques vers les équipements de télécommunications s'est confirmée (graphique 3.15). En 2015, la part des exportations des TIC dans les équipements de télécommunications a atteint le même niveau que les exportations d'ordinateurs et de périphériques (26 %), alors que les composants électroniques restent en tête du total des exportations de TIC (33 %).

Graphique 3.13. **Commerce de biens TIC par rapport aux échanges mondiaux**

En pourcentage du total des exportations et importations de marchandises



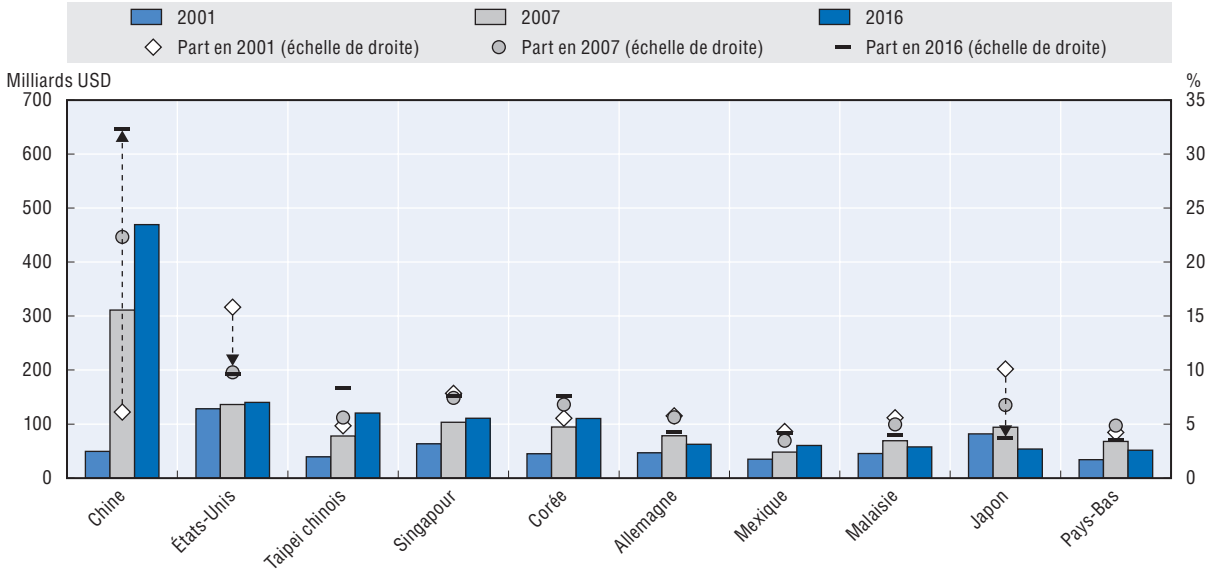
Note : Les biens TIC sont tels que définis dans le document *OECD Guide to Measuring the Information Society 2011* (OCDE, 2011). Les exportations et importations mondiales sont calculées sur la base des valeurs d'échange fournies par les pays déclarants et enregistrées dans la base de données BTDIxE. Les échanges sont exploités en valeur brute ; aucune correction n'est appliquée pour les réimportations ou les réexportations.

Source : OCDE, « Base de données STAN sur le commerce bilatéral par industrie et catégorie d'utilisation finale, CITI rév. 4 (édition 2016) », *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, *http://dx.doi.org/10.1787/d670358a-en* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658436*

Graphique 3.14. **Dix principaux exportateurs mondiaux de biens TIC**

Milliards USD et pourcentages



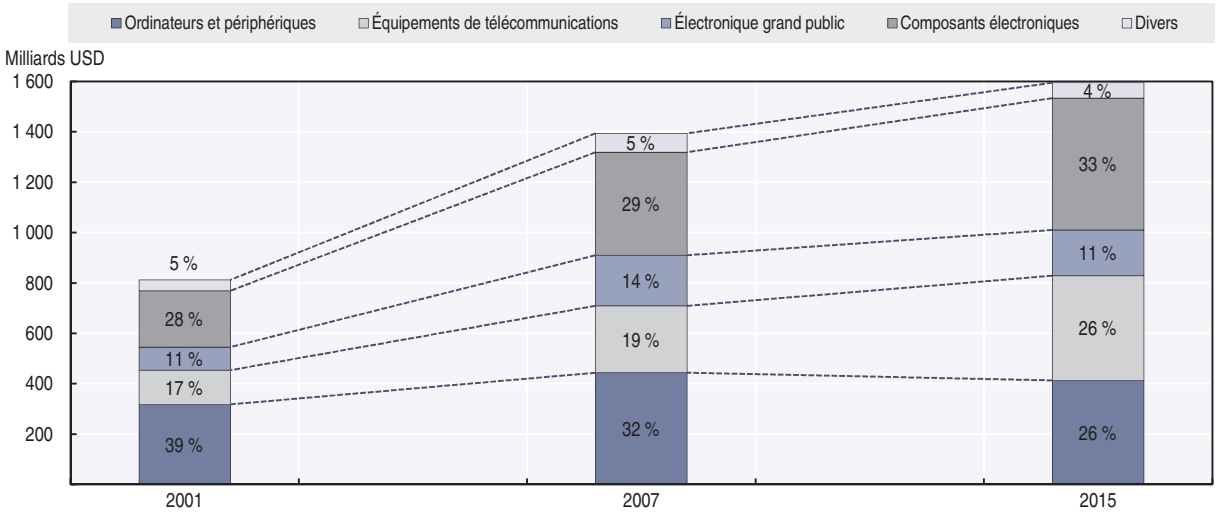
Note : Les valeurs mondiales sont estimées à partir des valeurs d'exportations de TIC fournies par les pays déclarants sur une période de trois ans. Sont exclues les réimportations de la République populaire de Chine (reprise sous l'appellation « Chine » dans le graphique), ainsi que les réexportations de Hong Kong, Chine. Les exportations de TIC de la Chine sont corrigées pour tenir compte des réimportations. Les données 2016 concernant la Chine et les Pays-Bas sont estimées sur la base de valeurs déclarées en 2015.

Source : OCDE, « Base de données STAN sur le commerce bilatéral par industrie et catégorie d'utilisation finale, CITI rév. 4 », *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, *http://oe.cd/btd* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658455*

Graphique 3.15. **Exportations mondiales de biens TIC par catégorie de produits TIC**

Milliards USD et pourcentage du total des exportations de biens TIC



Note : Le total mondial est estimé à partir des déclarations d'exportations de TIC effectuées par 103 économies participantes et enregistrées dans la base de données BTDIxE sur une période de trois ans. Sont exclues de ces exportations les réimportations de la Chine et les réexportations de Hong Kong, Chine. Les exportations de TIC de la Chine sont corrigées pour tenir compte des réimportations.

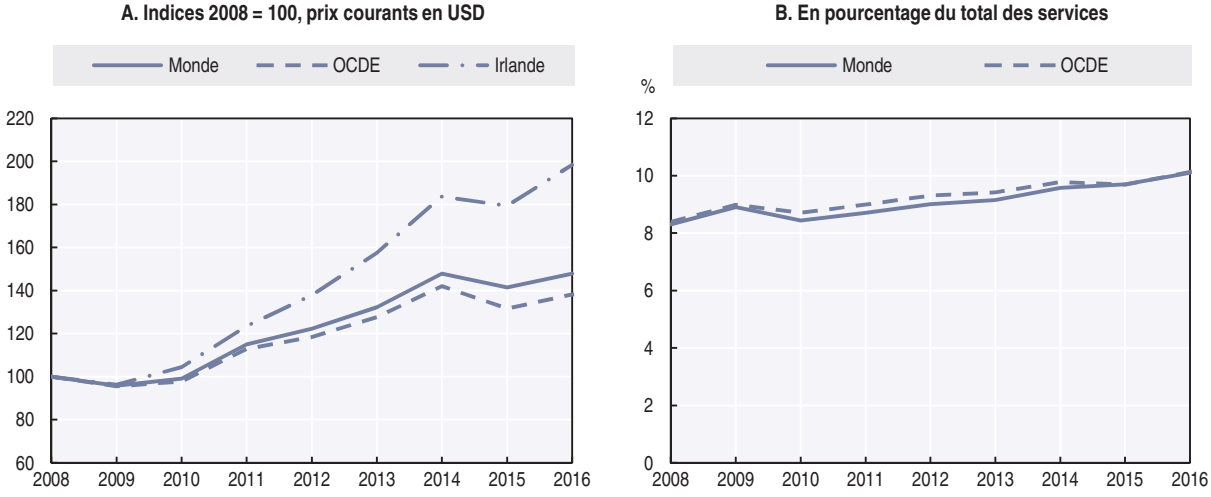
Source : OCDE, « Base de données STAN sur le commerce bilatéral par industrie et catégorie d'utilisation finale, CITI rév. 4 (édition 2016) », *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, *http://dx.doi.org/10.1787/d670358a-en* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658474*

Commerce de services TIC

Sur la période 2010-16, la valeur des exportations de services TIC des pays l'OCDE s'est accrue de 40 %, soit juste en dessous du niveau de croissance des échanges internationaux de services TIC, mais à un rythme plus soutenu que le total des échanges de services (graphique 3.16). En 2016, les exportations mondiales de services TIC ont augmenté de 5 %, de 470 milliards USD à 493 milliards USD. La part des exportations mondiales de services TIC dans le total des services a par conséquent pris deux points, dépassant les 10 % en 2016.

Graphique 3.16. **Exportations de services TIC**



Note : Les services TIC sont définis comme incluant les services informatiques, d'information et de télécommunications.

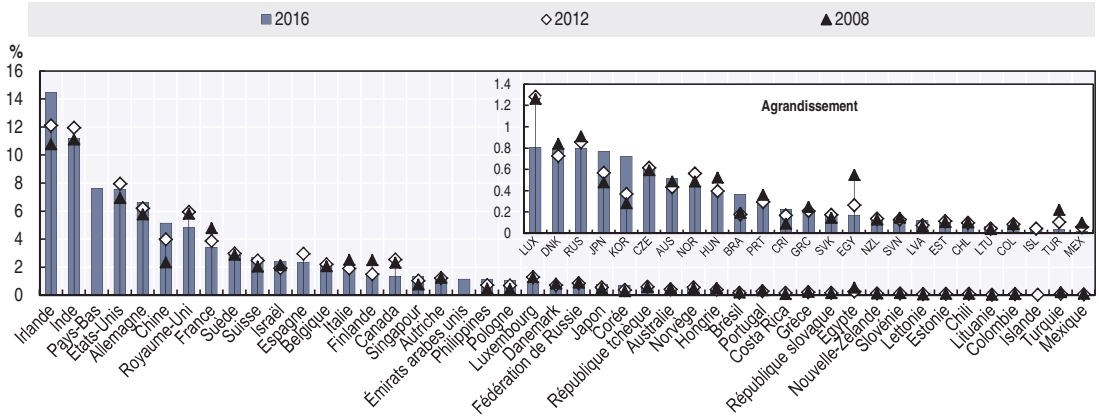
Source : CNUCED, « Services (MBP6) : exportations et importations par catégories de services, parts et croissance, annuel, 2005-2016 », *http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=87017* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658493*

À l'instar de ce qui se passe pour les échanges de biens TIC, un petit nombre d'économies sont à l'origine d'une part importante des exportations mondiales de services TIC (graphiques 3.17 et 3.18). L'Irlande, qui bénéficie d'une forte concentration d'entreprises transnationales compte tenu de la taille limitée de son marché intérieur, conserve sa place de premier exportateur de services TIC (plus de 14 % des exportations mondiales de services), suivie de l'Inde (11 %), des Pays-Bas et des États-Unis (*ex æquo* à 8 %). La Chine figure également parmi les dix principaux exportateurs de services TIC, au même titre que l'Allemagne, la France, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. Ces pays représentent ensemble les deux tiers des exportations mondiales de services TIC.

Graphique 3.17. **Pays de l'OCDE et principaux exportateurs de services TIC**

En pourcentage des exportations mondiales totales



Note : Les services TIC sont définis comme incluant les services informatiques, d'information et de télécommunications. Pour l'Islande, les données se rapportent à 2013 au lieu de 2012. Chine = République populaire de Chine.

Source : CNUCED, « Services (MBP6) : exportations et importations par catégories de services, parts et croissance, annuel, 2005-2016 », *http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=87017* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658512*

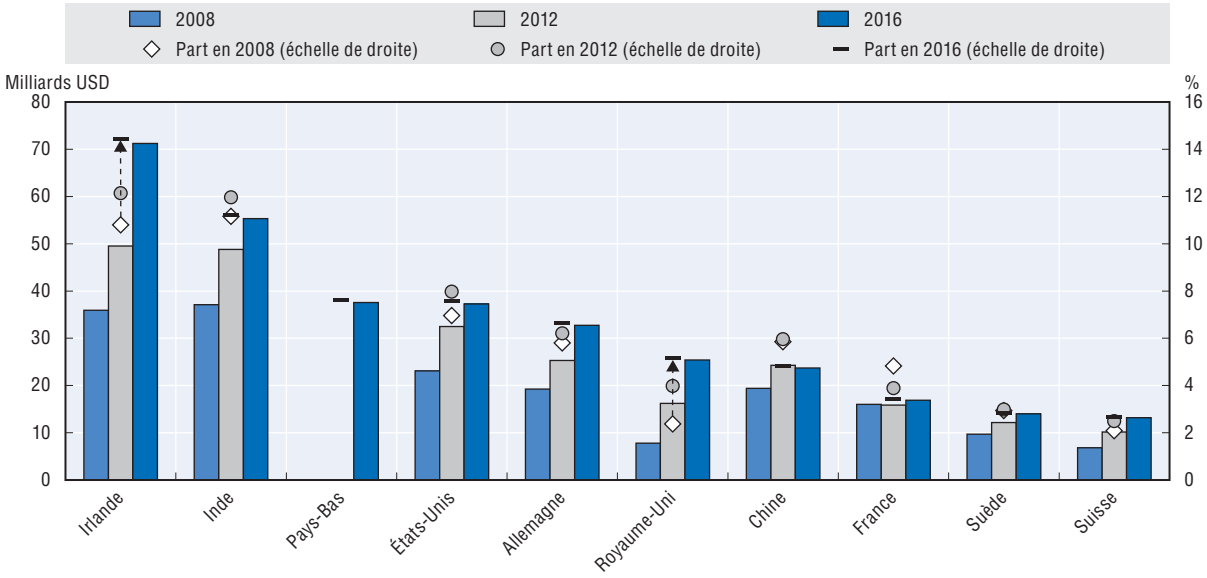
Les TIC jouent aujourd'hui un rôle clé dans les activités innovantes

Les entreprises du secteur sont les fers de lance de tous les types d'activités d'innovation, et les entrepreneurs novateurs sont souvent de gros utilisateurs des TIC. Dans la plupart des pays de l'OCDE, le secteur des TIC arrive en tête des DIRDE, représentant environ 24 % des DIRDE totales et 0.4 % du produit intérieur brut (PIB). En 2015, les DIRDE du secteur des TIC en pourcentage du PIB étaient les plus élevées dans les pays suivants : le Taipei chinois (1.77 %), la Corée (1.73 %), Israël (1.61 %) et la Finlande (1.04 %), suivis des États-Unis, de la Suède et du Japon (environ 0.6 %) (graphique 3.19).

Le graphique 3.20 détaille la répartition des dépenses de R-D des entreprises dans le secteur des TIC et offre des informations sur le poids de ce secteur dans le total des DIRDE. En 2014-15, le Taipei chinois et la Corée ont consacré respectivement plus de 71 % et 49 % des DIRDE totales à la fabrication de produits TIC. Malgré le recul des activités de Nokia, la Finlande continue d'y consacrer plus de 41 % de ses DIRDE totales. Il en va de même pour Singapour, suivi du Japon, de la Suède et des États-Unis – lesquels y affectent plus de 15 % des DIRDE totales.

Graphique 3.18. **Dix principaux exportateurs mondiaux de services TIC**

Milliards USD et pourcentages



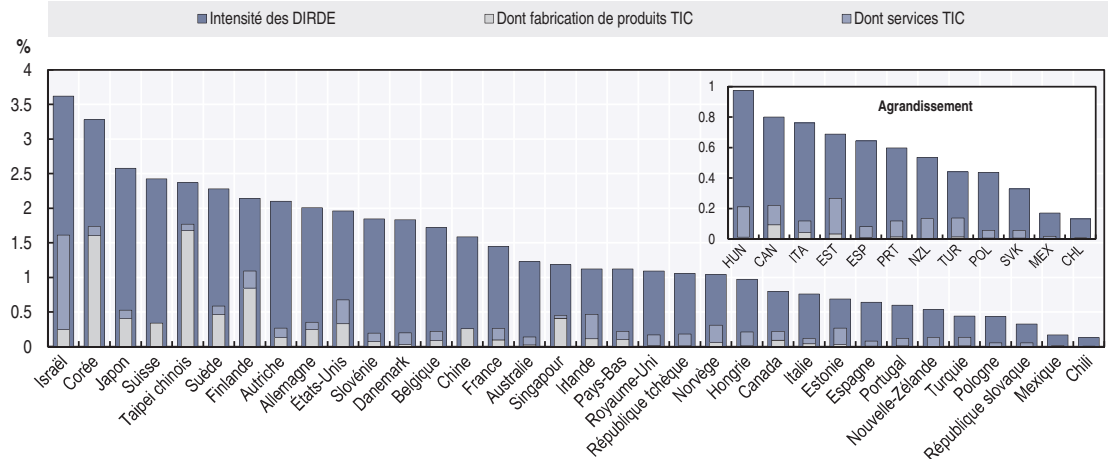
Note : Les services TIC sont définis comme incluant les services informatiques, d'information et de télécommunications. Chine = République populaire de Chine.

Source : CNUCED, « Services (MBP6) : exportations et importations par catégories de services, parts et croissance, annuel, 2005-2016 », *http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=87017* (consulté en juin 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658531

Graphique 3.19. **Intensité des dépenses de R-D des entreprises, total et secteur des TIC, 2015**

En pourcentage du PIB



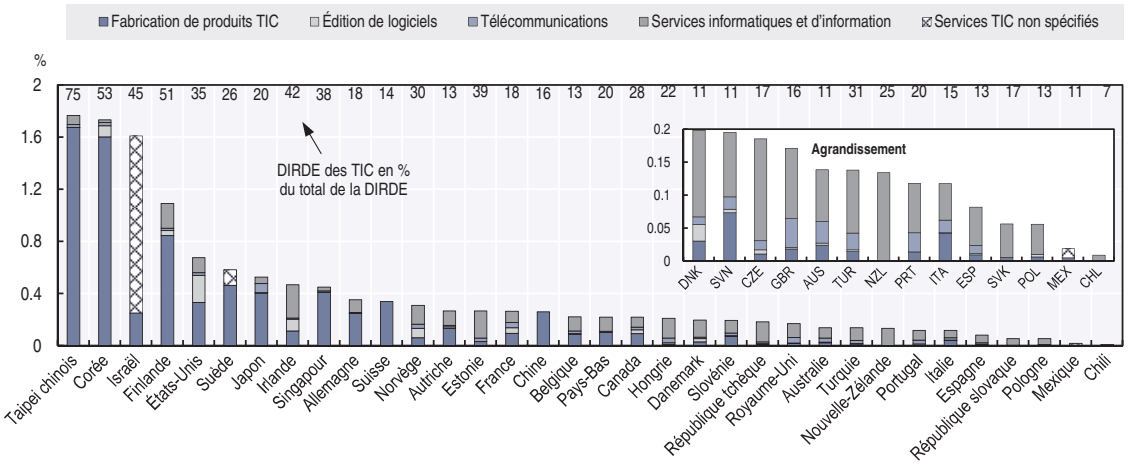
Note : Le secteur des TIC est défini comme la somme des industries « Activité de fabrication de produits TIC » et « Services TIC », qui comprend les « Activités commerciales des TIC », l'« Édition de logiciels », les « Télécommunications » et l'« Informatique et autres activités de services d'information », dont les définitions correspondent à celles données par l'OCDE au secteur des TIC, sur la base de la CITI rév. 4. En l'absence de données détaillées disponibles, les divisions 26, 58 et 63 ont été utilisées respectivement pour l'activité de fabrication de produits TIC, l'édition de logiciels et les activités de traitement des données, d'hébergement et activités connexes ; portails respectifs d'entrée sur le Web. Les données concernant les pays suivants se rapportent à 2014 : Canada, Danemark, États-Unis, Finlande, Hongrie, Israël, Italie, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni et Slovénie. Les données concernant les pays suivants se rapportent à 2013 : Autriche, Belgique, France, Irlande, Nouvelle-Zélande, Singapour et Suède. Pour l'Australie, elles se rapportent à 2011. PIB = produit intérieur brut ; DIRDE = dépenses intérieures brutes de R-D du secteur des entreprises ; TIC = technologies de l'information et des communications ; Chine = République populaire de Chine.

Sources : OCDE, « Statistiques de la recherche et du développement : Dépense intra-muros totale de R-D des entreprises par industrie – CITI rév. 4 », *Statistiques de l'OCDE de la science et technologie et de la R-D* (base de données), *http://oe.cd/sti/rds* ; OCDE, « Principaux indicateurs de la science et de la technologie », *Statistiques de l'OCDE de la science et technologie et de la R-D* (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/data-00182-en* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658550

Graphique 3.20. **DIRDE dans le secteur des TIC, 2015**

En pourcentage du PIB et des DIRDE totales



Note : Les données concernant les pays suivants se rapportent à 2014 : Canada, Danemark, États-Unis, Finlande, Hongrie, Israël, Italie, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni et Slovénie. Les données concernant les pays suivants se rapportent à 2013 : Autriche, Belgique, France, Irlande, Singapour et Suède. Pour l'Australie, elles se rapportent à 2011. Les « Services TIC non spécifiés » désignent les activités de services TIC des catégories 58-63 de la CITI rév. 4 qui ne peuvent être dissociées. DIRDE = dépenses intérieures brutes de R-D du secteur des entreprises ; PIB = produit intérieur brut ; TIC = technologies de l'information et des communications ; Chine = République populaire de Chine.

Source : OCDE, « STAN R-D : Dépenses de recherche et développement dans l'industrie – CITI rév. 4 », *STAN : base de données pour l'analyse structurelle*, *http://oe.cd/anberd* (consulté en février 2017).

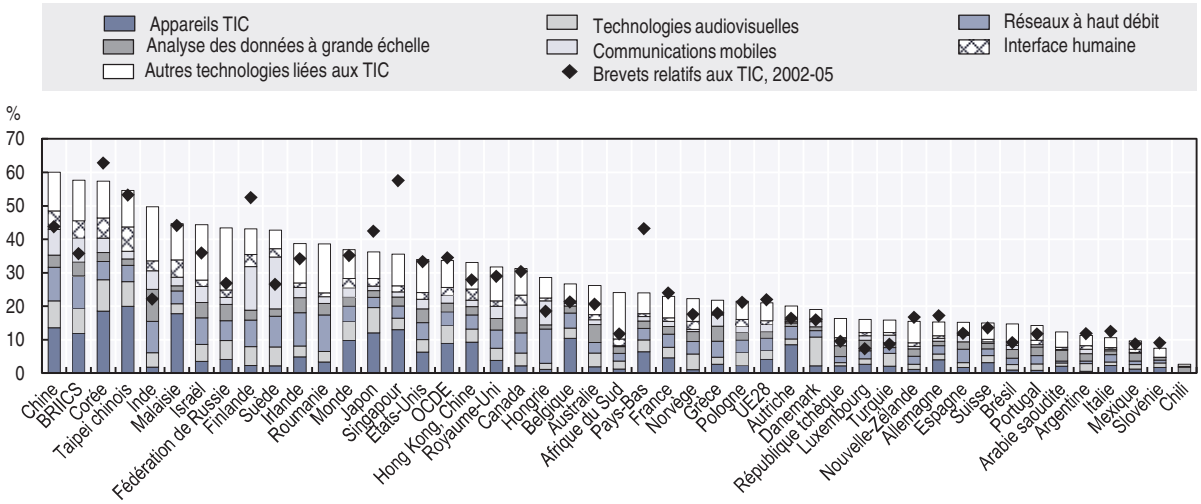
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658569*

L'informatique et autres activités de services d'information représentent plus de 50 % des dépenses totales de R-D des entreprises du secteur des TIC dans une majorité de pays. Ceux où l'édition de logiciels représente les parts les plus importantes en dépenses de R-D par rapport aux DIRDE totales pour le secteur des TIC sont les États-Unis (33 %) et la Norvège (23 %). Les services de télécommunications représentent la part la plus faible des DIRDE dans le secteur des TIC pour la plupart des pays, à l'exception de l'Australie, du Portugal et du Royaume-Uni, où ils ne s'élèvent qu'à environ 25 % des DIRDE totales pour le secteur des TIC.

Tandis que la R-D fournit une mesure de l'innovation introduite au départ, les brevets, modèles déposés et marques reflètent le degré d'innovation obtenu à l'arrivée. Pendant la période 2012-15, plus de 900 000 familles de brevets ont été enregistrées auprès des cinq principaux offices de la propriété intellectuelle (IP5), à savoir l'Office européen des brevets (OEB), l'Office japonais des brevets (JPO), l'Office coréen de la propriété intellectuelle (KIPO), l'Office national de la propriété intellectuelle de Chine (SIPO) et l'Office des brevets et des marques des États-Unis (US Patent and Trademark Office ou USPTO). Les TIC représentaient presque 37 % de l'ensemble des demandes de brevets, soit une augmentation de deux points sur la période 2002-05. Dans les pays de l'OCDE, les brevets relatifs aux TIC représentaient presque 34 % des demandes – une part en légère baisse par rapport au niveau 2002-05 –, alors que le volume de demandes provenant du groupe des BRIICS (Brésil, Fédération de Russie, Inde, Indonésie, Chine et Afrique du Sud) a quasiment doublé, pour atteindre un taux de 58 %, principalement en raison de l'augmentation du nombre de brevets délivrés en Chine (graphique 3.21).

Graphique 3.21. **Spécialisation des brevets relatifs aux TIC, 2012-15**

Brevets relatifs aux TIC en pourcentage du total des familles de brevets de l'IP5



Note : Les données utilisées se rapportent aux familles de brevets enregistrées auprès des cinq offices de la propriété intellectuelle (IP5), par première date de dépôt et selon le pays de résidence de l'inventeur par comptage fractionnaire. Les brevets relatifs aux TIC sont identifiés conformément à une nouvelle catégorisation expérimentale basée sur les codes de la Classification internationale des brevets (CIB). Seules les économies comptabilisant plus de 150 familles de brevets en 2012-15 sont prises en compte. Les données de 2014 et 2015 sont incomplètes. TIC = technologies de l'information et des communications ; BRIICS = Brésil, Fédération de Russie, Inde, Indonésie, Chine et Afrique du Sud ; Chine = République populaire de Chine.

Source : OCDE, *STI Microdata Lab : base de données sur la propriété intellectuelle*, *http://oe.cd/ipstats* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658588*

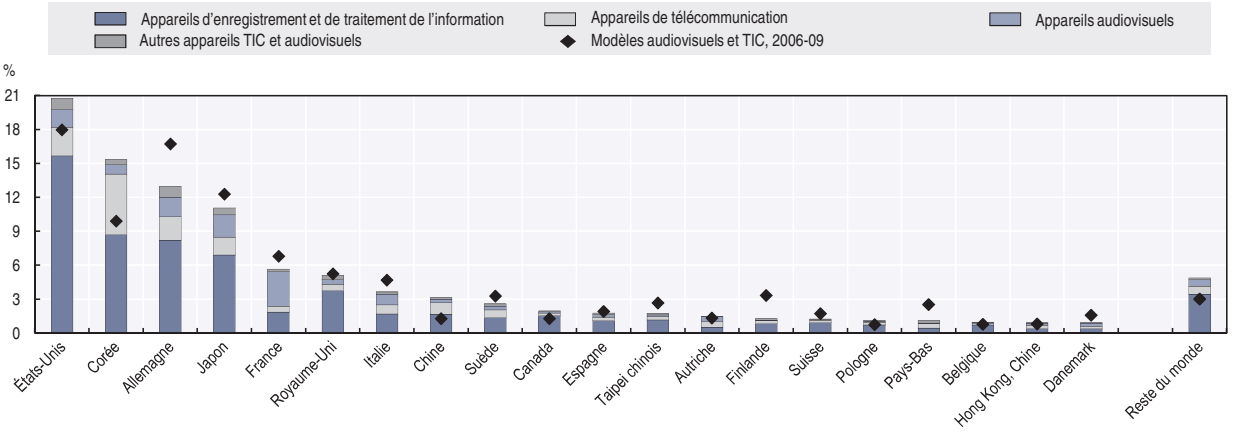
Les modèles déposés dans la catégorie des appareils audiovisuels et TIC peuvent être utilisés comme des indicateurs de l'innovation réalisée au regard de la fonctionnalité et de l'esthétique des produits. Ils peuvent aussi fournir des renseignements sur la différenciation et la personnalisation des produits et, plus généralement, sur la façon dont le design façonne la concurrence sur le marché. Sur la période 2011-14, les modèles déposés pour les appareils audiovisuels et TIC représentaient 9.6 % du Registre européen des dessins et modèles communautaires, soit une hausse de deux points par rapport à 2006-09. Sur l'ensemble des pays, quelque 60 % des modèles déposés dans la catégorie des appareils audiovisuels et TIC concernent les équipements de traitement et d'enregistrement de données, suivis par les appareils audiovisuels et de télécommunication (graphique 3.22).

Les pays les plus dynamiques en ce qui concerne l'enregistrement en Europe de modèles d'appareils audiovisuels et TIC sont les États-Unis et la Corée (leurs parts étant en hausse par rapport à la période 2006-09) ; ils sont suivis par l'Allemagne et le Japon (qui tous deux enregistrent des baisses), tandis que les autres grands pays européens se situent loin derrière. S'agissant de la Chine, sa part a plus que doublé mais elle reste un acteur de second plan en ce qui concerne les modèles déposés en Europe.

Les États-Unis excellent dans la conception d'équipements de traitement de données, la Corée dans les appareils de télécommunication, et la France et le Japon dans les appareils audiovisuels. La conception de produits audiovisuels et TIC représente presque 65 % de l'ensemble des modèles déposés en Europe par la Corée. Les autres économies spécialisées dans ce domaine sont le Canada, les États-Unis, le Japon et le Taipei chinois.

Graphique 3.22. **Part des 20 principaux déposants de modèles d'appareils audiovisuels et TIC, 2006-09 et 2011-14**

En pourcentage du total des modèles déposés auprès du Registre européen des dessins et modèles communautaires dans la catégorie des appareils audiovisuels et TIC



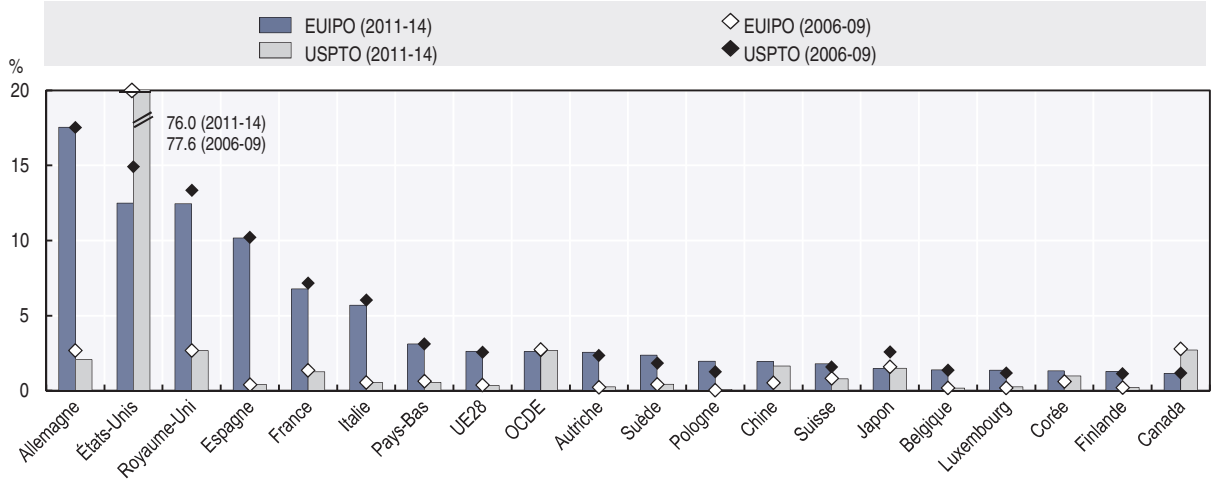
Note : Le total des modèles audiovisuels et TIC englobe les modèles des catégories 14, 16 et 18 de la Classification de Locarno. Les appareils d'enregistrement et de traitement de l'information correspondent aux sous-catégories 14-01, 14-02 et 14-04 ; les appareils de télécommunication à la sous-catégorie 14-03 ; et les appareils audiovisuels à la catégorie 16. TIC = technologies de l'information et des communications ; Chine = République populaire de Chine.

Source : OCDE, *STI Microdata Lab : base de données sur la propriété intellectuelle*, *http://oe.cd/ipstats* (consulté en février 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658607*

Graphique 3.23. **Marques relatives aux TIC, 20 principaux déposants, 2006-09 et 2011-14**

En pourcentage du total des dépôts de marque liés aux TIC auprès de l'EUIPO et de l'USPTO



Note : TIC = technologies de l'information et des communications ; EUIPO = Office de la propriété intellectuelle de l'Union européenne ; USPTO = Office des brevets et des marques des États-Unis ; Chine = République populaire de Chine.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *STI Microdata Lab : base de données sur la propriété intellectuelle*, *http://oe.cd/ipstats* (consulté en novembre 2016).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658626*

La répartition des dépôts de marque donne une vision différente de la position concurrentielle des économies en ce qui concerne les produits TIC. En fait, les parts nationales de dépôts de marque ne coïncident pas avec celles de la R-D, des brevets ou des

exportations. Les États-Unis apparaissent globalement comme le principal acteur, puisqu'ils enregistrent 76 % de l'ensemble des marques liées aux TIC déposées auprès de l'Office des brevets et des marques des États-Unis et plus de 12 % de celles déposées auprès de l'Office de la propriété intellectuelle de l'Union européenne (EUIPO) (graphique 3.23). En revanche, sur le marché européen, les dépôts de marque ayant trait aux TIC sont effectués principalement par l'Allemagne, suivie par les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Espagne, la France et l'Italie. Au cours des cinq dernières années, un certain nombre de pays très actifs dans le dépôt de marques (comme le Japon et les États-Unis) ont perdu des parts en Europe au profit de la Chine, de la Corée et des petits pays de l'UE. L'Allemagne et l'Espagne sont quant à elles parvenues à conserver un niveau stable.

Marchés des télécommunications

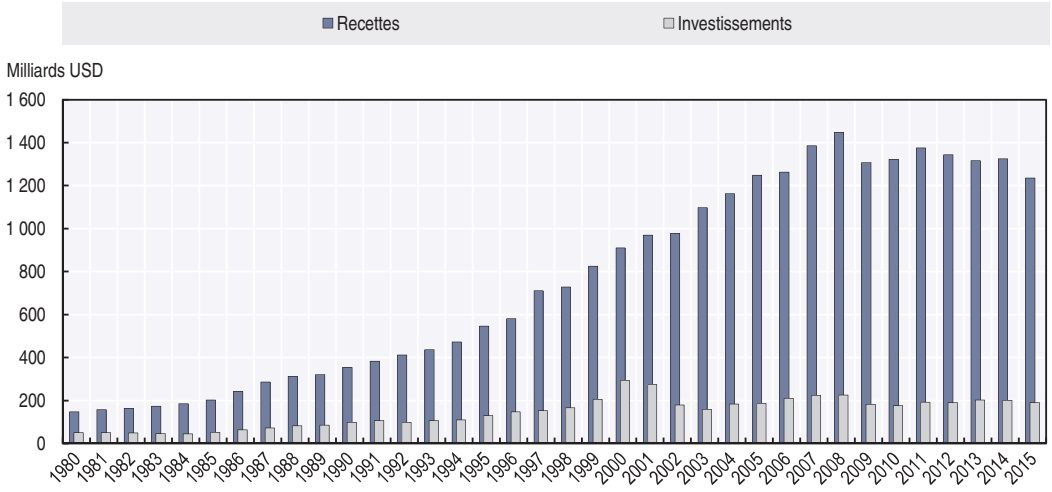
Les réseaux de communication sont essentiels au développement des économies numériques. Ils sous-tendent une utilisation généralisée des TIC au service du développement économique et social, et aident à la réalisation des nombreux objectifs définis par les décideurs. Les indicateurs relatifs au développement et à l'échelle des réseaux, ainsi qu'à l'utilisation effective de services exploitant ces infrastructures, s'avèrent déterminants pour évaluer la capacité d'un pays à tirer parti des avantages potentiels des TIC.

Alors que le nombre d'abonnements aux services de télécommunications connaît une croissance continue, les recettes du secteur ont légèrement régressé entre 2013 et 2015. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène, et notamment l'évolution des acteurs du marché, la nature changeante des abonnements ou encore le renforcement de la concurrence. Les opérateurs de réseau continuent d'assurer la connectivité et les voies d'accès pour les utilisateurs, mais de nouveaux acteurs comme les fournisseurs de services *over-the-top* (OTT) offrent de plus en plus d'applications différentes, ce qui peut avoir une influence notable sur les recettes déclarées du secteur. Les abonnements M2M et au haut débit fixe et mobile sont par ailleurs en augmentation, à l'inverse des lignes fixes traditionnelles. Ces abonnements sont néanmoins proposés à des tarifs très différents. À titre d'exemple, les abonnements M2M affichent souvent des prix inférieurs aux services de téléphonie mobile traditionnels (recettes moyennes plus faibles par abonnement), ce qui peut contribuer aux tendances actuelles d'évolution des recettes dans un contexte d'augmentation continue des abonnements.

Les tendances en termes de nombre d'abonnements et de recettes du secteur semblent évoluer de manière indépendante

La corrélation entre l'augmentation du nombre d'abonnements aux services de télécommunications et l'accroissement des recettes du secteur – laquelle ne s'est pas démentie pendant plus d'un siècle – ne semble plus être aussi évidente depuis quelques années. Après avoir culminé en 2008 et 2011, les recettes totales du secteur enregistraient en 2015 une baisse pour la quatrième année consécutive. Entre 2013 et 2015, elles ont connu une baisse de 6 %, passant de 1 312 milliards USD à 1 235 milliards USD (graphique 3.24). Malgré la baisse des recettes du secteur, le nombre d'abonnements aux services de télécommunications a continué de croître à un rythme remarquable, comme depuis déjà plus de 20 ans.

Graphique 3.24. **Tendance des recettes et investissements dans le secteur des télécommunications**

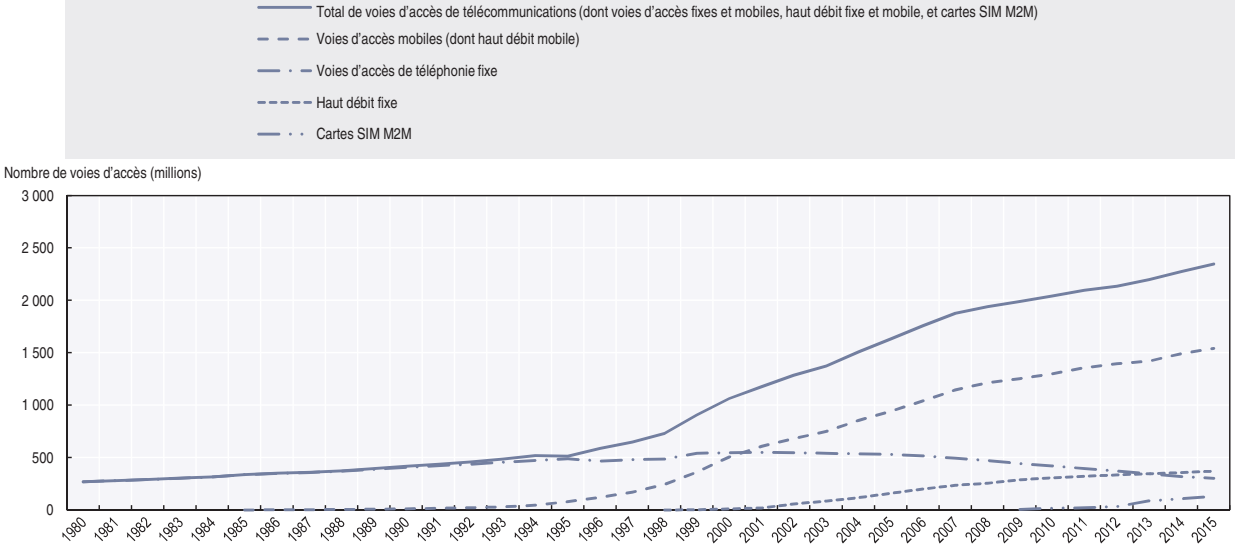


Source : OCDE, « Statistiques sur les télécommunications », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/data-00170-en* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658645*

En 2015, les pays de l'OCDE comptaient plus de 2.3 milliards de voies d'accès de télécommunications (graphique 3.25) – un chiffre en augmentation d'environ 150 millions depuis 2013 pour une hausse globale de 7 %. Les voies d'accès qui connaissent une croissance constante sont les abonnements au haut débit fixe et mobile, ainsi qu'aux services de télécommunications M2M. À l'inverse, le nombre d'abonnements téléphoniques traditionnels sur ligne fixe poursuit la baisse entamée il y a plusieurs années. Cela soulève la question de l'origine de la divergence observée entre l'augmentation du nombre d'abonnements et les recettes globales du secteur des télécommunications.

Graphique 3.25. **Tendances en termes de voies d'accès**



Note : M2M = machine à machine.

Source : OCDE, « Statistiques sur les télécommunications », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/data-00170-en* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658664*

Différents facteurs expliquent l'évolution des recettes et dépenses du secteur des télécommunications. Certains ont une incidence relativement neutre en termes de gains entrants et de paiements sortants. D'autres reflètent une scission plus ancienne de la relation historique entre la croissance des recettes du secteur et l'augmentation du nombre de voies d'accès. Une baisse des tarifs de terminaison entraîne une baisse des recettes, mais également une réduction des coûts. En outre, si les consommateurs achètent des appareils en dehors de toute offre forfaitaire d'abonnement, les recettes générées sont comptées pour le secteur dans son ensemble, et non en tant que recettes de services pour les opérateurs de réseau, ni en tant que coûts – soit une incidence globale que l'on peut considérer comme relativement neutre. À l'inverse, les modifications ayant entraîné une baisse des recettes pour les fournisseurs d'accès, dans une période pourtant marquée par l'augmentation des abonnements, reflètent de manière plus fondamentale un remplacement partiel par de nouveaux acteurs des entités spécialisées dans la fourniture de services et appareils sur ces réseaux.

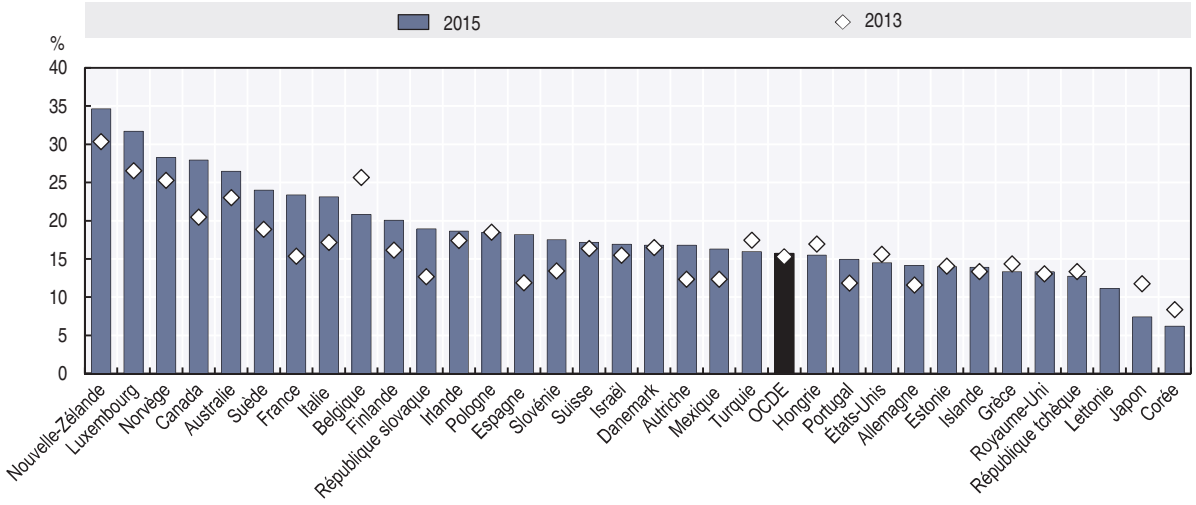
Par le passé, les opérateurs de réseau assurant des services de téléphonie ou de télévision par câble proposaient ce qui pourrait aujourd'hui être considéré comme un écosystème complet d'accès et de services. Bien qu'ils continuent de fournir des voies d'accès et engrangent des recettes grâce aux connexions et à l'exploitation de leurs réseaux par des tiers, ils n'assurent désormais plus nécessairement les applications elles-mêmes. Ces services sont parfois pris en charge par des entités connues sous le nom de « fournisseurs OTT ». Les recettes générées par les services OTT, comme la voix sur IP (VoIP) ou la vidéo à la demande, ne sont pas entièrement intégrées dans les statistiques relatives aux recettes du secteur des télécommunications, à moins d'être fournies directement par les opérateurs d'accès au réseau. En d'autres termes, les recettes globales attribuables à un secteur bénéficiant pourtant d'un accès accru ne sont pas nécessairement en baisse, mais pourraient simplement basculer d'une application à une autre ou se développer dans de nouvelles directions, si l'on en croit l'essor important des services OTT.

Un autre facteur qui pourrait expliquer pourquoi les recettes du secteur des télécommunications ne connaissent pas le même rythme de croissance que les abonnements est justement la nature changeante de ces abonnements. Entre 2013 et 2015, le nombre de lignes de télécommunication fixes traditionnelles a enregistré une baisse de 12.5 %. Sur la même période, les abonnements aux services mobiles ont augmenté de 8.5 %, au haut débit fixe de 7.9 % et aux services M2M de 50.5 %. La tarification de certains de ces services s'avère toutefois sensiblement différente des approches traditionnelles ou du recours plus généralisé à des offres groupées (soit l'inclusion de services auparavant facturés de manière séparée). Bien que le tarif d'un accès illimité à l'internet depuis un véhicule par le biais d'une carte SIM dédiée puisse être identique au tarif appliqué pour le même service depuis un smartphone, ce principe ne s'applique pas nécessairement pour de nombreux autres services M2M (notamment dans certains domaines comme la surveillance de l'environnement à l'aide de capteurs). Ce marché devrait néanmoins connaître un essor important dans les prochaines années et faire naître un grand nombre de nouvelles opportunités pour les réseaux mobiles dans le secteur des entreprises.

En 2015, l'investissement du secteur des télécommunications rapporté aux recettes a progressé, pour atteindre 15.7 % ; d'un montant de 194 milliards USD, il était toutefois inférieur de 3 % au niveau de 2013 en valeur absolue. La Nouvelle-Zélande est le pays qui a proportionnellement consacré la plus grande part de ses recettes aux investissements dans

le secteur des télécommunications (graphique 3.26). Cette part élevée d'investissement est corrélée au développement d'un réseau fixe à haut débit national et à l'élargissement de la couverture du haut débit mobile. Cette tendance se reflète également dans une plus forte demande des abonnements de type « fibre jusqu'à l'abonné » et dans une augmentation du taux de pénétration du fixe par rapport aux autres pays. L'extension de la couverture du haut débit mobile dans les zones rurales reste néanmoins une priorité en Nouvelle-Zélande. En parallèle, des pays comme la Corée, la Lettonie et le Japon, qui bénéficient de la plus forte pénétration de la fibre dans les réseaux fixes et d'une bonne couverture du haut débit mobile, consacrent une part relative plus faible de leurs recettes aux investissements. Dans ces pays, la prochaine augmentation générale attendue des investissements devrait être motivée par l'arrivée des réseaux mobiles 5G.

Graphique 3.26. **Investissement dans les télécommunications en pourcentage des recettes**



Source : OCDE, « Statistiques sur les télécommunications », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/data-00170-en* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658683*

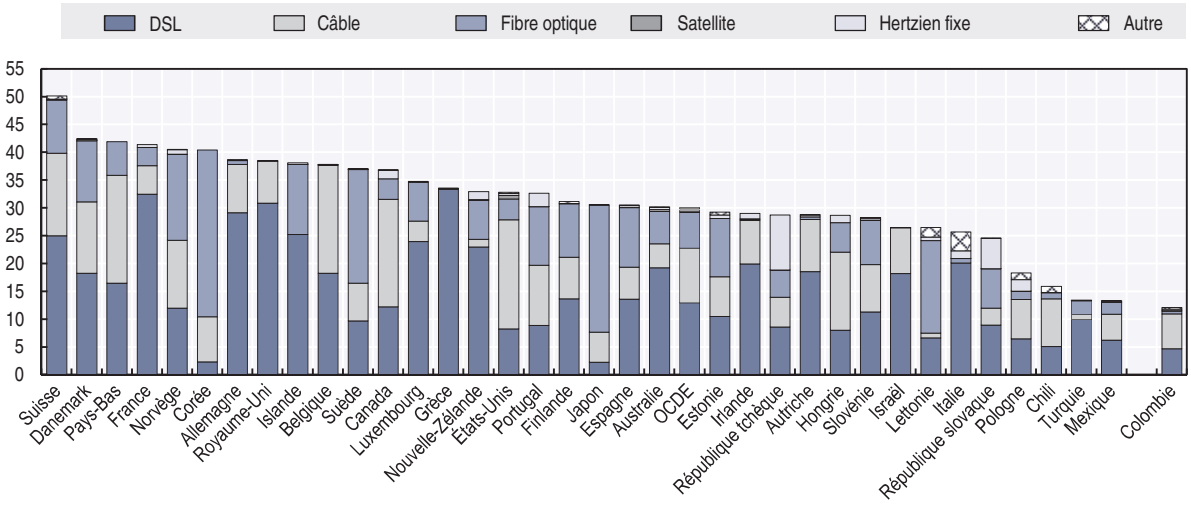
Les réseaux haut débit

Le nombre d'abonnements au haut débit fixe et mobile a continué d'augmenter dans les pays de l'OCDE, confirmant leur complémentarité. Il existe nécessairement un phénomène de remplacement, par exemple lorsque les téléphones mobiles sont utilisés à la place de téléphones fixes pour les services vocaux, mais c'est la connectivité wi-fi assurée par les réseaux fixes qui est la plus sollicitée par les appareils sans fil (smartphones notamment). Les tarifs ont baissé à la fois pour le haut débit fixe et le haut débit mobile – avec une tarification des forfaits mobiles de plus en plus basée sur l'utilisation des données plutôt que sur la téléphonie, ce qui souligne l'augmentation rapide de la demande de données mobiles sur le marché. Pour ce qui est du haut débit fixe, la technologie DSL (*digital subscriber line*) reste la plus plébiscitée, même si elle est progressivement remplacée par la fibre optique à mesure que les opérateurs de réseau investissent dans des infrastructures plus rapides. Au vu de l'importance croissante du haut débit mobile, la présente édition des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* s'est attelée à mesurer pour la première fois l'utilisation réelle des données mobiles et a constaté une forte augmentation du volume de données consommées par abonnement au haut débit mobile sur l'ensemble de la zone OCDE.

Les abonnements au haut débit fixe continuent d'augmenter dans les pays de l'OCDE

Le nombre d'abonnements au haut débit fixe reste en augmentation dans les pays de l'OCDE. Les données disponibles sur le haut débit fixe indiquent que les abonnements dans la zone OCDE ont atteint en décembre 2016 la barre des 387 millions, contre 379 millions un an plus tôt, pour un taux de pénétration moyen de 30.1 %. La Suisse, le Danemark, les Pays-Bas et la France arrivent en tête avec des taux respectifs de 50.1 %, 42.4 %, 41.9 % et 41.4 % (graphique 3.27).

Graphique 3.27. **Nombre d'abonnements au haut débit fixe pour 100 habitants, par technologie, décembre 2016**



Note : DSL = *Digital Subscriber Line* (ligne d'accès numérique).

Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658702

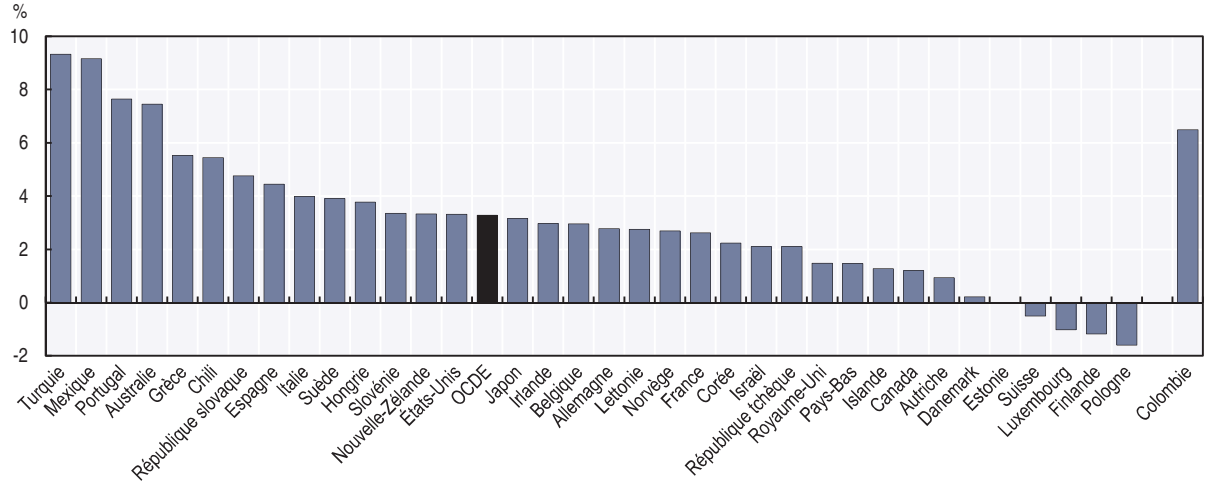
Pour de nombreux pays, la croissance s'avère plus lente que lors des années précédentes – conséquence de leurs taux de pénétration élevés. La Turquie et le Mexique vont toutefois à l'encontre de cette tendance, puisqu'ils affichaient respectivement une augmentation des abonnements de 9.3 % et 9.2 % entre décembre 2015 et décembre 2016. De manière générale, les pays dont les taux sont en plus forte hausse enregistrent également des taux de pénétration inférieurs à la moyenne de l'OCDE. Des augmentations notables ont pu être observées au Portugal (7.6 %), en Australie (7.5 %) et en Grèce (5.5 %) (graphique 3.28).

Dans l'ensemble, les données disponibles indiquent que le haut débit fixe et le haut débit mobile restent considérés sur le marché comme des technologies complémentaires. Dans cinq pays toutefois (Estonie, Suisse, Luxembourg, Finlande et Pologne), le nombre d'abonnements au haut débit fixe a clairement diminué entre décembre 2015 et décembre 2016.

Le wi-fi est sans aucun doute la technologie qui représente le mieux la complémentarité des réseaux fixes et mobiles. OpenSignal, un outil qui exploite les données participatives fournies par les utilisateurs de smartphones volontaires, illustre parfaitement ce phénomène. En août 2016, OpenSignal établissait un rapport sur la proportion de connexions au wi-fi de ses utilisateurs. Parmi les pays de l'OCDE, les taux allaient de 40 % du temps pour la Turquie à

70 % aux Pays-Bas. Ces chiffres reflètent vraisemblablement le taux de pénétration élevé des réseaux haut débit fixes aux Pays-Bas – parmi les plus élevés de l'OCDE – ainsi que la forte densité de population du pays, et par conséquent la plus grande proximité de la couverture wi-fi. Comme souligné par OpenSignal, ces chiffres rendent compte de la durée de connexion au wi-fi et non du volume de données téléchargées. Tous les indicateurs disponibles montrent néanmoins que les utilisateurs téléchargent la plus grande partie des données constituant le trafic sur smartphone lorsqu'ils sont connectés à des réseaux wi-fi. Cette part peut s'élever à plus de 80 % dans certains pays de l'OCDE, et même être supérieure dans les pays où le taux d'accès à l'internet est plus faible. En Inde par exemple, les utilisateurs du wi-fi fourni par Google en partenariat avec RailTel (opérateur de télécommunications disposant d'un réseau de fibre optique en bordure de voies ferrées), consomment 15 fois plus de données depuis leurs smartphones que les jours où ils utilisent uniquement les réseaux cellulaires (Rajan, 2016). Les principaux facteurs expliquant ce phénomène sont la disponibilité de réseaux de collecte de fibre optique et d'une alimentation électrique fiables dans les gares ferroviaires indiennes, ainsi que la gratuité complète de ce service pour les utilisateurs. Autrement dit, les utilisateurs indiens considèrent cet accès gratuit de la même manière que les utilisateurs des pays de l'OCDE qui voient l'accès au wi-fi comme étant plus économique que l'accès à l'internet sur les réseaux cellulaires.

Graphique 3.28. **Nombre d'abonnements au haut débit fixe pour 100 habitants en pourcentage d'augmentation, décembre 2015 à décembre 2016**



Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658721

En un sens, toutes les technologies sans fil sont pour ainsi dire des extensions des réseaux fixes. Le wi-fi prolonge les réseaux fixes sur une courte distance, alors que les réseaux cellulaires les étendent sur des zones beaucoup plus vastes, mais dans les deux cas ils permettent une automatisation nomade de l'internet. La question de savoir quelle technologie vient remplacer l'autre n'a que peu de sens dans la mesure où l'utilisateur fera ses choix en fonction de son type d'abonnement (par exemple : volume de données inclus dans le forfait plus ou moins élevé ; absence de nécessité de souscrire personnellement un service fixe si le wi-fi et un réseau cellulaire suffisent ; ou même résiliation de l'abonnement à un réseau cellulaire conventionnel si les services se basant principalement sur le wi-fi ou des services de type FreedomPop répondent déjà aux besoins de l'utilisateur).

Toutes les données disponibles actuellement indiquent, dans la majorité des cas, que la possibilité de basculement d'un réseau à l'autre entre désormais en considération dans le choix de la technologie d'accès d'un utilisateur à n'importe quel moment, et non plus seulement entre deux périodes d'abonnement. En d'autres termes, la plupart des utilisateurs basculent d'un réseau cellulaire vers le wi-fi lorsqu'ils sont à leur domicile ou sur leur lieu de travail. Ils conservent cependant leurs deux abonnements (fixe et mobile) en raison de leur nature complémentaire. Le délestage du trafic qui en découle bénéfice par ailleurs autant aux opérateurs cellulaires qu'aux utilisateurs. Cette relation pourrait à terme être remise en cause si les réseaux cellulaires proposaient des débits et des seuils de données plus élevés. En effet, si ces améliorations suffisaient à répondre aux besoins des utilisateurs, ces derniers pourraient alors décider d'abandonner tout simplement leur abonnement fixe à domicile. Des premiers signes de ce phénomène auraient été observés en Finlande et en Lettonie, mais il est possible que d'autres facteurs contrebalancent ces développements.

Dans la plupart des pays, la principale contrainte au basculement du haut débit fixe vers les réseaux cellulaires est une question de capacité, qu'il s'agisse de la quantité de bandes de fréquences disponibles ou du type de technologie de réseaux de collecte utilisée pour la connexion aux antennes cellulaires. La consommation de données depuis des smartphones fait peser une charge bien plus importante sur les réseaux que ne le faisait la simple téléphonie mobile. Ainsi, le nombre d'utilisateurs simultanés qui accèdent à des données est plus limité que dans le cas de la téléphonie. Cela est notamment visible dans le mode de tarification des réseaux cellulaires, dans les débits réels disponibles proposés par rapport aux réseaux fixes, et dans le volume de données téléchargées par les utilisateurs sur ces deux types de réseaux. Au quatrième trimestre 2015 par exemple, l'utilisateur mobile moyen en Australie téléchargeait 1.4 gigaoctet (Go) de données par mois (ABS, 2016). Le volume moyen de téléchargement enregistré par le réseau national australien (National Broadband Network), regroupant un ensemble de technologies fixes, était 80 fois plus élevé sur la même période.

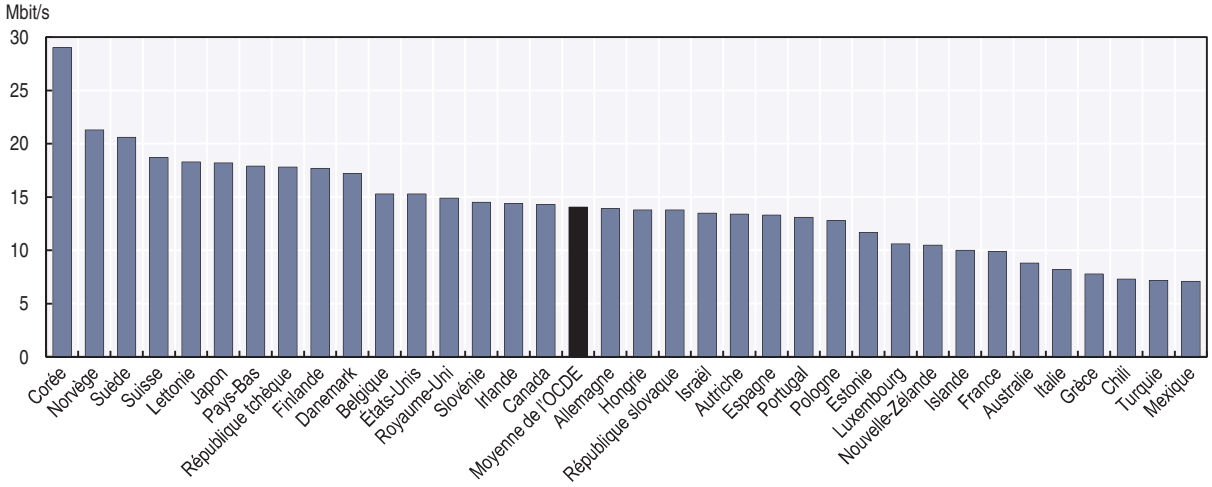
Débit et technologie

Depuis l'introduction des premiers services commerciaux à haut débit fixe dans la seconde moitié des années 90, certains ont toujours fait figure d'exceptions au regard des débits élevés qu'ils proposaient aux consommateurs. Les services destinés aux entreprises correspondent à cet égard à un tout autre segment de marché. Cela s'explique par le fait que les offres individuelles à l'intention des professionnels, des établissements d'enseignement et du secteur public peuvent être adaptées à leurs exigences particulières par le biais de produits tels que la location de lignes entre sites spécifiques. Mettre en avant les principales offres faites aux consommateurs s'avère particulièrement utile dans la mesure où cela permet à toutes les parties prenantes d'anticiper les évolutions à venir et d'ajuster leurs propres trajectoires.

Au cours de la période concernée par cette étude, la vitesse de téléchargement maximale annoncée dans la zone OCDE était de 10 Gbit/s – un débit disponible dans un nombre très limité d'offres (au Japon notamment) même si celles-ci ne sont pas encore déployées dans l'ensemble des pays concernés. En la matière, l'expérience montre néanmoins que la mise en œuvre généralisée dans tous les pays de tels débits pourrait nécessiter au moins une décennie. En 2002 par exemple, les opérateurs sud-coréens ont commencé à proposer un haut débit à 10 mégabits par seconde (Mbit/s), donnant ainsi le ton à tous les autres opérateurs de

cette époque. Aujourd'hui, les bases de comparaison utilisées notamment pour la définition de services à haut débit ou pour la fourniture de niveaux de services effectifs, dépassent ce seuil dans de nombreux pays. Malgré ces développements notables, le déploiement de tels débits sur l'ensemble du territoire géographique représente encore un véritable défi dans ces pays. Il s'agit de l'une des raisons qui expliquent que les débits moyens varient sensiblement entre les pays de l'OCDE (graphique 3.29) et qu'il reste préférable d'évaluer les débits par catégorie en fonction du taux de pénétration (graphique 3.30).

Graphique 3.29. **Débit moyen fourni par Akamai, T1 2016**

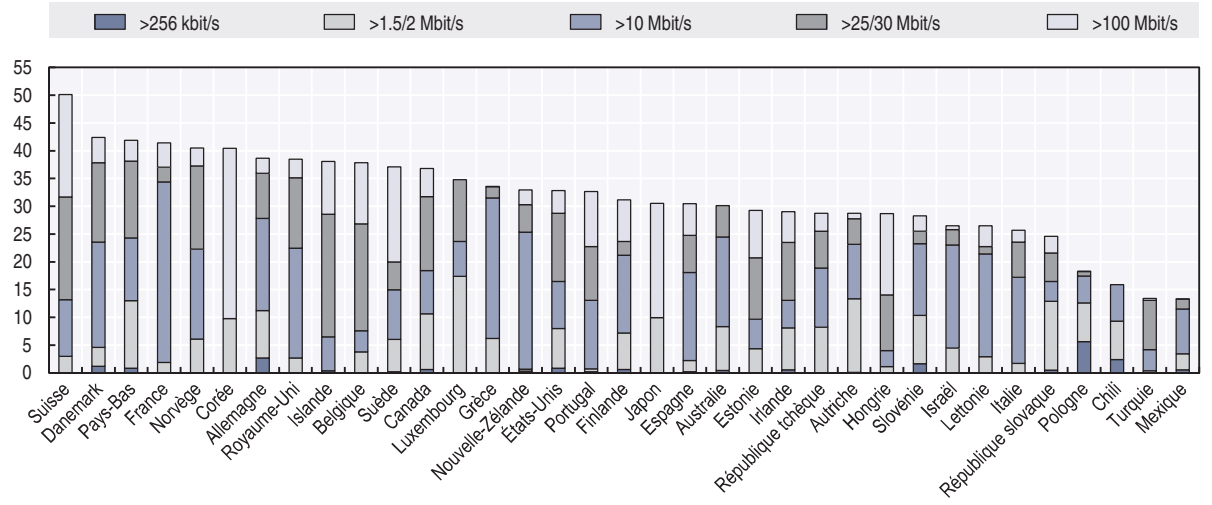


Note : Mbit/s = mégabits par seconde.

Source : Akamai (2016), « *Akamai's State of the Internet Report: Q1 2016 Report* » (Rapport d'Akamai sur l'état de l'internet : 1er trimestre 2016), *www.akamai.com/us/en/multimedia/documents/state-of-the-internet/akamai-state-of-the-internet-report-q1-2016.pdf*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658740*

Graphique 3.30. **Nombre d'abonnements au haut débit fixe pour 100 habitants, par catégorie de débit, décembre 2016**



Note : En Corée, 96.2 % des abonnements offrent un débit supérieur à 50 Mbit/s. Mbit/s = mégabits par seconde ; kbit/s = kilobits par seconde.

Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658759*

Les offres commerciales promettant un débit de 1 Gbit/s sont de plus en plus courantes dans la zone OCDE, et particulièrement dans les pays proposant la fibre jusqu'à l'abonné ou des réseaux câblés haut débit améliorés. Cela est notamment le cas des pays à forte densité de population, comme le Japon et la Corée, ainsi que dans un nombre grandissant de villes aux États-Unis, en Nouvelle-Zélande et en Suède. Les offres résidentielles à 1 Gbit/s sont plus courantes dans les zones où il existe une forte concurrence des opérateurs en termes d'infrastructures ou entre les fournisseurs exploitant des réseaux de gros. En Corée par exemple, la concurrence au niveau des infrastructures est telle qu'il n'est pas rare que certains appartements résidentiels aient accès à trois fournisseurs différents de « fibre jusqu'au bâtiment ». Cela signifie que les copropriétaires d'un immeuble, auxquels appartient le câblage intérieur, se trouvent en position de force pour négocier des tarifs très compétitifs pour le raccordement de l'ensemble des résidences. Les services à 1 Gbit/s sans limitation du volume de données sont ainsi disponibles en Corée pour environ 25 USD par mois.

Dans les pays où les villes présentent un mélange plus marqué d'appartements et de maisons d'habitation, les offres à 1 Gbit/s sont également de plus en plus courantes. Dans leur majorité, les services à 1 Gbit/s proposés aux États-Unis le sont dans le cadre d'une concurrence des infrastructures de bout en bout, plutôt que par séparation fonctionnelle ou structurelle opérée par des fournisseurs de réseaux de gros. Dans certains cas, les fournisseurs d'accès à l'internet (FAI) exploitent la technique du dégroupage associée aux lignes de télécommunication comme tremplin pour l'installation de leurs propres réseaux de fibre optique à 1 Gbit/s, à l'instar de Sonic Internet à San Francisco. Cette société propose une offre d'accès à l'internet jusqu'à 1 Gbit/s sans limitation du volume de données et de la téléphonie pour 40 USD par mois.

Bien que Sonic Internet ait bénéficié de réglementations permettant le dégroupage d'un réseau de télécommunications existant et suivi la stratégie de l'« échelle de l'investissement » pour le développement de son propre réseau de fibre optique, c'est une tout autre approche qui a été adoptée par Layer3 TV. En septembre 2016, cette start-up faisait son entrée sur le marché de Chicago en tant que détaillant proposant un accès au haut débit câblé basé sur des ententes commerciales. Ce modèle n'est toutefois pas assimilable à ce que l'on considère généralement comme un accès en gros ou encore un service OTT. En réalité, l'intention de Layer3 n'est pas d'œuvrer en tant que FAI offrant à ses clients un accès au haut débit physique sur réseau câblé. À certains égards, Layer3 fonctionne plutôt comme un réseau de distribution diffusant directement ses contenus vidéo jusqu'au client final sur le réseau à haut débit du câblo-opérateur, qui fait alors office de simple FAI. Pour profiter des contenus de Layer3 TV, les clients doivent souscrire séparément un service d'accès au haut débit, et contracter par exemple un abonnement à l'internet de 25 Mbit/s pour 49 USD par mois avec engagement de deux ans, en plus de la redevance correspondant au service de Layer3 TV. Le cas échéant, les utilisateurs doivent également assumer les frais supplémentaires liés au modem-câble utilisé ou aux données consommées au-delà de l'éventuel seuil forfaitaire autorisé. Alors que certains estiment que le phénomène de « *cord cutting* » (résiliation des abonnements multiples au profit de services en ligne) touchera de plus en plus la télévision par câble traditionnelle, Layer3 a bien l'intention d'attirer des consommateurs avec ce qui est présenté comme un boîtier décodeur supérieur, optimisé pour la navigation et intégrant de nombreuses fonctionnalités, sans période d'engagement et proposant une combinaison de programmes par câble traditionnels, de chaînes de télévision et de contenus en ligne.

Si la stratégie de Layer3 TV est couronnée de succès, les réseaux câblés haut débit d'autres pays pourraient eux aussi envisager des ententes commerciales du même type pour les détaillants, surtout si le phénomène de *cord cutting* se renforce au détriment des approches traditionnelles. Dans une période où les régulateurs étudient de près le cas des boîtiers décodeurs afin de déterminer dans quelle mesure les « jardins fermés » peuvent porter préjudice au principe de concurrence, le secteur du haut débit câblé doit faire face à autant d'évolutions que le secteur des télécommunications a pu connaître pendant de nombreuses années. Outre les modifications structurelles de la demande des consommateurs, stimulée par la disponibilité de contenus OTT, nous avons assisté à une augmentation du nombre de boîtiers décodeurs disponibles, proposés par des sociétés comme Amazon, Apple, Google, Roku et de nombreuses autres. Les capacités de ces appareils dépassent de loin la simple navigation entre programmes et disposent de fonctionnalités qui s'apparentent par exemple à celles d'assistants numériques. Ils intègrent également des applications capables d'exploiter des contenus proposés par des acteurs traditionnels ou des fournisseurs de services OTT. En France par exemple, Apple TV prend en charge l'application Molotov.tv, laquelle diffuse des contenus de fournisseurs de programmes télévisés à la fois gratuits et payants. Ces évolutions pourraient aider les réseaux câblés à mieux appréhender les nouvelles formes de concurrence générées par des acteurs comme Twitter, qui a lancé une application pour les appareils de type Apple TV, Amazon Fire TV et Xbox One qui permet aux utilisateurs de regarder gratuitement des événements sportifs tout en parcourant des contenus sur mesure depuis des applications comme Periscope. Le boîtier décodeur Layer3 TV donne également accès à d'autres services OTT (Amazon et Netflix notamment) et intègre différents médias sociaux. En ce sens, il vise à proposer des services qui vont au-delà de ceux proposés par les boîtiers décodeurs standards de télévision par câble. Pour répondre à cette nouvelle concurrence, les FAI traditionnels ont eux aussi lancé des offres visant à assurer la distribution de contenus vidéo. Ainsi, aux États-Unis, le câblo-opérateur Comcast a mis en service son système X1, lequel rassemble des contenus vidéo propriétaires et venant d'autres fournisseurs, et assure des fonctions comparables à celles de boîtiers décodeurs tiers.

L'impact de ces évolutions sur les fournisseurs d'infrastructures reste encore à déterminer. Certains, forts de nombreuses années d'expérience sur le marché des services et des infrastructures de bout en bout, parviendront sans aucun doute à tirer leur épingle du jeu. À l'inverse, les réseaux publics risquent de rencontrer d'importantes difficultés pour répondre à une demande en pleine mutation, sachant que leur principale force réside vraisemblablement dans la mise en place d'une infrastructure publique de base plutôt que dans la fourniture de services, à moins qu'ils n'assurent un certain degré d'ouverture donnant aux détaillants suffisamment de latitude pour innover. Un réseau de bout en bout peut par exemple proposer un service symétrique s'il existe une demande des consommateurs pour ce type de prestation. Un réseau de détail ne peut quant à lui proposer un tel service que si le fournisseur de gros en autorise la vente. C'est la raison pour laquelle les réseaux de gros publics rencontrant le plus de succès sont généralement ceux qui offrent aux détaillants la plus grande latitude, à l'instar de Stokab en Suède. Pour résumer, les détaillants disposent ainsi des mêmes capacités que les réseaux de bout en bout pour répondre à la demande des consommateurs, même si l'expérience d'UTOPIA (réseau municipal ouvert déployé dans l'Utah) montre que ce modèle n'offre aucune garantie de réussite.

L'un des exemples les plus significatifs de réseau à séparation structurelle nous est offert par Singapour, où la société d'infrastructure de gros met son réseau de fibre optique

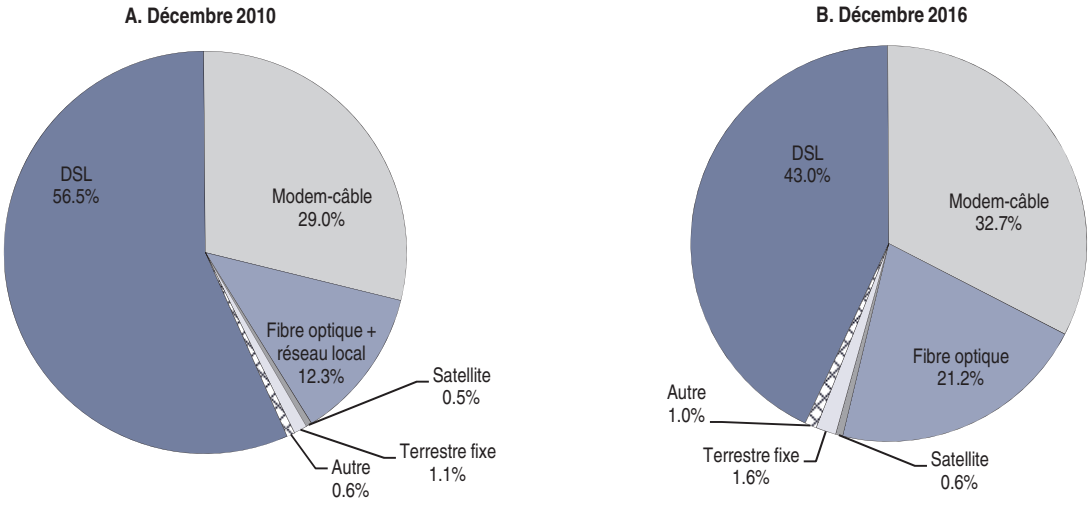
noire à la disposition des FAI qui ont alors la possibilité de proposer n'importe quelle couche de services sur cette base. Singapour figure ainsi parmi les premiers pays à disposer de services commerciaux grand public à 10 Gbit/s, mais également à donner aux FAI la possibilité de configurer l'accès au haut débit selon les modalités qu'ils considèrent les plus susceptibles d'inciter à l'adoption des services qu'ils proposent. L'un des exemples de ces services est la mise à disposition des clients de deux connexions à fibre optique de 1 Gbit/s distinctes pour un seul et même foyer. Bien que de nombreux pays affichent des taux de pénétration de la téléphonie mobile supérieurs à 100 % (du fait que les utilisateurs peuvent disposer de plusieurs cartes SIM), Singapour est devenu le seul pays au monde où le nombre d'abonnements au haut débit fixe dépasse le nombre de ménages. Cela ne signifie évidemment pas que plus de 100 % des ménages disposent d'une telle connexion, mais plutôt que Singapour compte plus d'abonnements au haut débit fixe que de lieux d'habitation. Autrement dit, alors qu'ils évoluent sur un marché très concurrentiel, les FAI se sont montrés particulièrement performants en appréhendant la demande d'une manière qui n'aurait pas nécessairement été naturelle pour un fournisseur de gros. À titre d'exemple, le FAI singapourien MyRepublic propose un accès à l'internet à 1 Gbit/s pour l'équivalent de 36 USD, et deux connexions pour seulement 43 USD. Il paraît évident qu'aussi bien les fournisseurs au détail que les consommateurs sont séduits par le coût marginal d'une approche aussi novatrice, et par les arrangements qu'elle rend possibles en termes de vente en gros.

En plus de proposer des accès multiples à 1 Gbit/s, la méthode appliquée par MyRepublic pour assurer la qualité de ses services se base sur l'affectation de priorités aux transferts de données en fonction des différents types de trafic. Certains considèrent toutefois que ces pratiques pourraient dans d'autres pays aller à l'encontre des règles de non-discrimination inhérentes au principe de neutralité des réseaux. Un autre aspect important des développements qu'a pu connaître Singapour consiste en l'apparition d'offres forfaitaires d'abonnement destinées aux utilisateurs souhaitant disposer de connexions à 1 Gbit/s dévolues en priorité aux jeux vidéo. Si un utilisateur estime que l'absence de latence est essentielle à son expérience de jeu en ligne, le forfait « GAMER » développé par MyRepublic lui permet de bénéficier d'un routage personnalisé dans le but d'optimiser ses performances de jeu. Les fonctionnalités comme le routage personnalisé sont généralement réservées aux offres forfaitaires pour professionnels dans le cadre d'accords de service spécifiques, et non à destination des particuliers.

La question pour les décideurs et les régulateurs n'est pas de savoir pourquoi les utilisateurs estiment avoir besoin d'une connexion à 1 Gbit/s, pourquoi certains souhaitent disposer de deux connexions de ce type dans des pièces différentes d'un même foyer, ou encore pourquoi d'autres sont prêts à payer plus pour une connexion optimisée qu'ils voient comme un avantage dans leur pratique des jeux vidéo en ligne. On constate une évolution rapide dans la demande des consommateurs à la fois en termes d'utilisation des connexions à haut débit, mais aussi au regard des aspects qui en stimulent l'adoption et permettent le développement des infrastructures. Le défi auquel sont confrontés les décideurs et les régulateurs consiste à faire en sorte que le marché soit en mesure de répondre rapidement à cette demande. Pour cela, ils doivent assurer une libre concurrence entre les fournisseurs d'infrastructures de bout en bout ou permettre aux fournisseurs de gros d'optimiser la capacité des détaillants à répondre à cette demande de la même manière que les fournisseurs de bout en bout sur un marché fortement concurrentiel. Il s'agit d'un environnement particulièrement sensible aux mutations des technologies d'accès.

Le DSL représente aujourd'hui 43 % des abonnements au haut débit fixe mais continue de perdre du terrain au profit de la fibre optique, laquelle compte pour 21.2 % des abonnements contre 12.3 % en décembre 2010 (graphique 3.31). Dans leur grande majorité, le reste des abonnements sont des abonnements au câble (32.7 %). Le Japon, la Corée, la Lettonie et la Suède affichent la part la plus importante de fibre optique dans l'offre de haut débit fixe, respectivement à hauteur de 74.9 %, 74.2 %, 62.7 % et 55 %.

Graphique 3.31. **Abonnements au haut débit fixe, par technologie, zone OCDE**



Note : DSL = *Digital Subscriber Line* (ligne d'accès numérique) ; LAN = *Local Area Network* (réseau local).

Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658778

Des améliorations sont disponibles pour tous les types de connexions à haut débit fixe afin d'assurer le raccordement final jusqu'aux utilisateurs. Pour les réseaux câblés haut débit, il s'agit de la technologie DOCSIS 3.1, constituant un ensemble de spécifications prenant en charge un débit descendant de 10 Gbit/s et ascendant de 1 Gbit/s dont les premières applications commerciales sont d'ores et déjà proposées à 1 Gbit/s par des sociétés comme Comcast dans des villes sélectionnées aux États-Unis. Dans le cas des réseaux cuivre historiques, des technologies de type XG.Fast ont également permis d'atteindre en laboratoire des débits jusqu'à 10 Gbit/s. Les offres commerciales basées sur les technologies DSL (le VDSL2 par exemple) restent cependant généralement limitées à 100 Mbit/s, comme en Australie ou en Allemagne.

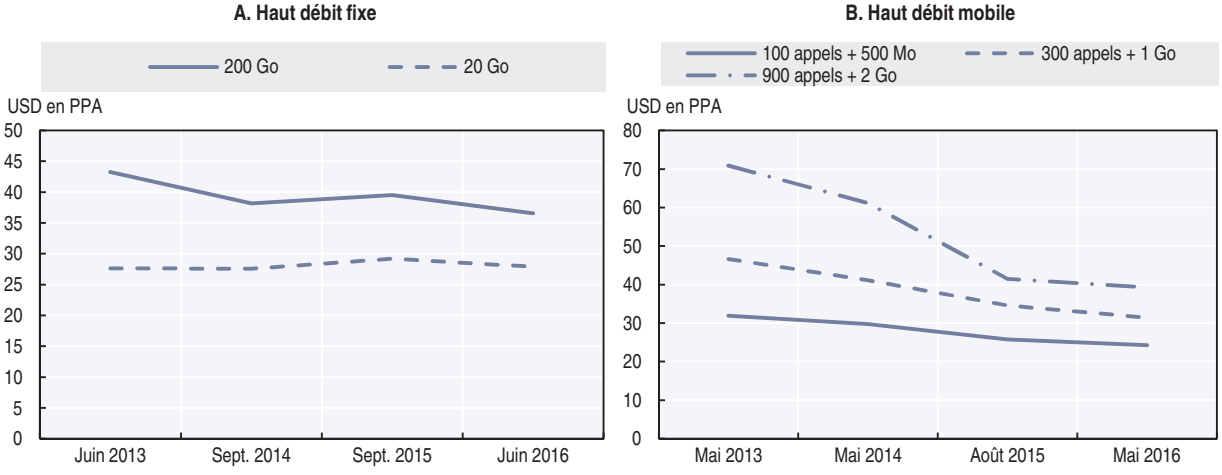
En termes d'accès au haut débit, les réseaux cuivre sont confrontés à deux difficultés de taille. La première est l'altération du débit à mesure que la distance augmente, en raison de l'affaiblissement du signal. La seconde est l'existence d'interférences entre des lignes cuivre regroupées dans un même faisceau. Pour lutter contre ce phénomène il existe une technologie appelée « vectorisation », laquelle permet d'annuler le bruit généré par ces différentes lignes et d'assurer ainsi des débits supérieurs. Ces technologies, que ce soit le DOCSIS ou le DSL, visent néanmoins toutes un même objectif : rapprocher les réseaux fibre de collecte au plus près des abonnés. Exécutée au maximum de ses capacités, cette approche permet un déploiement de la fibre jusqu'aux installations du client, qu'il s'agisse de locaux professionnels ou d'une habitation. Ce type d'architecture est généralement appelé « fibre jusqu'au domicile », mais il existe de nombreux autres points de raccordement possibles sur un réseau, auquel cas on

parlera de « fibre jusqu'au répartiteur » ou de « fibre jusqu'au sous-répartiteur ». Bien que les opérateurs mettent en place différentes architectures réseau en fonction de facteurs très variés et ne s'accordent pas nécessairement sur le point de raccordement le mieux adapté pour un réseau particulier, ils s'attachent néanmoins tous à renforcer le déploiement de la fibre optique sur leurs réseaux. C'est la raison pour laquelle tout déploiement de la fibre optique est considéré comme « à l'épreuve du temps », car quelle que soit la manière dont les connexions finales évoluent la fibre optique reste incontournable pour assurer l'efficacité des réseaux de collecte. Cela inclut les réseaux mobiles et hertziens fixes. La principale difficulté pour les décideurs est de ne pas se montrer prescripteurs dans les choix de technologie, mais plutôt de créer les conditions pour que toute option technologique puisse faire l'objet d'un minimum de concurrence et que toute innovation suscitée par la demande puisse être encouragée. Dans les pays où il existe une concurrence dans la fourniture de réseaux de bout en bout, cela implique qu'il doit également exister une concurrence suffisante au niveau des infrastructures de lignes fixes. En revanche, dans le cas des réseaux s'appuyant sur un accès réglementé, cela signifie que les fournisseurs de gros n'ont pas la possibilité d'étouffer la concurrence ou de limiter l'innovation chez les fournisseurs au détail.

Tarification

Entre 2013 et 2016, les pays de l'OCDE ont connu une baisse des tarifs moyens de l'accès au haut débit aussi bien fixe que mobile (graphique 3.32). Ces conclusions découlent d'une comparaison sur la durée de paniers de tarifs moyens spécifiques à l'OCDE pour les services de télécommunications. Ces paniers ont été élaborés pour fournir un aperçu des tarifs pratiqués à un moment donné, et non pour renseigner sur leur évolution dans le temps. L'offre la plus basse est alors systématiquement sélectionnée, même si ses caractéristiques peuvent être différentes des offres précédentes (débit supérieur, volume de données autorisé accru, etc.). Cela dit, il convient néanmoins d'envisager la moyenne de tous les pays de l'OCDE comme un indicateur des tendances à venir, même si tous les paniers de tarifs sont disponibles à la consultation en ligne et offrent des valeurs plus précises pour comparer un pays donné à ses homologues.

Graphique 3.32. **Tendances des prix du haut débit fixe et mobile dans la zone OCDE, 2013-16**



Note : PPA = parité de pouvoir d'achat ; Go = gigaoctets ; Mo = mégaoctets.

Source : « Teligen Tariff & Benchmarking Market », données de Strategy Analytics Ltc., selon la méthodologie de l'OCDE, *https://www.strategyanalytics.com/access-services/networks/tariffs---mobile-and-fixed#.WUfZ7m997IU*.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658797

Une tendance commune rassemble les services de haut débit fixe et mobile. En effet, dans les deux cas, on assiste à une diminution du prix des données, avec les baisses les plus significatives pour les forfaits incluant un volume important de données. Cela est notamment visible dans le tarif relativement stable des forfaits au haut débit fixe à faible volume de données (20 Go/mois). À l'inverse, entre juin 2013 et juin 2016, la moyenne des forfaits à 200 Go a baissé de 15.4 %, passant de 43.25 USD à 36.57 USD en parité de pouvoir d'achat. Les prix du haut débit mobile ont également diminué – les baisses les plus importantes concernant les volumes les plus élevés. En mai 2013, un utilisateur mobile dépensait 70.88 USD pour un forfait à 2 Go, mais il ne dépensait plus que 39.28 USD (en parité de pouvoir d'achat) en mai 2016. Pendant cette période, tous les modes d'utilisation ont bénéficié d'une baisse des tarifs : environ 44.5 % pour les forfaits à 2 Go, 32.6 % pour les forfaits à 1 Go et 23.9 % pour les forfaits à 500 mégaoctets (Mo).

Même si les prix unitaires sont en baisse, tous les utilisateurs ne bénéficient pas de ces réductions. Ils peuvent en effet préférer consacrer la même somme à leur connexion et bénéficier d'un forfait incluant un volume supérieur de données, un débit plus élevé, etc. Sur les marchés des télécommunications mobiles, où les baisses enregistrées ont été les plus importantes, ces tendances sont dans certains pays dues à une concurrence particulièrement vive, mais aussi à une évolution des seuils de données pour s'adapter à une demande plus forte. Ces différents facteurs sont abordés dans la section suivante consacrée aux marchés des télécommunications mobiles en termes de technologies, de débit et de tarification.

Les abonnements au haut débit mobile atteignent de nouveaux records

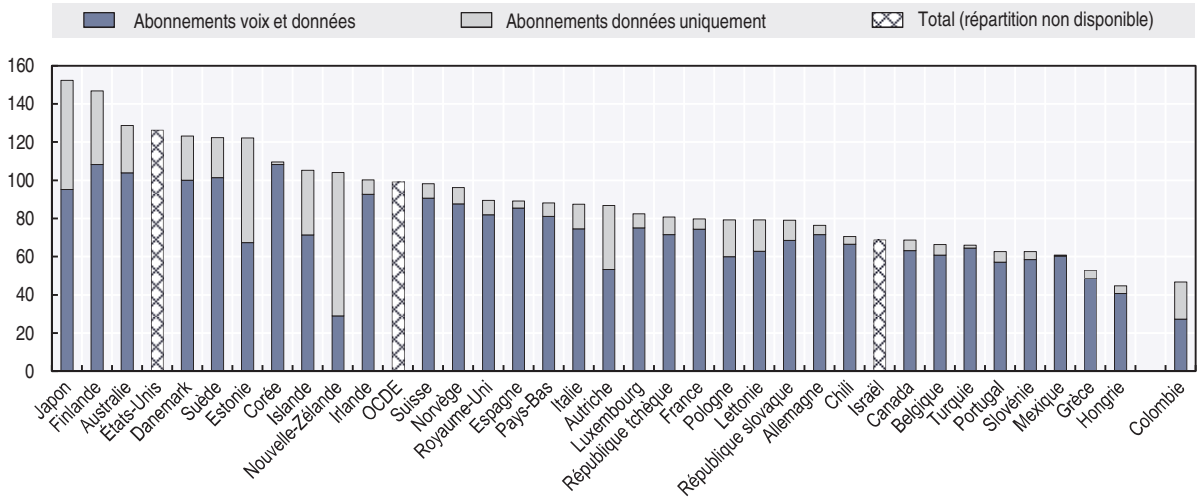
En décembre 2016, le taux de pénétration du haut débit mobile avait atteint 99.3 % dans la zone OCDE (contre 91 % en décembre 2015). Autrement dit, on comptait alors presque un abonnement au haut débit mobile par habitant (graphique 3.33). Toujours en décembre 2016, l'augmentation de 113 millions de nouveaux abonnements au haut débit mobile dans les pays de l'OCDE entraînait une hausse en glissement annuel de 10 %, favorisée par la croissance continue de l'utilisation des smartphones et des tablettes, faisant ainsi passer le total d'abonnements dans l'OCDE à 1.275 milliard pour une population cumulée de 1.28 milliard.

Sur la base des données des 35 pays de l'OCDE, il apparaît qu'entre décembre 2014 et décembre 2016 le Japon a relégué la Finlande à la deuxième place en termes de pénétration du haut débit mobile, avec un taux de 152 % contre 147 % en Finlande. Les États-Unis sont quant à eux passés de la huitième à la quatrième place, ce qui reflète bien la demande croissante de vidéos mobiles et de données de manière générale, et l'apparition d'offres de plus en plus concurrentielles dans ce segment du marché.

Débit et technologie

Par souci de simplicité, les différentes générations de réseaux mobiles sont généralement regroupées sous les appellations « 2G », « 3G » et « 4G », bien qu'il existe une grande variété de technologies associées à ces évolutions. Ces trois générations sont toujours en service aujourd'hui, même si 20 ans après leur déploiement certains réseaux GSM 2G commencent pour la première fois à être démantelés. Telstra en Australie et AT&T aux États-Unis ont entièrement mis hors service leur réseaux 2G au cours de l'année 2016. De son côté, Singapour a désactivé simultanément l'ensemble de ses réseaux 2G au mois d'avril 2017. De nombreux opérateurs de réseaux GSM, au Canada et en Suisse notamment, ont annoncé leur intention de suspendre définitivement leurs services 2G entre 2018 et 2021.

Graphique 3.33. **Nombre d'abonnements au haut débit mobile pour 100 habitants, décembre 2016**



Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658816

La popularité des smartphones a fait que les consommateurs sont depuis longtemps passés aux services 3G et 4G, mais les réseaux 2G restent largement utilisés pour les communications M2M. Il y a plusieurs raisons à cela, comme le faible coût des équipements 2G (modems) et le fait que certaines applications M2M n'utilisent que peu de données et n'ont pas besoin d'un débit élevé, ou encore la durée de vie importante des appareils (alors que les consommateurs changent de téléphone environ tous les deux ans, les équipements M2M peuvent être utilisés pendant au moins une dizaine d'années). Par rapport au nombre d'antennes utilisées uniquement pour la 3G, le nombre d'antennes de téléphonie mobile assurant la couverture 4G continue d'augmenter dans les pays de l'OCDE. En outre, les premiers essais des réseaux dits « 5G » ont vu le jour en 2016, même si cette norme est toujours en discussion.

Par de nombreux aspects, les réseaux 4G ou plus exactement à la LTE (technologie d'évolution à long terme) correspondaient à une mutation technologique majeure, car il s'agissait des premiers réseaux mobiles conçus pour un système sur IP affichant une latence de transfert bien inférieure à celle des architectures 3G. Les projets basés sur les réseaux 5G visent à optimiser encore davantage les capacités de transfert de données, et bien qu'aucune norme officielle n'ait encore été établie, les expériences passées montrent que certains opérateurs n'attendront pas la publication de ces normes pour proposer des services 5G dans l'espoir de s'emparer de parts de marché et répondre à une demande en plein essor. La particularité des réseaux 5G consiste en l'utilisation de cellules de plus petite taille et, à l'instar des services 4G, en la nécessité d'améliorer les capacités des réseaux de collecte sur réseaux fixes à des fins de délestage du trafic.

Tarification

Alors que les baisses de tarifs sont parfois considérées dans les médias comme la conséquence directe d'une « guerre des prix », elles peuvent aussi être attribuées dans le secteur des communications mobiles à des mutations plus fondamentales sur un marché marqué par de nombreux bouleversements technologiques et commerciaux, mais aussi

par une demande des consommateurs en constante évolution. L'apparition d'un nouvel opérateur de réseau mobile (*mobile network operator* ou MNO) ou un changement de stratégie chez un acteur existant désireux de remporter des parts de marché entraîne presque systématiquement une modification de la tarification des offres visant à attirer toujours plus de clients. Les marchés des télécommunications mobiles actuels sont sujets aux mêmes forces observées précédemment sur les marchés des télécommunications fixes au moment de leur convergence avec l'internet. Ce phénomène peut être observé dans le basculement entre une tarification principalement axée sur la téléphonie vers une tarification basée sur l'utilisation des données.

La tarification des services 4G est souvent très différente de celle des services 3G, grâce à l'exploitation d'une architecture conçue spécifiquement pour le trafic IP. En France par exemple, Iliad Free Mobile propose depuis 2015 un forfait incluant 3 Go de données par mois en 3G, mais aussi 50 Go de données en 4G, sous la forme d'un seul et même abonnement. Autrement dit, à mesure que la couverture 4G se développe, les volumes de données disponibles augmentent eux aussi pour un même tarif initial. Dans d'autres pays, on assiste à des mutations similaires mais sous d'autres formes. La tendance générale reste un basculement entre une tarification séparée de la voix et des SMS (inclus sans limitation dans le cadre d'un forfait global) vers une tarification reflétant réellement la consommation de données. Pour résumer, si l'on considère que la 2G et la 3G étaient optimisées pour la voix et la 4G pour les données, les bouleversements observés dans un nombre croissant de pays ne seraient pas tant la conséquence d'une « guerre des prix » que les signes d'un ensemble de modifications qui marquent la fin d'une situation de *statu quo* sur ce marché.

Bien qu'on ait souvent évoqué une tendance à la baisse des offres incluant des données illimitées pour les services mobiles suite à l'essor rapide des smartphones, ces offres n'ont en réalité jamais été très fréquentes dans les pays de l'OCDE. Les États-Unis font toutefois plus ou moins figure d'exception dans la mesure où certains opérateurs conservent des offres sans limitation du volume de données, tandis que d'autres les ont restreintes aux services 3G. L'apparition de services 4G a toutefois été marquée par des offres sans limitation du volume de données mais dont le prix est déterminé en fonction du débit sélectionné. Aux États-Unis par exemple, ces approches ont notamment été mises en place par Sprint et T-Mobile, lesquels ont pu proposer un débit de base pour des vidéos de qualité standard et un débit plus coûteux pour des vidéos en haute définition. Dans d'autres pays, comme en Finlande ou en Suisse, les utilisateurs choisissent avant tout un débit pour l'ensemble de leurs services, et ce, sans restriction en termes de volume de données consommées.

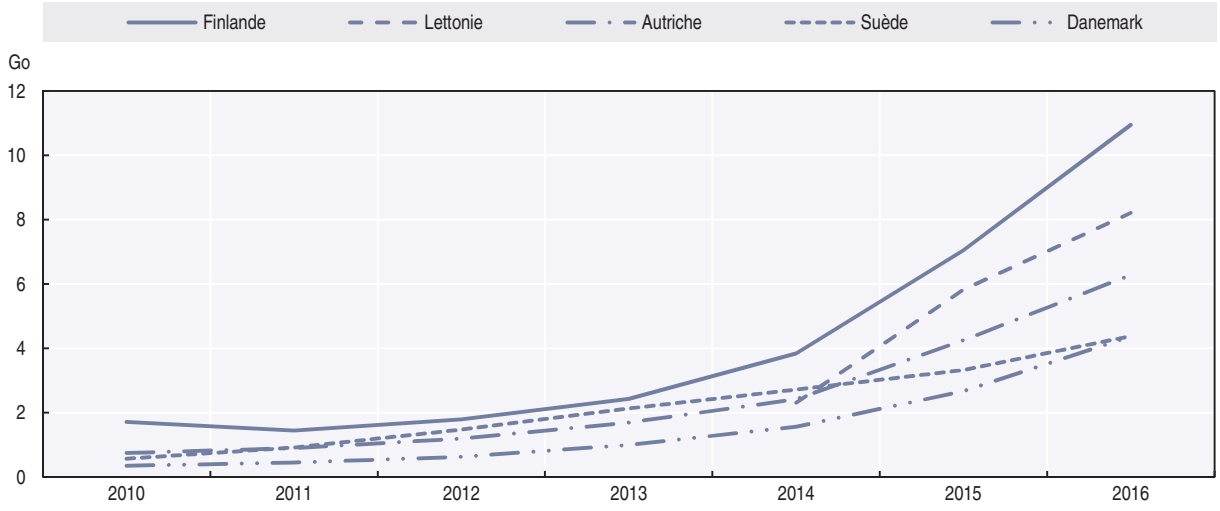
L'opérateur finlandais Elisa propose des débits théoriques segmentés pour les services 4G à 50 Mbit/s, 100 Mbit/s et 300 Mbit/s ; et pour les services 3G à 120 kilobits par seconde (2017). Toutes les offres d'Elisa, ainsi que celles des autres opérateurs de Finlande, incluent un volume illimité de données. En Suisse, l'opérateur Swisscom proposait des forfaits sans limitation de données dès 2012, soit en même temps qu'il déployait la 4G. Swisscom propose des débits à partir de 1 Mbit/s, 10 Mbit/s et 50 Mbit/s, ainsi que des offres supérieures vantées comme relevant du très haut débit. D'autres opérateurs sur le marché suisse proposent par ailleurs une combinaison d'offres segmentées et sans limitation de données, toutes avec un débit 4G, à l'instar de certains opérateurs en Lettonie. Une autre différentiation est en outre observée sur le marché letton : l'utilisation d'une combinaison d'offres illimitées, comme celle de l'opérateur Bite qui pour 18.57 USD inclut

un abonnement au service de musique en ligne Deezer. Pour certaines offres segmentées avec un seuil maximal de données autorisées, aucune donnée n'est comptabilisée pour des services comme Facebook et WhatsApp.

Bien que la tarification par volume de données reste plus courante qu'une tarification par débit, on observe toutefois une augmentation générale des seuils de données dans les pays de l'OCDE. Cette tendance contribue à une hausse des volumes de données consommées, avec au premier rang la Finlande et la Lettonie (graphique 3.34). La quantité de données utilisées par abonnement en Finlande était de 11 Go/mois en 2016, contre 7 Go/mois un an auparavant (graphique 3.35). En Lettonie, l'apparition d'offres illimitées se traduisait par une augmentation des données utilisées à hauteur de 8.2 Go/mois en moyenne en 2016, contre 5.8 Go/mois en 2015. Sur l'ensemble des pays de l'OCDE dont les données sont disponibles, le volume de données mobiles est passé de 18 000 pétaoctets (Po) à 27 500 Po, soit une hausse de 52 % entre 2015 et 2016. Cet indicateur ne prend néanmoins pas en compte l'utilisation du wi-fi par les appareils de type smartphones, qui représente le mode d'utilisation des données principal pour de nombreux utilisateurs.

Graphique 3.34. **Cinq premiers pays en termes d'utilisation des données par abonnement au haut débit mobile**

Gigaoctets par mois



Note : Go = gigaoctets.

Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658835

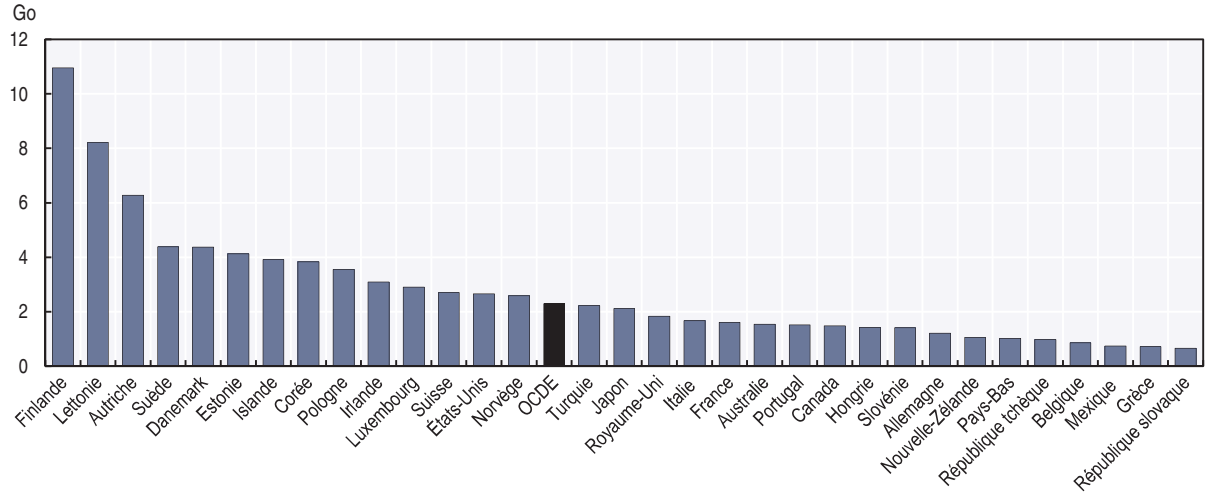
L'avenir est-il au remplacement ?

Bien que tous les pays connaissent une augmentation de l'utilisation des données, le fait que la Finlande, qui enregistrait les plus hauts niveaux d'utilisation, ait également connu des baisses dans le haut débit fixe en 2016 ne doit pas être ignoré. La question est de savoir si les réseaux mobiles ont atteint le seuil déterminant à partir duquel certains utilisateurs pourraient choisir d'abandonner tout simplement les lignes fixes à haut débit. La concurrence entre fixe et mobile peut exister sans pour autant que les deux services constituent deux alternatives parfaitement équivalentes pour les clients. Quoi qu'il en soit, bien que le remplacement des services soit une réalité pour les abonnements fixes et mobiles (comme la téléphonie), les contraintes techniques en termes de bandes de fréquences et de réseaux

de collecte font qu'ils restent à ce jour principalement considérés comme complémentaires dans l'accès à l'internet par de nombreux utilisateurs. Cette approche pourrait toutefois évoluer avec le temps pour certains d'entre eux, comme cela semble être le cas en Finlande, si les offres sans limitation de données se multiplient dans les autres pays. À l'inverse, le fait que la Suisse connaisse encore une augmentation des connexions à haut débit fixe laisse également penser que les réseaux fixes peuvent tirer parti de débits toujours plus élevés pour conserver leurs clients et augmenter le nombre d'abonnés.

Graphique 3.35. **Utilisation des données par abonnement au haut débit mobile, 2016**

Gigaoctets par mois



Note : Go = gigaoctets.

Source : OCDE, « Portail de l'OCDE sur le haut débit », *Statistiques de l'OCDE sur les télécommunications et l'internet* (base de données), *www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm* (consulté en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658854

Il convient de noter que pour les réseaux à proprement parler, le fixe et le mobile sont clairement complémentaires. La généralisation du wi-fi a pour conséquence que la plupart des utilisateurs des pays de l'OCDE se connectent par le biais de cette technologie plus de la moitié de la journée et téléchargent beaucoup plus de données par wi-fi que depuis les réseaux cellulaires. Le délestage du trafic qui en découle permet par ailleurs d'améliorer les performances de l'accès par réseau cellulaire pour les autres utilisateurs, puisque l'effort le plus important reste à la charge des réseaux fixes. L'effet de remplacement peut toutefois s'avérer plus marqué dans les pays où la pénétration du haut débit fixe reste limitée. D'après OpenSignal, les utilisateurs de smartphones en Inde sont connectés par wi-fi seulement 18.4 % du temps et en Birmanie 14.6 % du temps (2017). Cela explique en partie pourquoi les débits moyens dans ces pays sont nettement inférieurs à ceux des pays de l'OCDE.

Dans les pays émergents, le remplacement entre réseaux fixes et mobiles s'est manifesté de manière différente. Là où les réseaux fixes sont les moins développés, les utilisateurs ont évidemment opté pour des connexions mobiles plutôt que pour des connexions fixes. Lorsque la 2G et même la 3G étaient au plus fort de leur déploiement, à des périodes où la voix et les SMS primaient sur les données, cette disparité était moins problématique, mais la situation change radicalement avec la demande croissante de données sur réseau 4G. Aujourd'hui cependant, quand une société comme Reliance lance un réseau 4G en Inde, elle met en avant l'établissement de points d'accès wi-fi comme partie intégrante de son

projet de déploiement. Elle inclut ainsi l'utilisation du wi-fi dans ses forfaits, de sorte que les utilisateurs peuvent passer en toute transparence du réseau cellulaire au réseau wi-fi, afin de faire basculer le plus de trafic possible sur les réseaux fixes (encadré 3.1).

Encadré 3.1. **Tele2 et Reliance Jio**

La plupart des opérateurs mobiles ont commencé leurs activités sur les réseaux 2G, quelques-uns sur les réseaux 3G et seule une poignée sur les réseaux 4G. En 2015 aux Pays-Bas, Tele2 fut le premier nouvel acteur à s'attaquer au marché de la 4G sans réseau historique. Au moment du lancement de Tele2, environ 92 % de la population était couverte. Tele2 exploitait toutefois le réseau 2G/3G de T-Mobile NL pour améliorer sa couverture et assurer le transfert des données 2G/3G dans ses zones blanches ou lorsque les appareils utilisés n'étaient pas compatibles avec les données 4G. En optant pour un réseau 4G uniquement, Tele2 a dû faire face à un certain nombre de difficultés. Ainsi, la prise en charge de la technologie VoLTE (*Voix sur la technologie d'évolution à long terme*) s'est révélée conditionnée par les appareils utilisés ou les fabricants desdits appareils. Plusieurs dispositifs 4G présentaient même une incompatibilité totale avec la VoLTE sur le réseau de Tele2. De nombreux appareils sont par ailleurs configurés pour basculer sur le mode 2G/3G en cas d'appel vocal ou d'appel d'urgence. En septembre 2016, Reliance Industries déployait en Inde un réseau 4G appelé « Jio ». Cet investissement de plus de 20 milliards USD avait pour objectif de couvrir 90 % de la population à l'horizon 2017.

Le point commun de ces deux réseaux 4G est qu'ils sont entrés sur le marché avec des offres incluant les appels et les SMS illimités, dont la tarification se basait uniquement sur les données consommées. Ces deux opérateurs ont par ailleurs choisi de proposer les données à moindre coût pour permettre aux utilisateurs de souscrire des forfaits disposant de volumes de données supérieurs à ce qui était auparavant disponible. Les consommateurs de ces deux pays sont de grands utilisateurs du wi-fi, même si les Néerlandais sont connectés bien plus longtemps par jour que les Indiens. Pour résoudre les problèmes de disponibilité, Jio a planifié la mise en place de points d'accès wi-fi qui tireront parti de l'infrastructure étendue de fibre optique de Reliance. Cette infrastructure lui servira également de base pour le service de fibre jusqu'au domicile à 1 Gbit/s que Jio compte mettre en œuvre dans une centaine de villes.

L'internet des objets

Le nombre d'abonnements M2M a connu une certaine augmentation, reflétant l'adoption d'une partie de l'IdO. De manière générale, les appareils IdO connectés génèrent des quantités de données inférieures à celles imputables aux appareils classiques, même si l'on estime que le nombre d'appareils connectés devrait augmenter rapidement. Pour faire face à cette demande, de nouveaux types de capacités réseau (comme la technologie de faible puissance et à grande portée [*low-power, wide-area* ou LPWA]) sont actuellement déployées avec diligence dans les pays de l'OCDE. D'aucuns estiment néanmoins que l'utilisation de véhicules autonomes générera des volumes de données bien plus importants, même si l'on ignore encore quelles proportions de ces données devront être transmises en temps réel. Quelle que puisse être la répartition de la demande entre des transferts immédiats sur autoroute et ceux nécessaires pour un véhicule placé dans un garage par exemple, cette évolution pourrait à l'avenir avoir des conséquences majeures sur les besoins en termes d'infrastructures, en parallèle au développement des réseaux fixes et mobiles.

Les abonnements de type machine à machine se développent, soulignant l'adoption croissante de l'internet des objets

L'année 2016 a été marquée par une augmentation de l'adoption des communications M2M, avec 149 millions de cartes SIM M2M en utilisation à la fin de l'année, contre 108 millions fin 2014. La Suède, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Finlande et l'Italie figurent en tête des pays en nombre de cartes SIM M2M pour 100 habitants, sachant toutefois que les données disponibles ne sont pas encore totalement comparables pour l'ensemble des pays. La Suède compte ainsi 87 cartes SIM M2M pour 100 habitants – un niveau bien supérieur à la plupart des autres pays de l'OCDE ayant fourni des données exploitables, même si tous les appareils concernés ne sont pas situés sur le territoire suédois.

Les cartes SIM offrent de nombreuses possibilités d'utilisation en termes de communications M2M. À titre d'illustration, les paragraphes suivants sont consacrés à l'industrie automobile. Un véhicule connecté peut déjà disposer de deux ou trois cartes SIM en sortie d'usine : une à des fins de télémétrie, et une ou plusieurs autres pour les services de divertissement. Certains constructeurs, comme Tesla Motors, ont choisi de vendre des véhicules en assurant leur connectivité grâce aux cartes SIM incluses dans le prix du véhicule. Les utilisateurs peuvent également acquérir des périphériques autonomes pour n'importe quel véhicule en les connectant au port de diagnostic embarqué OBD-II (*On-Board Diagnostics II*), à l'instar des dispositifs commercialisés par la société Automatic[7]. Disponible aux États-Unis, l'« Automatic pro » peut être branché au port OBD d'un véhicule pour lui faire bénéficier d'une connectivité 3G (incluse dans le prix d'achat) sans limitation du volume de données pendant cinq ans. De nombreux autres appareils utilisant le port OBD associé à une carte SIM intégrée visent non seulement à assurer un contrôle du véhicule à des fins de diagnostic, mais aussi à l'enrichir d'un éventail complet de services.

Par le biais d'une clé électronique à connecter au port OBD d'un véhicule, la société Vinli propose de nombreuses applications différentes, assurant des fonctions de sécurité, des services de divertissement ou encore une connectivité wi-fi embarquée[8]. Dans certaines villes américaines, Uber utilise des clés électroniques Vinli pour mettre le wi-fi à la disposition de ses utilisateurs. La clé électronique Vinli assure la connexion entre le véhicule d'un utilisateur et son smartphone ou son ordinateur et, dans le cas des États-Unis, assure une connectivité 4G grâce à la carte SIM T-Mobile intégrée. D'après les utilisateurs, les débits constatés oscilleraient entre 30 Mbit/s et 40 Mbit/s. La tarification des dispositifs et des données consommées dépend des partenaires auxquels Vinli fait appel pour assurer ses services et distribuer ses produits. Le service Vinli Sync, chargé d'envoyer les données vers le nuage, est proposé gratuitement les deux premières années pour l'achat de l'appareil, puis sur la base d'une redevance annuelle à partir de la troisième année. En 2016, la plateforme de développement de Vinli comptait plus de 2 000 partenaires et développeurs exploitant sa plateforme infonuagique et sa boutique d'applications. Les développeurs ont la possibilité de référencer leurs produits dans le catalogue d'applications de Vinli et de proposer leurs solutions directement dans les boutiques Apple et Google. En 2016, Vinli a étendu son offre de services en dehors des États-Unis en partenariat avec des MNO des pays concernés.

Certains MNO ont commencé à commercialiser des clés électroniques pour port OBD intégrant leurs propres cartes SIM. AT&T, par exemple, propose le dispositif ZTE Mobley dans le cadre d'un contrat de deux ans avec ses offres DataConnect, pour un tarif de 20 USD pour 1 Go et de 30 USD pour 3 Go (AT&T, 2017)[9]. Cet appareil peut également être inclus dans des forfaits AT&T partagés contre une redevance d'accès de 10 USD par mois ou

acheté séparément pour la somme de 100 USD. Tous les appareils n'exploitent cependant pas le port OBD pour assurer la connectivité wi-fi des véhicules. Au Royaume-Uni, la société Three commercialise des clés électroniques à carte SIM avec 2 Go de données par mois pour 10 GBP (livres sterling) (13.23 USD). Cette clé peut être connectée soit au port USB d'un véhicule soit à sa prise allume-cigare 12 V. Ces appareils ont pour objectif de fournir des fonctions de connectivité à un véhicule, mais aucunement d'en établir des diagnostics techniques. Certains véhicules offrent également aux utilisateurs la possibilité de connecter leur smartphone personnel et de profiter de leurs abonnements mobiles existants. Les services proposés peuvent ainsi tirer parti des abonnements dont dispose déjà l'utilisateur pour écouter de la musique en ligne ou passer des appels en mode mains-libres, ou encore bénéficier d'une amplification du signal en utilisant le véhicule comme antenne. À l'instar des clés électroniques, ces services ne sont toutefois pas intégrés de la même manière que dans le cas d'un appareil OBD ou des cartes SIM installées de série.

Les constructeurs automobiles ont développé des options de connectivité en intégrant des cartes SIM directement dans leurs véhicules. General Motors (GM) a été l'un des premiers constructeurs à adopter cette pratique dans le cadre d'un partenariat avec AT&T qui a donné naissance au service « OnStar »[10]. Les véhicules GM bénéficient ainsi du réseau 4G LTE d'AT&T pour des périodes plus ou moins importantes. Cette connectivité est incluse avec l'acquisition de véhicules neufs ou d'occasion, et pour des services de base ou haut de gamme. À la fin de la période définie, les utilisateurs ont la possibilité de prolonger leur abonnement au service OnStar ou, s'ils sont déjà clients d'AT&T, d'ajouter leur véhicule comme bénéficiaire de leur forfait de données mobiles pour 10 USD par mois. D'autres constructeurs, comme BMW ou Audi, intègrent également des cartes SIM dans leurs véhicules et proposent des services connectés en partenariat avec les MNO locaux dans un nombre croissant de pays.

En octobre 2015, BMW a intégré à certains véhicules un point d'accès wi-fi permettant à 10 appareils de bénéficier simultanément d'une connectivité à l'internet. En Allemagne, BMW propose ces services connectés en partenariat avec Deutsche Telekom et aux États-Unis avec AT&T. Le système « ConnectedDrive » de BMW offre un accès à des informations basées sur la géolocalisation, comme les prévisions météorologiques et les actualités, ainsi qu'une fonction de recherche en ligne prise en charge par Google[11]. Les différents services et fonctionnalités (informations de stationnement, guides touristiques ou d'hébergement, etc.) peuvent directement être consultés à l'aide de la carte SIM du véhicule, sans que la connexion d'un smartphone ne soit nécessaire. Les applications propriétaires disponibles sur la boutique BMW bénéficient d'un accès illimité à certains services sélectionnés ou sont proposées à l'utilisateur sous la forme d'un abonnement spécifique.

Les premiers véhicules BMW équipés de cartes eSIM virtuelles ont fait leur apparition en Allemagne au milieu de l'année 2016. Une fois les normes correspondantes finalisées et adoptées, ces nouvelles cartes SIM pourraient à l'avenir permettre aux utilisateurs de changer de fournisseur d'accès. Pour le moment néanmoins, la tendance générale dans les véhicules de la plupart des constructeurs est d'utiliser un équipement matériel intégrant des cartes SIM directement soudées à la plateforme radio mobile de l'unité centrale des véhicules. Cela signifie que les utilisateurs n'ont pas la possibilité de choisir leur fournisseur de carte SIM au moment de l'achat du véhicule, ni d'en changer par la suite.

Aux États-Unis, les cartes SIM 3G/4G intégrées aux véhicules Audi permettent un accès aux services de données, comme la navigation par Google Earth et Google Street View, ainsi qu'à des informations sur les itinéraires, l'état des routes, le trafic ou encore le stationnement. Les conducteurs peuvent par ailleurs bénéficier d'un accès direct à leur compte Twitter, à

leur messagerie électronique ou encore à l'agenda de leur smartphone. Il n'existe pour ces services aucune limitation du volume de données, puisqu'ils sont inclus dans le prix du véhicule pour une durée de trois ans. La connectivité wi-fi fait quant à elle l'objet de forfaits séparés. Il est également possible pour les clients d'utiliser leurs propres smartphones et forfaits de données, même si dans ce cas, l'utilisation des services non décomptés proposés par Audi n'est pas prise en charge de manière illimitée. Dans la plupart des pays européens, lorsque les utilisateurs changent de région, le système se connecte automatiquement au MNO sélectionné par Audi, évitant ainsi d'éventuels frais d'itinérance. En collaboration avec d'autres constructeurs, comme BMW et Toyota, et en coopération avec Deutsche Telekom, Audi mène actuellement des expérimentations afin d'évaluer les capacités de la LTE-V (technologie d'évolution à long terme pour les véhicules) – la version pour véhicules de la technologie radio cellulaire 4G d'évolution à long terme (Hammerschmidt, 2016 ; voir également Allevin, 2016).

Les véhicules autonomes connectés devraient générer d'importants volumes de données mobiles

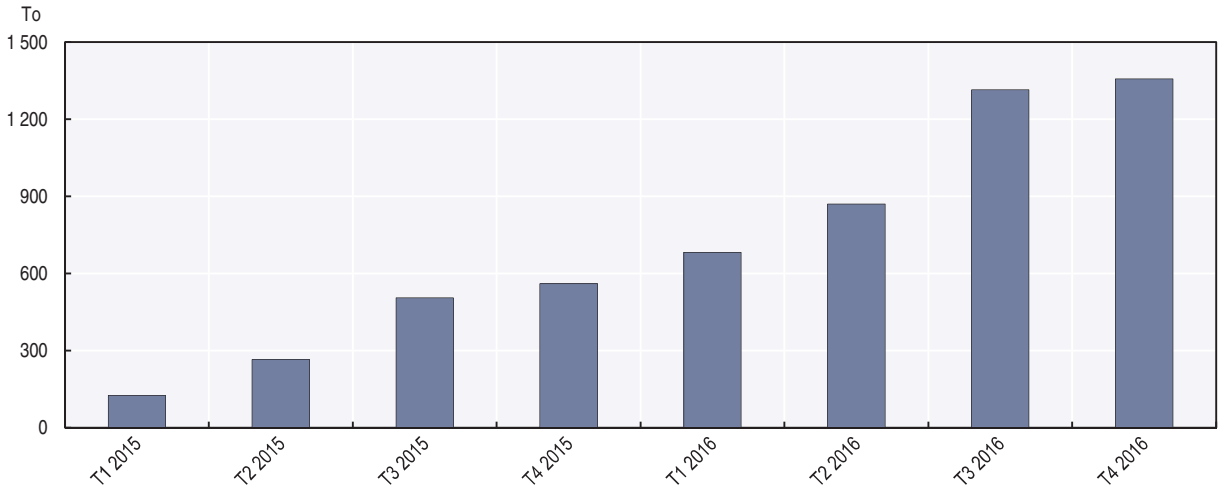
Les automobiles connectées génèrent des volumes de données toujours plus importants. Une partie de ces données correspondent simplement aux services de divertissement auxquels accèdent les utilisateurs par l'intermédiaire de cartes SIM embarquées, mais elles intègrent aussi les communications IdO entre appareils. La clé électronique Vinli, par exemple, est capable de communiquer avec le dispositif Alexa d'Amazon pour activer certaines fonctionnalités domotiques, tout comme les services des constructeurs automobiles ou des MNO.

On estime que les véhicules autonomes pourraient générer d'importants volumes de données. Il est possible de faire basculer une partie des données vers une connexion fixe, par exemple à l'aide d'une connexion wi-fi lorsqu'un véhicule est remisé dans un garage. À l'inverse, certaines données doivent absolument être transmises en temps réel. À titre d'exemple, les données générées par les capteurs intégrés aux véhicules de dernière génération peuvent être utilisées pour avertir les autres véhicules de dangers potentiels sur l'itinéraire emprunté[12]. HERE, société d'infonuagique de géolocalisation ouverte, vise par exemple à fournir des données localisées afin de vérifier et d'améliorer les cartes et les informations associées, de détecter en amont les incidents routiers, ou encore de diffuser des avertissements en cas de mauvaises conditions de circulation (nids de poule, travaux de voirie, etc.). De telles informations s'avéreront essentielles pour les véhicules qui bénéficieront d'une plus grande marge de manœuvre en termes d'autonomie de conduite. HERE, société initialement américaine désormais détenue conjointement par Audi, BMW et Daimler, a développé les spécifications d'un format de données universel qui permettra un échange de données normalisé entre véhicules, y compris avec les véhicules autonomes (Tipan, 2016). Ce format prendra en charge l'échange d'informations en temps réel sur le trafic routier, les conditions météorologiques et les places de stationnement entre véhicules de constructeurs différents.

En octobre 2015, le site web de Google consacré à son modèle de véhicule autonome indiquait que dans le cadre de ce projet les données de 2.4 millions de kilomètres de route avaient été enregistrées[13]. La société a ensuite recueilli les données de 2.1 milliards de kilomètres de route grâce à des véhicules à pilotage automatique évoluant sur des terrains variés et sous des conditions météorologiques diverses dans le monde entier (Hull, 2016). Tous les véhicules Tesla (après les 60 000 premiers modèles produits) disposent des

équipements nécessaires au pilotage automatique et transmettent les données d'utilisation correspondantes à Tesla Motors. Ford Motors indique que ses anciens modèles généraient 500 Mo de données par heure, alors que ses modèles actuels pourraient dépasser les 25 Go par heure[14]. De toute évidence, seule une partie de ces données sont transmises en temps réel. Chevrolet indique en outre que ses clients ont consommé plus de 5 600 téraoctets de données entre décembre 2014 et décembre 2016 (graphique 3.36). Le volume global de données devrait augmenter au fil du temps, proportionnellement au nombre de véhicules connectés vendus et au nombre d'applications développées, mais aussi sous l'effet d'une baisse généralisée des prix. En juin 2016 par exemple, Chevrolet a réduit le tarif mensuel de son offre à 1 Go en la faisant passer de 20 USD à 10 USD, et de son offre à 20 Go de 80 USD à 40 USD.

Graphique 3.36. **Utilisation des données par les véhicules Chevrolet connectés**



Note : To = téraoctets.

Source : Chevrolet (2016), « Chevrolet lowers 4G LTE data pricing up to 50 percent » (Chevrolet réduit jusqu'à 50 % le prix des données 4G LTE), *http://media.chevrolet.com/media/us/en/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/us/en/2016/jun/0629-onstarData.html*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658873*

À terme, Intel considère que le volume de données que commencent à produire les véhicules semi-autonomes laisse envisager que leurs versions entièrement autonomes pourraient produire 4 000 Go de données par jour d'ici à 2020, soit l'équivalent de l'utilisation quotidienne moyenne estimée pour la même période de 3 000 utilisateurs de smartphones (Waring, 2016a). Cette fois encore, il convient de préciser que de tels volumes de données ne devront pas forcément être transmis en temps réel sur les réseaux cellulaires. Cela souligne néanmoins la nécessité potentielle de développements plus approfondis dans des domaines comme la 5G, les réseaux de collecte de fibre optique, les communications à faible portée entre véhicules et autres technologies, mais aussi en termes de tarification des données pour l'IdO. Les nouveaux avancements de la version 6 du protocole internet (IPv6) devraient par ailleurs s'avérer particulièrement bénéfiques, vu l'épuisement actuel des adresses IPv4.

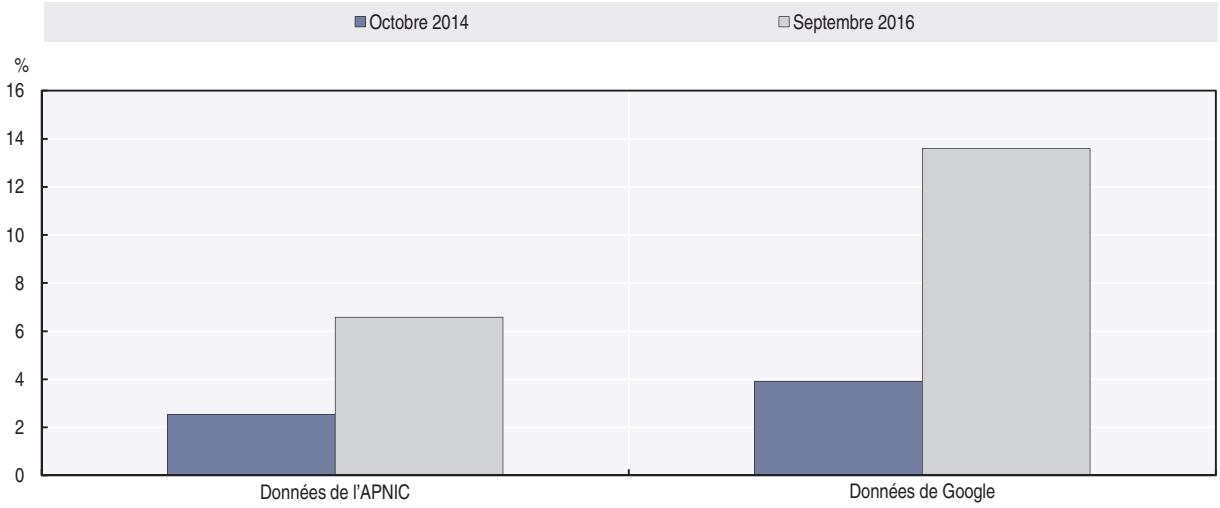
L'adoption du protocole internet IPv6 est en bonne voie

Évaluer un processus en cours comme l'adoption du protocole IPv6 à l'échelle mondiale nécessite l'utilisation de méthodologies différentes pour appréhender les composantes multiples de l'internet (OCDE, 2014). Son utilisation a augmenté de manière significative

au cours des dernières années, même si le niveau de départ était en réalité très faible. On peut toutefois observer quelques différences notables suivant l'indice ou la perspective adoptée :

- Les données de l'APNIC (Asia Pacific Network Information Centre), mesurant la capacité et la propension des réseaux à opter pour l'IPv6, montrent que son taux de pénétration mondiale est passé de 2.5 % à 6.5 % entre octobre 2014 et mi-septembre 2016.
- Les statistiques de Google sur l'IPv6, déterminant le pourcentage d'utilisateurs accédant à ses services par ce biais, indiquent que 13.6 % des utilisateurs se sont connectés via l'IPv6 à la mi-septembre 2016, contre 3.9 % début octobre 2014 (graphique 3.37).
- Le pourcentage de réseaux prenant en charge l'IPv6 s'élevait à 26.3 % en juillet 2016, d'après les estimations de RIPE NCC sur la base de la table de routage mondiale du protocole BGP (Border Gateway Protocol), soulignant ainsi une augmentation de 18 % en juillet 2014[15].

Graphique 3.37. **Adoption mondiale de l'IPv6**



Note : IPv6 = Internet Protocol version 6 (protocole internet, version 6).

Sources : Google (2016), « *Per-country IPv6 adoption* » (Adoption de l'IPv6 par pays), *www.google.com/intl/en/ipv6* (consulté en juillet 2016) ; APNIC (2017), « *IPv6 Measurement Maps* » (Cartographie de l'IPv6), *http://stats.labs.apnic.net/ipv6* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658892*

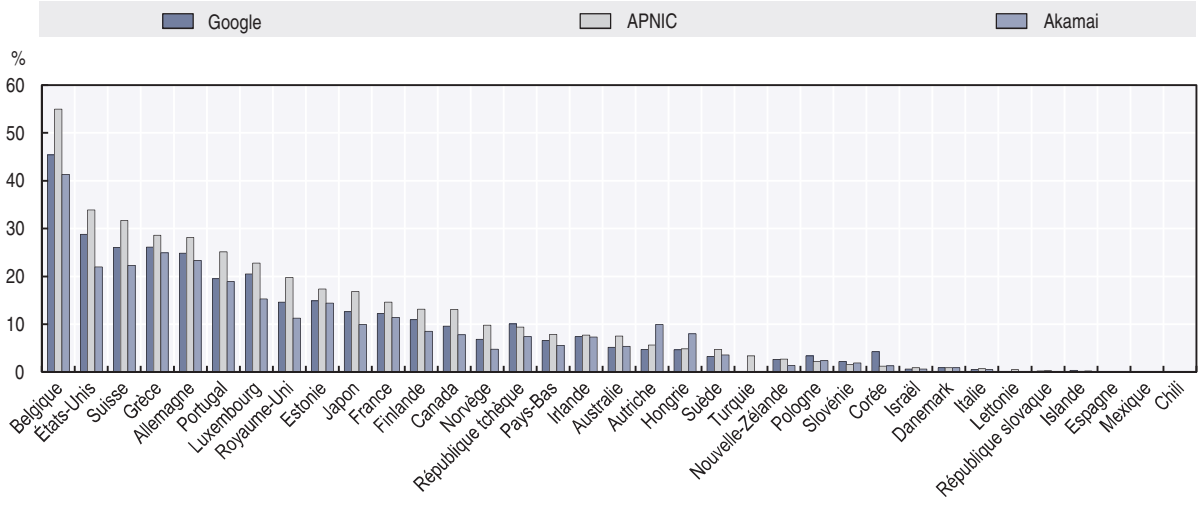
La différence observée entre les données de Google et de l'APNIC est vraisemblablement due au type de mesure effectuée. Les données de l'APNIC soulignent la capacité des réseaux à prendre en charge l'IPv6, alors que les données de Google indiquent le pourcentage de terminaux capables d'établir une connexion grâce à l'IPv6. À mesure qu'augmentera la part des réseaux prenant en charge l'IPv6, les effets de cette évolution seront directement visibles dans les mesures réalisées par Google, puisqu'ils témoigneront d'une hausse du nombre total de connexions IPv6 de bout en bout établies par les utilisateurs[16].

Lorsque l'on analyse les données relatives aux échanges sur l'internet, les tendances en termes d'adoption varient sensiblement en fonction du type de données exploitées. Le trafic IPv6 enregistré par l'Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX), deuxième plus important point d'échange internet au monde, représente seulement 1.5 % du trafic total de l'IPv4 et de l'IPv6 combinés échangé par près de 800 réseaux connectés[17]. Le London Internet Exchange (LINX), autre point d'échange européen de premier rang, dénombre

sept fois moins de préfixes IPv6 actifs pour l'un de ses serveurs de routage[18]. Si l'on se penche toutefois sur les sessions actives, le nombre de sessions IPv6 représente environ 38 % des sessions IPv4 et IPv6 combinées – une valeur qui offre des perspectives bien plus encourageantes[19].

Comparer les taux d'adoption de l'IPv6 par pays constitue une excellente base de référence pour les décideurs. En octobre 2016, la Belgique occupait la première place des pays de l'OCDE en termes d'adoption de l'IPv6, avec un taux de 45.4 %, bien au-devant des États-Unis (28.8 %), de la Grèce (26.1 %) et de la Suisse (26.1 %) d'après les mesures établies par Google (graphique 3.38)[20]. Les efforts menés par les pouvoirs publics, les institutions non gouvernementales et la communauté technique pour accélérer cette adoption ne semblent avoir que partiellement porté leurs fruits : en octobre 2016, seuls six pays de l'OCDE affichaient un taux de pénétration supérieur à 20 % et dix d'entre eux ne dépassaient pas la barre de 1 %.

Graphique 3.38. **Adoption de l'IPv6 par pays**



Note : IPv6 = Internet Protocol version 6 (protocole internet, version 6).

Sources : Google (2016), « *Per-country IPv6 adoption* » (Adoption de l'IPv6 par pays), *https://www.google.com/intl/en/ipv6* (consulté en juillet 2017) ; APNIC (2017), « *IPv6 Measurement Maps* » (Cartographie de l'IPv6), *http://stats.labs.apnic.net/ipv6* (consulté en juillet 2017) ; Akamai (2016), « *State of the Internet IPv6 adoption: Q1 2016 report* » (Rapport sur l'adoption du protocole IPv6 : 1er trimestre 2016), *https://www.akamai.com/uk/en/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-ipv6-adoption-visualization.jsp*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658911*

L'épuisement de l'espace d'adressage de l'IPv4 continue de poser problème

L'appauvrissement de l'espace d'adressage IP reste un sujet d'inquiétude dans la mesure où les registres internet régionaux continuent de manquer de blocs IPv4. L'épuisement de la réserve d'adresses IP à usage général qui a touché l'ARIN fin septembre 2015 faisait suite au même phénomène de raréfaction des ressources d'adressage qu'ont connu d'autres registres régionaux : l'APNIC en avril 2011, le RIPE NCC en septembre 2012 et le LACNIC en juin 2014. L'African Network Information Center (AFRINIC) est le seul registre disposant encore d'adresses IP à usage général. On estime que sa réserve d'adresses devrait lui permettre de tenir jusqu'en juillet 2018, à condition que la demande dans cette région reste à son niveau actuel.

Dans un contexte où l'espace d'adressage IPv4 est presque épuisé, la communauté technique et le secteur dans son ensemble se tournent vers d'autres domaines d'intérêt.

Cela peut consister en une meilleure compréhension de l'utilisation réelle de l'espace d'adressage IPv4 et de ses implications en termes de pratiques opérationnelles et de décisions de gouvernance.

Une étude statistique récente affirme que le simple dénombrement des adresses ne permet pas de rendre compte de la situation de plus en plus complexe de l'exploitation de l'espace d'adressage IPv4 (Richter et al., 2016). Cette étude fait état de 1.2 milliard d'adresses IPv4 uniques actives – une valeur supérieure à n'importe quelle autre estimation réalisée jusqu'alors. Les données indiquent que le jeu d'adresses IP actives sur une année évolue à hauteur de 25 %. Les conséquences possibles pour les diverses parties prenantes étaient également décrites dans cette étude. Pour la communauté métrologique, les conclusions montrent que des mesures actives à distance suffisent pour un recensement des adresses IP, notamment en termes de granularité à cette échelle. Les auteurs estiment par ailleurs que le recours à des indicateurs permettant de comprendre l'utilisation réelle de l'espace d'adressage IPv4 peut permettre aux organes de gouvernance, comme les registres internet régionaux, de mieux déterminer le niveau de conformité à leurs politiques de transfert respectives. Les professionnels de la gestion des réseaux pourraient également bénéficier d'une meilleure visibilité sur leurs pratiques d'affectation des adresses IPv4 et obtenir ainsi de meilleurs résultats. Enfin, les professionnels de la sécurité pourraient ainsi prendre des décisions plus avisées, mieux adapter les contrôles d'accès au niveau de l'hôte et mettre en place des mécanismes de gestion de la réputation[21].

La connectivité de l'internet des objets peut être assurée grâce à différentes options sans fil

L'IdO peut compter sur un certain nombre d'options sans fil existantes et émergentes pour répondre à ses besoins de connectivité. L'une d'entre elles est le recours aux technologies de communication LPWA, par le bais de bandes de fréquences non soumises à licence. Des technologies LPWA normalisées pour les opérateurs mobiles exploitant des bandes de fréquences sous licence sont également en cours de développement dans le cadre du 3rd Generation Partnership Project (3GPP) et devraient être disponibles sur le marché au cours de l'année 2017. Cette technologie est conçue pour les réseaux M2M, afin d'assurer l'interconnexion des appareils à bas débit, tout en améliorant leur portée et leur efficacité énergétique.

Les partisans du LPWA estiment que ces technologies réseau peuvent permettre d'éliminer efficacement un certain nombre d'obstacles au développement d'applications IdO qui ne nécessitent pas de réseau à faible latence, notamment en termes de coûts d'équipement, de consommation d'énergie et de déploiement des réseaux. La capacité à exploiter des bandes de fréquences non soumises à licence, comme la bande ISM 868-902 mégahertz (MHz) en Europe et en Amérique du Nord, ainsi qu'une demande croissance d'applications de faible puissance pour l'IdO ont permis le développement de deux principaux systèmes LPWA concurrents : Sigfox et LoRa.

Créé en 2009 et basé en France, l'opérateur Sigfox a été le premier à mettre au point une technologie à bande ultra-étroite (*ultra-narrow band technology*) de type cellulaire. Dans la mesure où l'infrastructure de Sigfox s'appuie sur des opérateurs de télécommunication existants, l'élargissement de son réseau implique le développement de partenariats avec des fournisseurs de technologies locaux. En mars 2017, Sigfox était présent dans 32 pays et projette d'étendre son implantation à 60 pays d'ici à 2018 (Sigfox, 2017). La société a bénéficié d'un investissement du groupe Total à la fin de l'année 2016 et a annoncé un partenariat

avec Telefónica en mars 2017 (Sigfox, 2017). Associé à ses partenaires, Sigfox dispose d'une couverture nationale dans des pays comme l'Espagne, la France, l'Irlande, le Luxembourg, les Pays-Bas et le Portugal.

La LoRa Alliance a été mise en place dans le but de promouvoir le protocole LoRa (LoRaWAN) en qualité de norme ouverte pour une connectivité IdO sécurisée de classe opérateur. Un programme de certification a été mis en place pour les fabricants d'appareils afin de garantir leur conformité et leur compatibilité avec l'ensemble des opérateurs. Cet aspect représente l'un des principaux défis pour l'établissement d'un internet des objets véritablement mondial. Les Pays-Bas, la Suisse et la Corée ont été les trois premiers pays à disposer d'une couverture LoRaWAN nationale, tel qu'annoncé respectivement par les opérateurs KPN, Swisscom et SK Telecom entre mars et juillet 2016. Le jour du lancement national aux Pays-Bas, KPN comptait déjà 1.5 million d'appareils capables de se connecter à son réseau, bénéficiant de la popularité de ce service dans ses implantations initiales à Rotterdam et la Haye (KPN, 2016). En Corée, SK Telecom a de son côté annoncé un investissement de 90 millions USD dans l'infrastructure LoRa et estime à 4 millions le nombre d'appareils IdO qui pourront s'y connecter d'ici à la fin 2017 (Waring, 2016b). L'opérateur Swisscom a quant à lui pour ambition de proposer via son réseau LoRa une couverture extérieure de 80 %, ainsi qu'une couverture intérieure minimale dans des villes sélectionnées, comme Zurich, Genève, Lausanne et de nombreuses autres.

Les partisans des réseaux LoRa mettent en avant l'aspect très économique de cette solution de connectivité, notamment pour les MNO publics cherchant à compléter leur offre actuelle de produits M2M à l'aide des réseaux mobiles 2G, 3G et 4G. Les antennes existantes peuvent être mises à niveau par le biais de dispositifs LoRa certifiés (émetteurs et passerelles), constituant ainsi une nouvelle solution de connectivité pour les applications à base de capteurs. Les capacités de pénétration et de longue portée de la bande de fréquences à 900 MHz permettent une couverture par émetteur de 2 à 5 kilomètres dans les environnements urbains à forte densité et jusqu'à 15 km dans les zones ouvertes suburbaines. D'après la LoRa Alliance, ce protocole présente de nombreux avantages par rapport aux technologies concurrentes, comme son caractère bidirectionnel, sa sécurité, sa mobilité pour le suivi des ressources et la précision de la géolocalisation (LoRa Alliance, 2017).

Approches de tarification initiales pour la technologie de faible puissance et à grande portée

À mesure que prospère le marché de la connectivité IdO, les opérateurs de réseau développent de nouvelles approches tarifaires plus adaptées à la demande du marché. Par de nombreux aspects, les expérimentations mises en œuvre dans le cadre des premiers déploiements font écho à celles connues pour n'importe quel autre nouveau réseau. Les offres commerciales et tarifaires associées aux appareils connectés utilisant les réseaux LPWA sont pour le moins disparates – que les opérateurs utilisent ou non la même technologie sous-jacente. Dans le cas de Sigfox, un média spécialisé mentionnait un tarif de 1 USD par appareil et par an pour les contrats comptant au moins 50 000 appareils (Shankland, 2016). Certains opérateurs coréens et suisses ont toutefois adopté des approches différentes (tableau 3.1).

SK Telecom propose en Corée six forfaits différents incluant un volume maximal de données pour un prix fixe mensuel. L'offre tarifaire la plus économique, nommée Band IoT 35, octroie 100 kilo-octets de données pour environ 0.30 USD par mois. Pour les applications nécessitant un volume de données plus important, d'autres forfaits sont disponibles comme Band IoT 100 allouant 10 Mo de données pour 0.87 USD par mois ou encore Band IoT 200

allant jusqu'à 100 Mo pour environ 1.75 USD par mois (SK Telecom, 2016). Les services LoRa proposés par SK Telecom coûtent à peine 1/10e du prix de leurs services IdO sur réseau LTE, et d'importantes remises sont offertes aux clients professionnels en fonction de la durée de leur contrat et du nombre de lignes incluses.

Tableau 3.1. **Offres commerciales et tarifaires pour les réseaux LPWA**

SK Telecom (Corée)			Swisscom (Suisse)	
Forfait	Seuil de données[1]	Prix fixe mensuel	Offre de faible puissance par appareil	Nombre de messages par jour[2]
Band IoT 35	100 ko	0.30 USD	XS	2/1
Band IoT 50	500 ko	0.43 USD	S	4/1
Band IoT 70	3 Mo	0.61 USD	M	24/2
Band IoT 100	10 Mo	0.87 USD	L	48/4
Band IoT 150	50 Mo	1.31 USD	XL	96/9
Band IoT 200	100 Mo	1.75 USD	XXL	144/14

1. L'utilisation de données au-delà du seuil défini sera facturée à hauteur de 0.005 KRW (wons) par tranche de 0.5 ko.
2. Liaison montante / liaison descendante.
Note : IoT = IdO (internet des objets) ; ko = kilo-octets ; Mo = mégaoctets.
Sources : SK Telecom (2016), « *SK Telecom commercializes nationwide LoRa network for IoT* » (SK Telecom commercialise un réseau LoRa conçu pour l'IdO à l'échelle du pays), *www.sktelecom.com/en/press/detail.do?idx=1172* ; Swisscom (2017), « *Low power network product and service overview* » (Présentation des services et produits pour réseaux de faible puissance), *http://lpn.swisscom.ch/e/our-offering* (consulté le 22 mars 2017).

Chez Swisscom, les forfaits de connectivité de faible puissance sont conçus en tant qu'offres groupées pour un appareil. Plutôt que d'imposer un volume de données maximal, chaque offre groupée inclut un nombre défini de messages en liaison montante et descendante par jour. L'offre minimale (XS) autorise 2 messages en liaison montante et 1 message en liaison descendante, l'offre M part sur un ratio de 24/2 messages, et l'offre la plus complète (XXL) inclut jusqu'à 144 messages en liaison montante et 14 messages en liaison descendante (Swisscom, 2017).

Une itinérance mondiale pour l'internet des objets

Avant que les spécifications du LPWA ne soient incluses dans les normes 3GPP utilisées dans le secteur des communications mobiles, plusieurs acteurs ont annoncé leur souhait d'établir un système d'itinérance mondial basé sur le protocole LoRa (Yoon, 2016). Ce système permettrait de déployer des appareils LoRaWAN sur différents réseaux et de basculer d'un réseau à un autre, quel que soit l'opérateur ou l'infrastructure réseau. Pour qu'un tel projet d'envergure mondiale puisse être mis en application, les opérateurs de réseaux LoRa devront d'abord négocier des accords d'itinérance, comme ont pu le faire les opérateurs de téléphonie mobile au cours des 20 dernières années.

Notes

1. La norme LTE-M fait partie des technologies de faible puissance et à grande portée conçues pour assurer la connectivité aux appareils M2M et IdO. Elle permet d'augmenter la portée des réseaux mobiles LTE (4G) existants.
2. Chine : Bureau national des statistiques de Chine (BNS), *http://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=A01* (consulté en mars 2017) ; Japon : Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie, *www.meti.go.jp/english/statistics/tyo/iip/index.html* (consulté en mars 2017) ; Corée : Statistics Korea, *http://kosis.kr/eng/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ETITLE&parentId=I* (consulté en mars 2017) ; Taipei chinois : Service des statistiques, ministère de l'Économie, *www.moea.gov.tw/MNS/dos_e/home/Home.aspx* (consulté en mars 2017) ; États-Unis : Réserve fédérale des États-Unis, *https://www.federalreserve.gov/datadownload/Choose.aspx?rel=G17* (consulté en mars 2017).

3. Le chiffre d'affaires correspond à la valeur totale des factures générées par la vente de biens ou services à des tiers, droits et taxes inclus (hors taxe sur la valeur ajoutée) et des éventuels autres frais imputés aux clients.

4. Chine : Bureau national des statistiques de Chine (BNS), *http://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=A01* (consulté en mars 2017) ; Japon : Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie, *www.meti.go.jp/english/statistics/tyo/sanzi/* (consulté en mars 2017) ; Corée : Statistics Korea *http://kosis.kr/eng/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ETITLE&parentId=I* (consulté en mars 2017) ; Taipei chinois : Étude sur la location et le crédit-bail, Services techniques, professionnels et des informations, Département des statistiques, Ministère de l'Économie, *http://www.moea.gov.tw/MNS/dos_e/content/SubMenu.aspx?menu_id=9528* (consulté en mars 2017).

5. Les données mondiales sont calculées sur la base des valeurs d'exportations de TIC fournies par les pays déclarants et enregistrées dans la base de données BTDIxE. Les exportations sont exploitées en valeur brute ; aucune correction n'est appliquée pour les réimportations ou les réexportations.

6. Les importations mondiales sont calculées sur la base des valeurs d'importations de TIC fournies par les pays déclarants et enregistrées dans la base de données BTDIxE. Les importations sont exploitées en valeur brute ; aucune correction n'est appliquée pour les réimportations ou les réexportations.

7. Voir : *https://www.automatic.com/pro*.

8. Voir : *https://www.vin.li*. Une clé électronique est un petit dispositif matériel à connecter à un autre appareil pour l'enrichir de fonctionnalités supplémentaires.

9. Voir : *https://www.att.com/devices/zte/mobley.html#sku=sku7700323*.

10. Voir : *https://www.onstar.com/us/en/home.html*.

11. Voir : *www.bmw.com/com/en/newvehicles/7series/sedan/2015/showroom/services_and_apps.html*.

12. Voir : *https://company.here.com/automotive/new-innovations/sensor-ingestion*.

13. Voir : *https://www.google.com/selfdrivingcar*.

14. Voir : *https://www.cnet.com/roadshow/news/ford-our-cars-will-give-you-control-of-your-driver-data*.

15. Les données RIPE NCC permettent de calculer la proportion des réseaux, comme les systèmes autonomes (*autonomous systems* ou ASes), qui utilisent un préfixe IPv6 par rapport au nombre total d'AS que compte la table de routage.

16. Pour que le terminal d'un client soit en mesure d'établir une connexion IPv6, l'ensemble des sous-systèmes de l'internet doivent également assurer une prise en charge totale du protocole IPv6, y compris les réseaux intermédiaires et de transit.

17. Les statistiques AMS-IX affichent un débit de 4 800 Gbit/s pour l'IPv4 et de 72 Gbit/s pour l'IPv6. Voir : *https://ams-ix.net/technical/statistics* et *https://ams-ix.net/technical/statistics/sflow-stats/ipv6-traffic*.

18. Les serveurs de routage sont gérés par les opérateurs d'échange internet afin de simplifier le routage IPv4 et IPv6 entre réseaux.

19. Le nombre de préfixes IPv4 actifs s'élève à 123 000 et IPv6 à 18 000. Le nombre de sessions IPv4 actives s'élève à 525 et IPv6 à 325. Voir : *https://www.linx.net/tech-info-help/route-servers*.

20. Les données Google ont ici été utilisées car elles sont plus représentatives de la pénétration réelle de l'IPv6 auprès des utilisateurs.

21. Les rapports montrent que plus de 30 % des blocs d'adresses IP actifs (± 1.5 million/24 blocs) présentent un niveau d'exploitation inférieur à 64 adresses IP actives. Des études complémentaires indiquent que le mode d'adressage statique est la principale cause de ces faibles niveaux d'utilisation. À l'inverse, plus de 80 % des 24 adresses actives qui semblent avoir été gérées de manière dynamique affichent un haut niveau d'utilisation.

Références

ABS (2016), site internet, Australian Bureau of Statistics, *www.abs.gov.au* (consulté en juillet 2017).

Akamai (2017), « State of the Internet IPv6 adoption », Akamai, Cambridge, Massachusetts, *https://www.akamai.com/uk/en/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-ipv6-adoption-visualization.jsp*.

Akamai (2016), « Akamai's state of the Internet: Q1 2016 report », Akamai, Cambridge, Massachusetts, *www.akamai.com/us/en/multimedia/documents/state-of-the-internet/akamai-state-of-the-internet-report-q1-2016.pdf*.

Allevin, M. (2016), « Deutsche Telekom, Huawei among those testing LTZ-V for next-gen auto tech », FierceWireless, 1er juillet, *www.fiercewireless.com/tech/deutsche-telekom-huawei-among-those-testing-lte-v-for-next-gen-auto-tech*.

APNIC (2017), « IPv6 Measurement Maps », page internet, Asia Pacific Network Information Center, *http://stats.labs.apnic.net/ipv6* (consulté en juillet 2017).

AT&T Inc. (2017), « ZTE Mobley », page internet, *https://www.att.com/devices/zte/mobley.html#sku=sku7700323* (consulté le juillet 2017).

Chevrolet (2016), « Chevrolet lowers 4G LTE data pricing up to 50 percent », communiqué de presse, 29 juin, *http://media.chevrolet.com/media/us/en/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/us/en/2016/jun/0629-onstarData.html* (consulté le 19 octobre 2016).

Google (2016), « Adoption de l'IPv6 par pays », page internet, *https://www.google.com/intl/fr/ipv6/per-country-ipv6-adoption* (consulté le juillet 2017).

Hammerschmidt, C. (2016), « Audi vehicles get their own IoT identity », *EE Times*, 31 mai, *www.automotive-eetimes.com/news/audi-vehicles-get-their-own-iot-identity*.

Hull, D. (2016), « The Tesla advantage: 1.3 billion miles of data: Silicon Valley and Detroit can't keep up with Elon Musk's trove of real-world metrics », Bloomberg, 20 décembre, *https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-12-20/the-tesla-advantage-1-3-billion-miles-of-data*.

KPMG (2016), « KPMG global semiconductor outlook 2016: Seismic shifts underway », KPMG International Cooperative, *https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/02/kpmg-global-semiconductor-outlook.pdf*.

KPN (2016), « The Netherlands has first nationwide LoRa network for Internet of Things », communiqué de presse, 30 juin, KPN, La Haye, *https://www.kpn.com* (consulté le 22 septembre 2016).

Lora Alliance (2017), « LoRa Alliance™ Technology », page internet, *https://www.lora-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology* (consulté le 22 mars 2017).

OCDE (2015), *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2015*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264243767-fr*.

OCDE (2014), « The Internet in transition: The state of the transition to IPv6 in today's Internet and measures to support the continued use of IPv4 », *OECD Digital Economy Papers*, n° 234, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jz5sq5d7cq2-en*.

OCDE (2011), *OECD Guide to Measuring the Information Society 2011*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264113541-en*.

PwC (PricewaterhouseCoopers) (2017), « PwC/CB Insights MoneyTree™ report Q4 and full-year 2016 », *www.pwc.com/us/en/moneytree-report/assets/PwC%20&%20CB%20Insights%20MoneyTree%20Report%20-%20Q4%2716_Final%20V1.pdf*.

Rajan, N. (2016), « Google's free Wi-Fi: This is why it chose railway stations to connect India », *Indian Express*, 5 août, *http://indianexpress.com/article/technology/google-sundar-pichai-free-wifi-railtel-stations-2943720* (consulté le 21 septembre 2016).

Richter, P. et al. (2016), « Beyond counting: New perspectives on the active IPv4 address space », ICM 2016 Proceedings, 14-16 novembre, Santa Monica, Californie, *https://net.t-labs.tu-berlin.de/~prichter/imc174-richterA.pdf*.

Shankland, S (2016), « Sigfox's Internet of Things network heads to Denmark, too », CNET, 9 juin, *https://www.cnet.com/news/sigfox-internet-of-things-network-heads-to-denmark-too* (consulté le 22 septembre 2016).

Sigfox (2017), « Sigfox and Telefónica strike global deal to offer IoT services worldwide », communiqué de presse, 22 mars, *www.sigfox.com/en/news/sigfox-and-telefonica-strike-global-deal-offer-iot-services-worldwide* (consulté le 6 avril 2017).

SK Telecom (2016), « SK Telecom commercializes nationwide LoRa network for IoT », communiqué de presse, 7 avril, *www.sktelecom.com/en/press/detail.do?idx=1172*.

Swisscom (2017), « Low power network product and service overview », page internet, *http://lpn.swisscom.ch/f/* (consulté le 22 mars 2017).

Tipan, E. (2016), « SENSORIS to fast-track development of self-driving cars », Autoindustriya, 1er juillet, *www.autoindustriya.com/auto-industry-news/sensoris-to-fast-track-development-of-self-driving-cars.html* (consulté le 22 septembre 2016).

Waring, J. (2016a), « Intel CEO: 5G crucial to manage coming M2M data flood », Mobile World Live, 2 septembre, *www.mobileworldlive.com/asia/asia-news/intel-ceo-says-coming-m2m-data-flood-requires-5g*.

Waring, J. (2016b), « SK Telecom plans nationwide LPWA network based on LoRa », Mobile World Live, 16 mars, *https://www.mobileworldlive.com/asia/asia-news/skt-plans-nationwide-lpwa-network-this-year*.

Yoon, S.W. (2016), « SKT pushing for IoT global roaming », *The Korea Times*, 14 juillet, *www.koreatimes.co.kr/www/news/tech/2016/07/133_209420.html* (consulté le 22 septembre 2016).

Chapitre 4

Utilisation des TIC et compétences

La concrétisation du potentiel des technologies de l'information et des communications (TIC) dépend de l'utilisation qui en est faite, et leur capacité à servir l'économie et la société, des compétences des utilisateurs. Ce chapitre examine les tendances récentes en matière d'utilisation des TIC par les entreprises et les individus, ainsi que l'évolution de l'offre et de la demande de compétences TIC spécialisées et génériques, et de compétences complémentaires, notamment sous l'effet de la robotisation progressive de la production industrielle.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Introduction

L'essor de l'économie et de la société numériques dépend fondamentalement de l'utilisation des technologies numériques par les individus, les entreprises et les pouvoirs publics. Pour que les équipements matériels, les logiciels et la connectivité examinés au chapitre 3 contribuent à la création de valeur et à la croissance de la productivité, les technologies numériques doivent être utilisées efficacement. Cela implique des usages plus perfectionnés que la simple communication de base – le recours aux services infonuagiques, aux progiciels de gestion intégrés ou à l'analytique des données massives en sont des exemples. Pour ce faire, il est impératif que l'ensemble des acteurs renforcent les compétences requises pour utiliser les technologies en toute efficacité, qu'il s'agisse des compétences TIC génériques et spécialisées, ou des aptitudes complémentaires.

Au cours des dernières années, l'adoption des technologies numériques par ces différents acteurs a continué de progresser à un rythme soutenu. En 2016, 95 % des entreprises de la zone OCDE disposaient d'une connexion haut débit, contre 86 % en 2010. Environ 83 % de la population adulte des pays membres utilisaient l'internet, dont 73 % quotidiennement, contre respectivement 56 % et 30 % en 2005. Plus de la moitié des individus de la zone OCDE ont acheté des produits sur l'internet en 2016, contre 36 % en 2010. La même année, en moyenne 52 % des citoyens des pays de l'OCDE ont eu recours aux services de l'administration électronique.

Le fossé numérique traditionnel dû aux inégalités d'accès aux infrastructures et aux services TIC laisse la place à une fracture d'un nouveau genre, plus diffuse, liée à l'utilisation des technologies numériques. Si la plupart des entreprises des pays de l'OCDE disposent désormais d'une connexion haut débit, ainsi que d'une page ou d'un site web, seule une minorité d'entre elles utilisent des applications TIC perfectionnées de type progiciels de gestion intégrés (PGI), services infonuagiques et analytique des données massives. En règle générale, les grandes entreprises sont davantage susceptibles d'utiliser de telles applications, du fait certes de la complexité de leurs processus métier internes, mais aussi des obstacles à l'adoption des TIC auxquels sont confrontées les petites structures, dont le manque de compétences et les contraintes budgétaires accrues.

La pénurie de compétences adaptées creuse également la fracture numérique au sein de la société. En moyenne, seuls 25 % des individus utilisent quotidiennement au travail des logiciels bureautiques simples de type traitement de texte et tableurs. Or, selon l'Enquête de l'OCDE sur les compétences des adultes (PIAAC), plus de 40 % d'entre eux ne semblent pas disposer de compétences TIC suffisantes pour exploiter ces outils efficacement.

Le numérique bouleverse les modes de travail et accroît la demande non seulement de compétences personnelles complémentaires des technologies numériques, telles que la capacité à communiquer sur les réseaux sociaux ou à vendre des produits sur des plateformes de commerce électronique, mais aussi de compétences plus abstraites, liées à

la maîtrise de la langue et du calcul, aux relations interpersonnelles et à la communication. Si, pour l'heure, les décideurs ont avant tout mis l'accent sur les compétences nécessaires pour développer ou utiliser les TIC, les aptitudes complémentaires devraient prendre de l'importance, notamment sous l'effet de l'automatisation.

Par ailleurs, les technologies numériques offrent de nouvelles possibilités de développer les compétences. Les programmes proposés sur le web, par le biais notamment des cours en ligne ouverts à tous et des ressources éducatives libres, permettent à des milliers d'étudiants de bénéficier d'un accès libre et complet à des cours universitaires en ligne, étendant par là même les horaires d'apprentissage et les capacités d'accueil des établissements. Pour autant, la proportion d'internautes ayant suivi un cours en ligne en 2016 restait inférieure à 15 % dans 30 des 35 pays pour lesquels on dispose de données.

Si l'utilisation des TIC par les individus bat des records, des disparités demeurent selon les pays et les catégories sociales, notamment pour les usages plus avancés de l'internet mobile (achats ou services bancaires en ligne, par exemple). Les personnes âgées et les moins instruits accusent les retards les plus marqués. Les inquiétudes quant à la sécurité et au respect de la vie privée restent des freins majeurs à l'utilisation de l'internet. Dans les entreprises, l'utilisation des TIC de base est extrêmement répandue, sauf dans les petites structures ; quant aux fonctions plus perfectionnées comme l'infonuagique, l'analyse des données massives ou les médias sociaux, elles progressent rapidement, quoique partant de niveaux relativement bas. La robotisation, bien que croissante, demeure pour sa part concentrée dans un nombre limité de pays.

Pour ce qui est des compétences TIC, plusieurs constats se font jour : le « personnel informatique » figure en deuxième position dans le classement des 10 principaux types de profils que les entreprises peinent à recruter, en particulier dans les services. En revanche, seule une poignée de pays (du moins en Europe) sont pour l'heure confrontés à des pénuries de compétences TIC spécialisées. Par ailleurs, de nombreux travailleurs utilisant les TIC quotidiennement ne disposent pas d'un niveau de compétences TIC génériques suffisant, d'où la nécessité de les développer. Enfin, les aptitudes complémentaires des TIC revêtent une importance croissante ; de fait, les travailleurs en ont besoin pour s'adapter à l'évolution des emplois, notamment les emplois peu qualifiés ou impliquant des tâches manuelles répétitives susceptibles d'être réalisées par des robots industriels.

Utilisation des TIC

Les entreprises, notamment les plus petites, pourraient utiliser les TIC plus efficacement et saisir de nouvelles opportunités commerciales

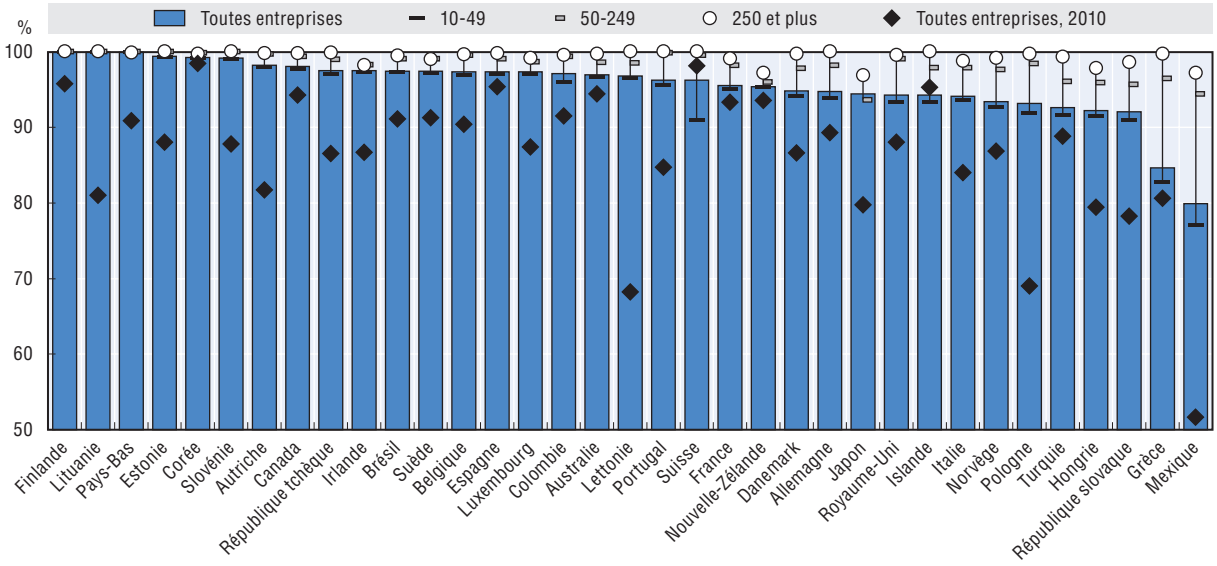
Les entreprises adoptent en masse les TIC – qu'il s'agisse des fonctions liées aux données massives ou des applications robotiques –, mais sont encore nombreuses à ne pas saisir pleinement les opportunités qui pourraient naître d'une utilisation efficace des technologies. Les taux d'adoption restent hétérogènes selon les entreprises, les petites structures étant à la traîne. Le recours aux TIC se généralise non seulement au sein des entreprises, mais aussi dans la société, malgré des disparités notables selon les pays et les catégories sociales. La demande de spécialistes des TIC devrait progresser dans les années à venir, même si, pour l'heure, seuls quelques pays sont confrontés à des pénuries ; les taux d'emplois vacants dans les services informatiques sont néanmoins supérieurs à ceux constatés pour l'ensemble du secteur des entreprises.

Si la plupart des entreprises utilisent aujourd'hui les TIC, les petites structures restent à la traîne

La grande majorité des entreprises ont désormais recours aux TIC. En 2016, en moyenne 95 % des entreprises de la zone OCDE disposaient d'une connexion haut débit (graphique 4.1), contre 86 % en 2010. La progression de la connectivité a été particulièrement forte au Mexique, en Lettonie (28 points de pourcentage) et en Pologne (24 points de pourcentage). L'augmentation des taux d'adoption a également contribué à réduire l'écart entre les petites et les grandes entreprises[1] à moins de 4 points de pourcentage en moyenne, et la connexion haut débit est désormais devenue la norme. De fait, la quasi-totalité des grandes entreprises (99 % en moyenne dans la zone OCDE) et plus de 95 % des petites entreprises disposent aujourd'hui d'un accès haut débit. En revanche, l'écart entre petites et grandes entreprises reste important au Mexique (20 points de pourcentage), en Grèce (17 points de pourcentage), en Pologne et en Turquie (8 points de pourcentage).

Graphique 4.1. **Pénétration du haut débit dans les entreprises, par taille, 2016**

En pourcentage des entreprises de chaque classe de taille



Note : Sauf indication contraire, la couverture sectorielle comprend toutes les activités du secteur manufacturier et du secteur des services marchands non financiers. Seules les entreprises de plus de dix salariés sont prises en considération. Les classes de taille sont les suivantes : petites entreprises (de 10 à 49 salariés), moyennes entreprises (de 50 à 249 salariés), grandes entreprises (250 salariés ou plus). Pour les exceptions, voir la note 2, en fin de chapitre.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juin 2017).

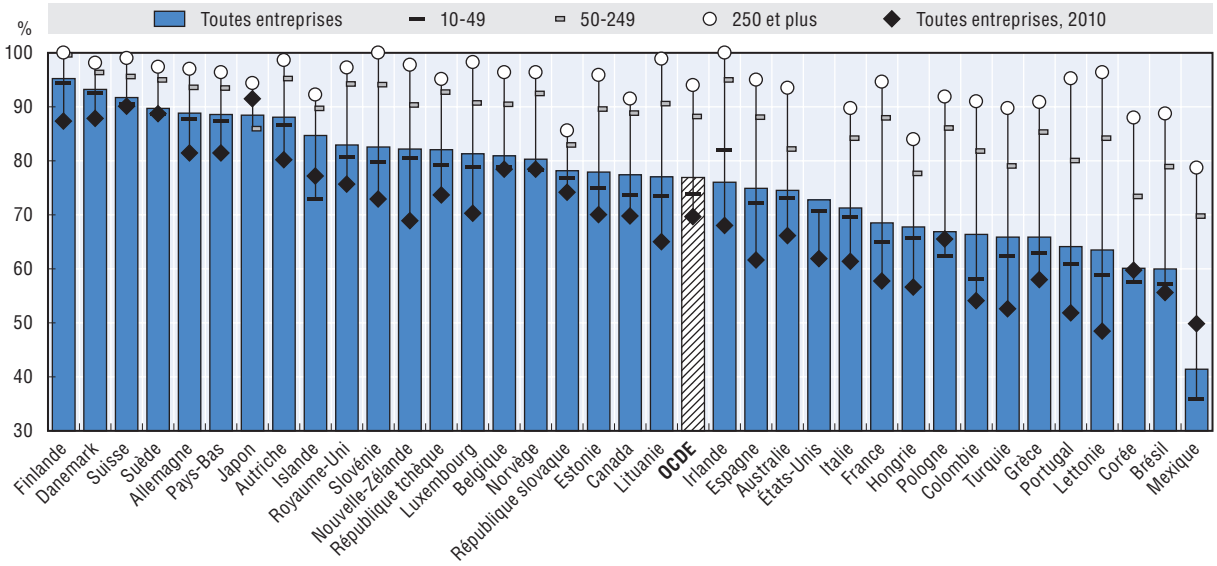
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658930*

Plus de 77 % de l'ensemble des entreprises de la zone OCDE disposaient d'une page ou d'un site web en 2016, contre 70 % en 2010 (graphique 4.2). La part des entreprises présentes sur le web va de 41.5 % au Mexique à plus de 90 % au Danemark, en Finlande et en Suisse. La progression depuis 2010 a été particulièrement marquée en Lettonie (15 points de pourcentage), en Espagne et en Turquie (13 points de pourcentage).

Comme pour l'accès haut débit, la présence sur le web est plus rare dans les petites entreprises (graphique 4.2). Dans 26 des 33 pays de l'OCDE pour lesquels on dispose de données, plus de 90 % des grandes entreprises ont un site web ; quant aux taux de présence des petites et moyennes entreprises, ils s'échelonnent entre 60 % ou moins en Corée, en Lettonie, au Portugal et au Mexique, et 90 % ou plus au Danemark, en Finlande et en Suisse.

Graphique 4.2. **Entreprises disposant d'une page ou d'un site web, par taille, 2016**

En pourcentage des entreprises de chaque classe de taille



Note : Sauf indication contraire, la couverture sectorielle comprend toutes les activités du secteur manufacturier et du secteur des services marchands non financiers. Seules les entreprises de plus de dix salariés sont prises en considération. Les classes de taille sont les suivantes : petites entreprises (de 10 à 49 salariés), moyennes entreprises (de 50 à 249 salariés), grandes entreprises (250 salariés ou plus). Les chiffres pour l'OCDE correspondent à une moyenne simple des pays pour lesquels on dispose de données. Pour les exceptions, voir la note 3, en fin de chapitre.

Source : Accès et utilisation des TIC par les entreprises (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658949*

Le numérique crée de nouvelles opportunités que les entreprises ne saisissent pas encore pleinement

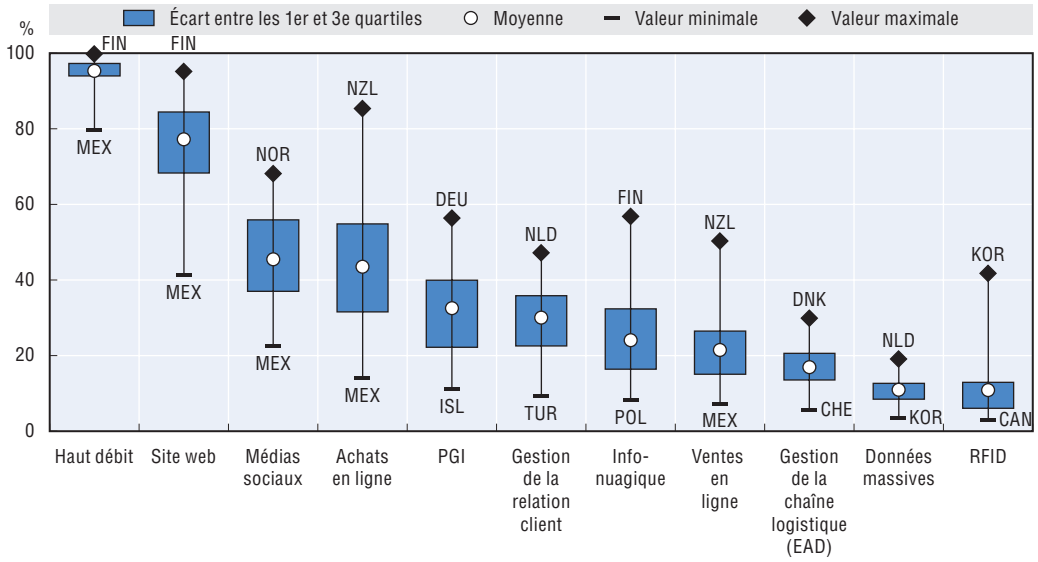
Le rythme d'adoption des technologies numériques dépend dans certains cas de la diffusion des technologies précédentes. Il a ainsi fallu 15 à 20 ans pour qu'un peu plus des trois quarts des entreprises créent leur site web, mais seulement quelques années pour qu'environ 45 % des entreprises deviennent actives sur les réseaux sociaux. Les chiffres de la participation au commerce électronique sont quant à eux inférieurs. Dans les pays de l'OCDE pour lesquels on dispose de données, 21 % des entreprises comptant au moins dix salariés ont reçu des commandes par voie électronique en 2016 (graphique 4.3), une part restée stable depuis 2013, après une augmentation de 5 points de pourcentage entre 2008 et 2013.

Les ventes en ligne représentent en moyenne 18.7 % du chiffre d'affaires total dans les pays qui publient ce type de données. Jusqu'à 90 % de la valeur du commerce électronique correspondent à des transactions entre entreprises, exécutées par l'intermédiaire d'applications d'échange de données informatisé (EDI). Les tendances observées sont avant tout le reflet du poids économique des grandes entreprises, dont les ventes en ligne représentent en moyenne 22.6 % du chiffre d'affaires, contre 9.5 % pour les petites.

Les médias sociaux représentent désormais bien plus que de simples circuits de communication. Utilisés comme des outils TIC par environ 45 % des entreprises, ils continuent de se diffuser à un rythme fulgurant. À l'échelle de l'Union européenne, la proportion d'entreprises utilisant plus de deux types de médias sociaux est passée 14 % à 20 % entre 2014 et 2016, soit en très peu de temps.

Graphique 4.3. **Diffusion d'une sélection d'outils et d'activités TIC dans les entreprises, 2016**

En pourcentage des entreprises de dix salariés ou plus



Note : Le haut débit couvre à la fois les connexions fixes et mobiles, avec des débits descendants annoncés d'au moins 256 mégabits par seconde.

Les achats et les ventes en ligne correspondent aux achats et ventes de biens ou de services effectués via les réseaux informatiques à l'aide de méthodes spécialement conçues pour passer et recevoir des commandes (pages web, extranet ou échange de données informatisé [EDI], à l'exclusion du téléphone, du fax et des courriels saisis manuellement). Les modes de paiement et de livraison n'entrent pas en ligne de compte.

Les progiciels de gestion intégrés (PGI) sont des outils logiciels permettant d'intégrer la gestion des flux d'informations internes et externes, qu'ils concernent la gestion des équipements, les ressources humaines, la finance, la comptabilité ou la relation client. Seul le partage d'informations au sein des entreprises est pris en compte ici. Les données relatives aux PGI portent sur l'année 2015.

L'infonuagique désigne les services TIC utilisés, via l'internet, comme un ensemble de ressources informatiques permettant d'accéder à des logiciels, à de la puissance de calcul, à des capacités de stockage, etc.

La gestion de la chaîne logistique renvoie à l'utilisation d'applications d'échange automatique de données (EAD). Les données relatives à ce type d'outils se rapportent à 2015.

Les logiciels de gestion de la relation client sont des solutions utilisées par les entreprises pour gérer leurs interactions avec leurs clients, prospects, partenaires, collaborateurs et fournisseurs. Les données relatives à ce type d'outils portent sur l'année 2015.

Les médias sociaux sont les applications basées sur les technologies web ou les plateformes de communication, utilisées par les entreprises pour entrer en contact, et créer et échanger des contenus numériques avec leurs clients, fournisseurs ou partenaires, ou, en interne, pour favoriser les échanges entre collaborateurs. Il peut s'agir de réseaux sociaux (hors publicité payante), de blogs, de solutions de partage de fichiers et d'outils de partage de connaissances de type wiki.

La radio-identification (RFID) est une technologie permettant la transmission d'informations par fréquence radio. Elle peut être utilisée à des fins très diverses, de l'identification de personnes au contrôle d'accès, en passant par la logistique, le commerce de détail ou le suivi des processus de production. Les données relatives à cette technologie portent sur l'année 2014.

Sauf indication contraire, seules les entreprises de dix salariés ou plus sont prises en considération.

Pour les exceptions, voir la note 4, en fin de chapitre.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933658968*

Le numérique favorise l'intégration des activités au sein des entreprises, en particulier pour ce qui est de la gestion des flux d'informations. Plus de 30 % des entreprises de la zone OCDE utilisent désormais des outils de type PGI ou solutions de gestion de la relation client, soit une progression de près de 10 points de pourcentage depuis 2010. Les PGI permettent aux entreprises de rationaliser l'intégration des informations et des processus entre les différentes fonctions opérationnelles. Quant à la progression des solutions de gestion de la relation client, elle reflète une utilisation intensive, par les

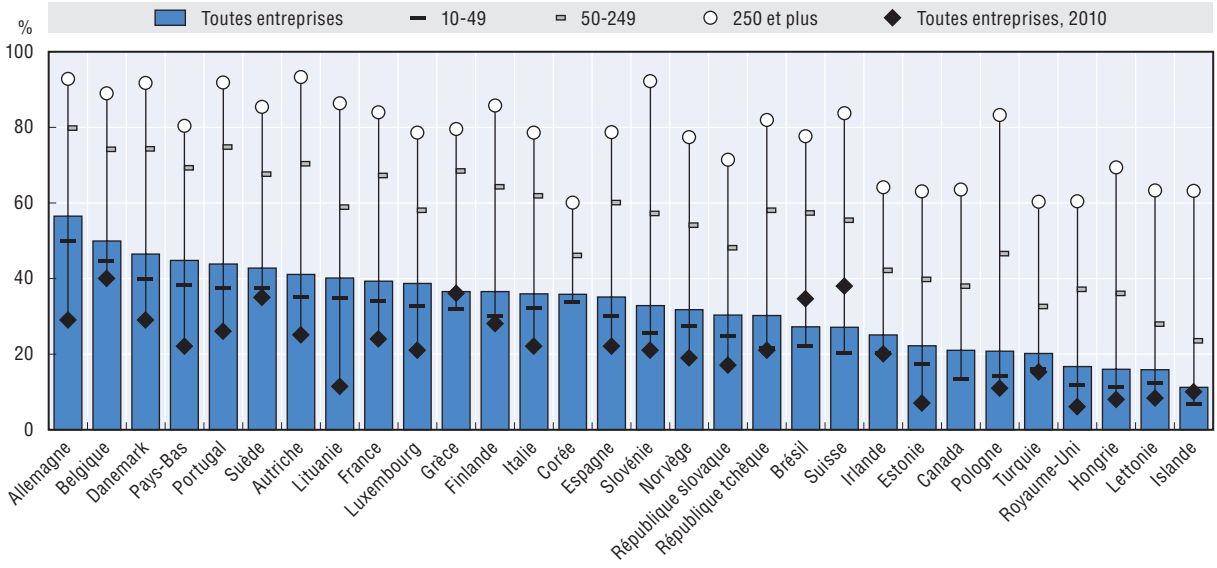
entreprises, des technologies de l'information pour collecter, intégrer, traiter et analyser les informations relatives à leurs clients.

Avec l'explosion de la densité des réseaux et des débits, et la progression régulière de la puissance de calcul, l'infonuagique prend de l'ampleur et a désormais été adoptée par près d'un quart des entreprises de la zone OCDE. L'exploitation des technologies informatiques plus évoluées est moins répandue. Tel est le cas de l'analytique des données massives et de la radio-identification (RFID), qui restent l'apanage de certains types d'entreprises.

Le taux de pénétration des PGI a fortement progressé au cours de la période récente, passant de 21 % des entreprises en 2010 à 33 % en 2016. On note toutefois des disparités notables selon les pays et la taille des entreprises. Pour preuve, en 2016, 78 % des grandes entreprises étaient équipées de PGI, contre moins de 28 % des petites structures, pour lesquelles ces solutions commencent à peine à devenir abordables. Au niveau des pays, les taux de pénétration des PGI vont de 60 % à 93 % pour les grandes entreprises, et de 7 % à 50 % pour les petites. L'Allemagne, la Belgique et le Danemark affichent les taux les plus élevés, tandis que la Lettonie et l'Islande sont à la traîne, toutes tailles d'entreprises confondues (graphique 4.4).

Graphique 4.4. **Pénétration des progiciels de gestion intégrés, par taille d'entreprise, 2015**

En pourcentage des entreprises de chaque classe de taille



Note : Sauf indication contraire, la couverture sectorielle comprend l'ensemble des activités relevant du secteur manufacturier et du secteur des services marchands non financiers. Seules les entreprises de plus de dix salariés sont prises en considération. Les classes de taille sont les suivantes : petites entreprises (de 10 à 49 salariés), moyennes entreprises (de 50 à 249 salariés), grandes entreprises (250 salariés ou plus). Pour le Canada, les entreprises de taille moyenne comptent entre 50 et 299 salariés ; les grandes entreprises emploient 300 salariés ou plus. Pour le Brésil et la Corée, les données se rapportent à 2015. Pour l'Islande et la Suède, les données se rapportent à 2014, pour le Canada, à 2013. Pour la Suisse, les données de 2015 portent sur l'ensemble des entreprises de cinq salariés ou plus (au lieu de dix) ; les petites entreprises comptent donc de 5 à 49 salariés (et non de 10 à 49).

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juin 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933658987

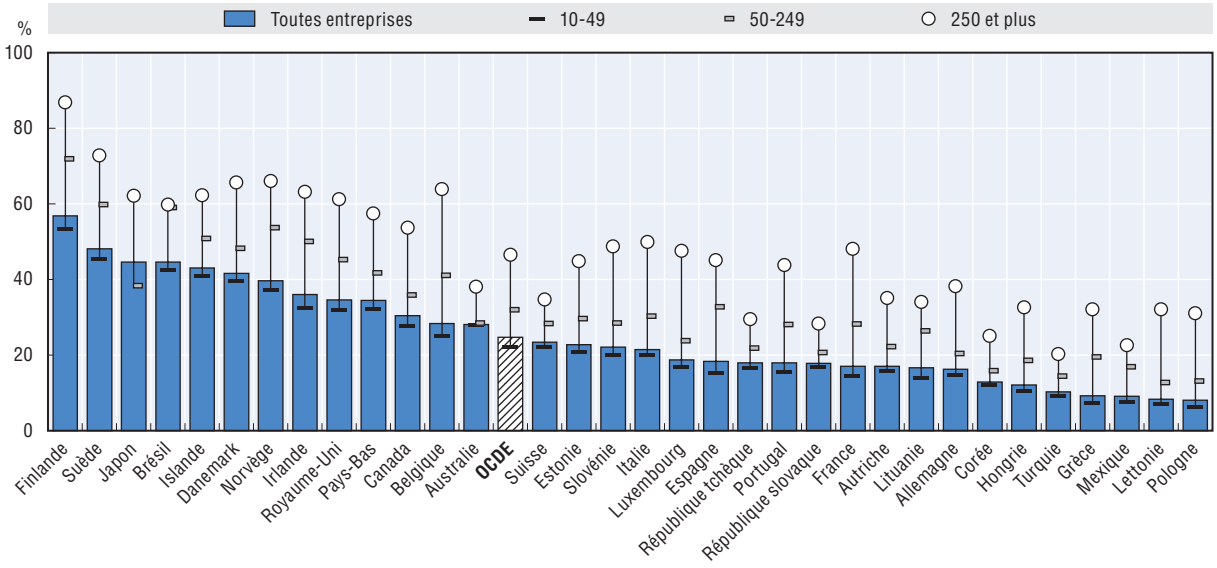
On assiste à une croissance exponentielle de la masse des données générées par la transformation numérique des activités économiques

La pénétration de l'infonuagique dans les entreprises s'est accélérée au cours des dernières années. En 2016, plus de 24 % des entreprises avaient recours à ce type de service. Ce chiffre masque toutefois des écarts, qui vont de 8 % en Pologne à plus de 57 % en Finlande.

Dans la plupart des pays, les taux d'adoption sont plus élevés dans les grandes entreprises (proches de 50 %) que dans les petites ou moyennes structures, qui affichent respectivement des chiffres autour de 22 % et 32 % (graphique 4.5).

Graphique 4.5. **Entreprises ayant recours aux services infonuagiques, par taille, 2016**

En pourcentage des entreprises de chaque classe de taille



Note : On entend par « services infonuagiques » les services TIC utilisés, via l'internet, comme un ensemble de ressources informatiques permettant d'accéder à des logiciels, de la puissance de calcul, des capacités de stockage. Sauf indication contraire, les données portent sur les entreprises manufacturières et les sociétés de services marchands non financiers comptant dix salariés ou plus. Les classes de taille sont les suivantes : petites entreprises (de 10 à 49 salariés), moyennes entreprises (de 50 à 249 salariés), grandes entreprises (250 salariés ou plus). Les chiffres pour l'OCDE correspondent à une moyenne simple des pays pour lesquels on dispose de données. Pour les exceptions, voir la note 5, en fin de chapitre.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juin 2017).

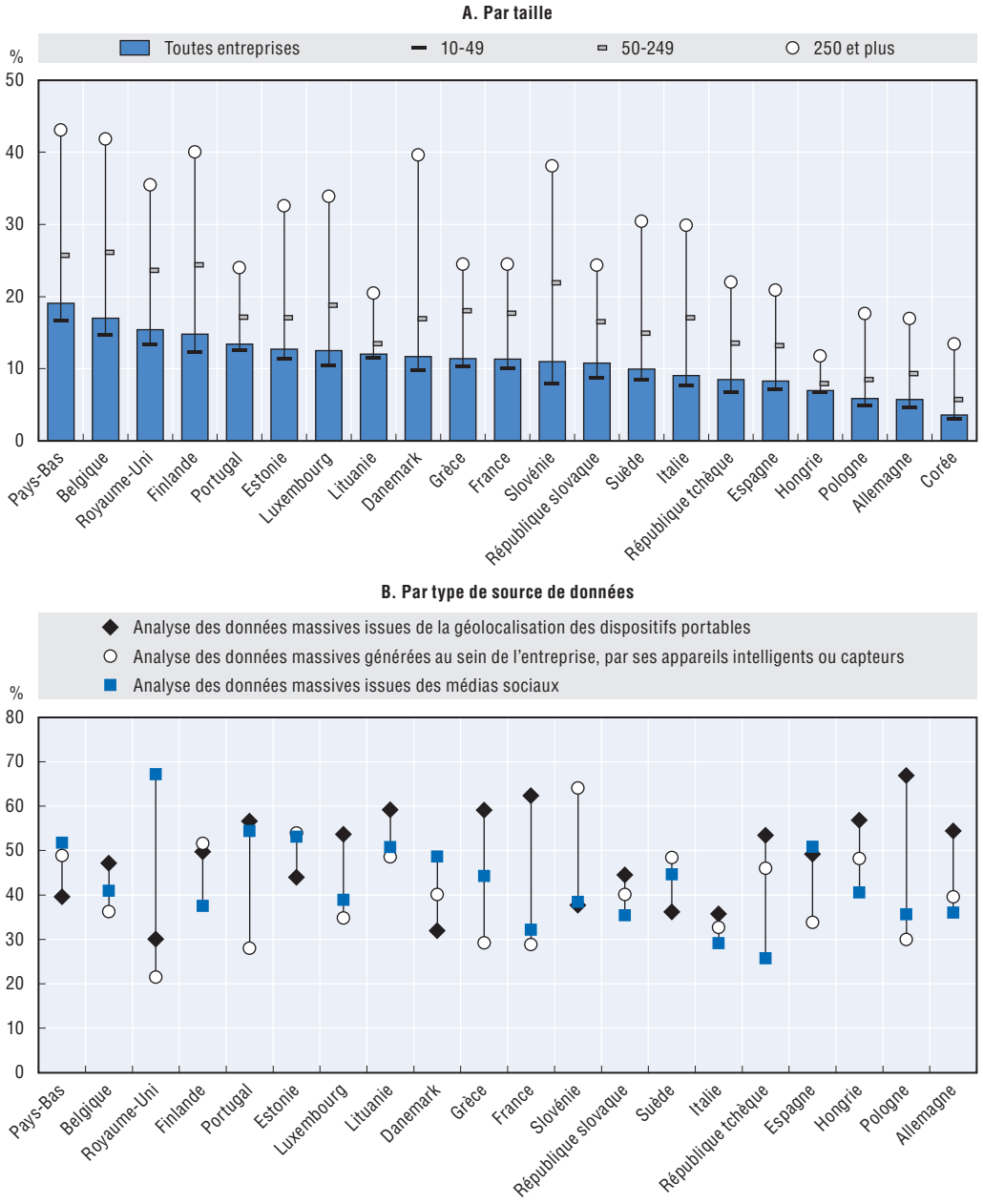
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659006*

L'expression « données massives » désigne les volumes considérables de données générées par les activités menées dans l'environnement électronique et les communications intermachines (données produites dans le cadre des activités sur les médias sociaux, des processus de production, etc.). Les caractéristiques des données massives se résument en « 3V » (volume, variété et vélocité) : 1) le premier V fait référence aux volumes considérables de données générés dans le temps ; 2) le deuxième renvoie à la variété des formats des données complexes, qui peuvent être structurées ou non (textes, vidéos, images, voix, documents, données de capteurs, journaux d'activités, historique de parcours sur le web, coordonnées, etc.) ; 3) le troisième V désigne la vitesse à laquelle les données sont générées, sont mises à disposition et évoluent dans le temps. D'une manière générale, l'analytique des données massives désigne le recours à des techniques, des technologies et des outils logiciels pour analyser les données massives (Laney, 2001 ; Eurostat, 2016).

La proportion d'entreprises ayant eu recours à l'analytique des données massives en 2016 va de 4 % en Corée à 19 % aux Pays-Bas (graphique 4.6). Ces fonctions sont avant tout utilisées dans les grandes entreprises, avec des taux de pénétration allant de 11 % en Hongrie à 43 % aux Pays-Bas. Notons qu'en Belgique et aux Pays-Bas, plus de 15 % des petites entreprises ont également franchi le cap. L'écart d'adoption de l'analytique des données massives entre les petites et les grandes entreprises reste toutefois important

et varie considérablement d'un pays à l'autre. En effet, si les taux d'adoption vont du simple à près du double en Hongrie, en Lituanie et au Portugal, les grandes entreprises sont plus de quatre fois plus nombreuses que les petites à y avoir recours au Danemark et en Slovénie.

Graphique 4.6. **Entreprises ayant recours à l'analytique des données massives, 2016**



Note : Pour la Corée, les données se rapportent à 2015, et l'on ne dispose pas d'informations quant à la répartition par type d'analyse.

Sources : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consulté en juin 2017) ; Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659025

Les entreprises du secteur des TIC sont de loin les plus nombreuses à utiliser de manière intensive l'analytique des données massives (près d'une sur quatre en moyenne dans les 20 pays européens pour lesquels on dispose de données), suivies par les acteurs du secteur de la production et de la distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et climatisation, et de la distribution d'eau (16 %), puis du secteur du transport et de l'entreposage (14 %).

Les entreprises analysent les données issues de diverses sources, qui dépendent de l'environnement dans lequel elles opèrent (type de secteur) et vont des systèmes de géolocalisation de dispositifs portables aux appareils intelligents ou capteurs, en passant par les médias sociaux. Dans une majorité de pays, les entreprises analysent les données issues essentiellement de la géolocalisation des dispositifs portables ou des médias sociaux.

Les entreprises qui utilisent le plus les données de géolocalisation appartiennent généralement au secteur du transport et de l'entreposage, et, dans une moindre mesure, au secteur de la construction. Les entreprises des secteurs de la production et la distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et climatisation, et de la distribution d'eau, ainsi que celles menant des activités immobilières, sont les premières utilisatrices des données générées par les appareils intelligents ou les capteurs. Dans la plupart des pays, les données issues des médias sociaux sont avant tout utilisées par les entreprises menant des activités liées à l'hébergement et la restauration. Les données provenant de sources autres que celles précitées sont essentiellement utilisées par des entreprises opérant dans deux secteurs : information et communication, d'une part, et activités professionnelles, scientifiques et techniques, d'autre part.

Plus des deux tiers des robots industriels opérationnels se concentrent dans seulement quatre pays membres de l'OCDE

Le graphique 4.7 illustre le nombre de robots opérationnels dans les pays de l'OCDE pour lesquels on dispose de données. Avec moins de 100 unités, l'Estonie était en 2014 le pays le moins doté ; le Japon se trouvait quant à lui à l'autre extrémité du spectre, avec 250 000 unités. On estime qu'en 2014, dernière année pour laquelle on dispose d'informations, quelque 750 000 robots industriels étaient opérationnels dans les pays de l'OCDE, ce qui équivalait à plus de 80 % du parc mondial. Le Japon, les États-Unis, la Corée et l'Allemagne étaient les pays les plus robotisés de la zone OCDE, et représentaient à eux quatre près de 70 % du nombre total de robots en fonctionnement, ce qui témoigne d'une très forte concentration dans les économies avancées. Pour ce qui est des économies partenaires de l'OCDE, la République populaire de Chine arrive en tête du parc de robots, avec un stock opérationnel de plus de 86 000 unités.

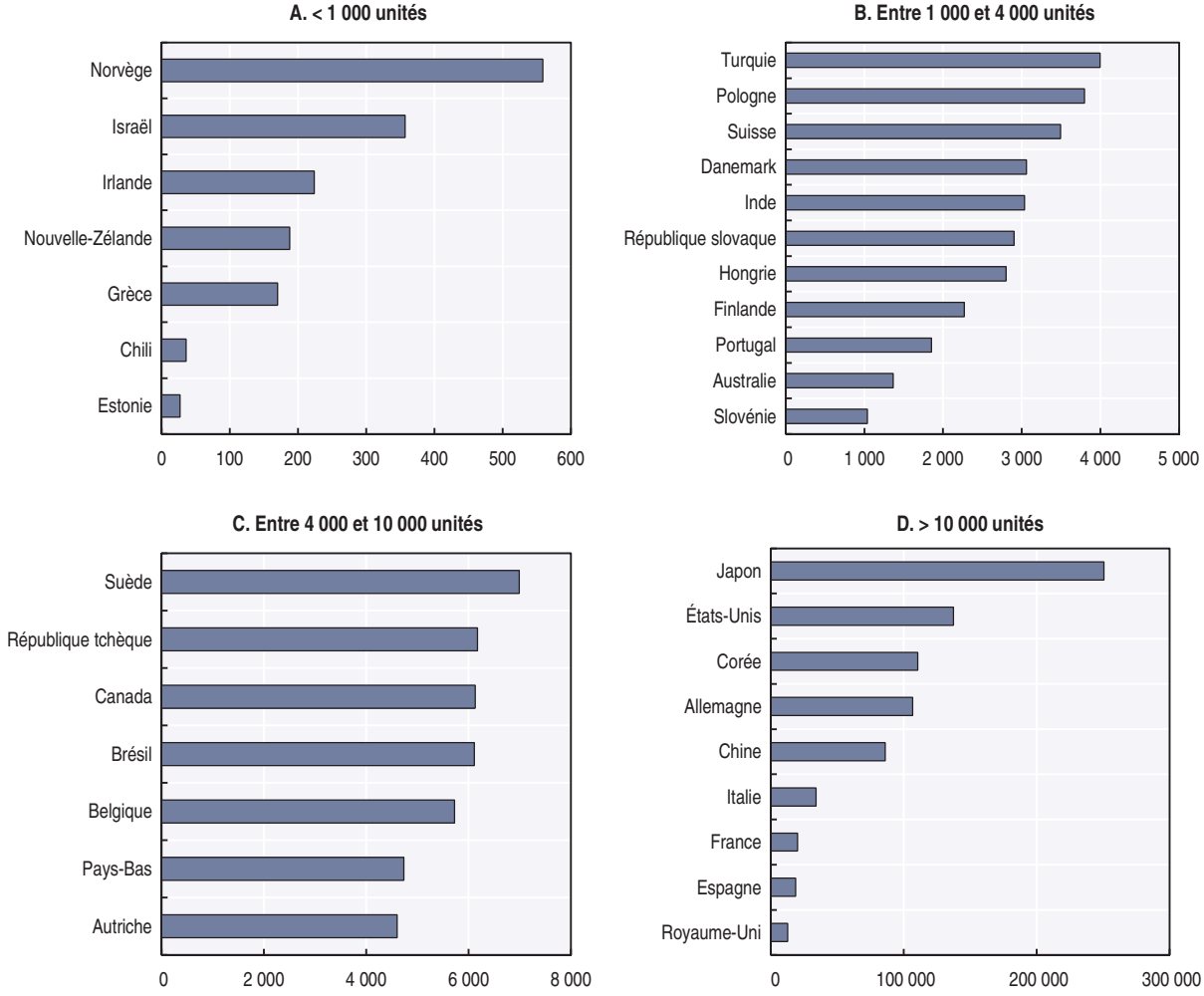
Les secteurs des transports et des équipements électroniques sont les plus gros usagers de robots industriels

On note une forte concentration des robots dans une poignée de secteurs industriels (graphique 4.8). Le matériel de transport arrive en tête, avec près de 45 % du parc total de robots en 2014. De par ses caractéristiques (volumes de fabrication élevés et produits relativement standardisés), le secteur automobile a toujours été sujet à l'automatisation ; il n'est donc pas surprenant qu'il se taille la part du lion dans ce domaine.

Arrivent en deuxième position, avec près de 30 % du parc, les équipements électroniques, électriques et optiques. Certes, les biens produits dans ce secteur affichent une forte composante technologique, mais leur fabrication est relativement standardisée. Si la création de nouveaux modèles nécessite d'importants investissements en recherche

et développement, ainsi qu'une main-d'œuvre hautement qualifiée, leur reproduction à grande échelle est aisément automatisable (tel est le cas des microprocesseurs, par exemple). Le secteur du caoutchouc et des matières plastiques, ainsi que les produits métalliques, mobilisent entre 5 % et 10 % du parc mondial de robots.

Graphique 4.7. **Nombre total de robots industriels opérationnels à l'échelle mondiale, 2014**



Note : Chine = République populaire de Chine.

Source : Calculs de l'auteur, d'après les données fournies par la Fédération internationale de la robotique, février 2017.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659044

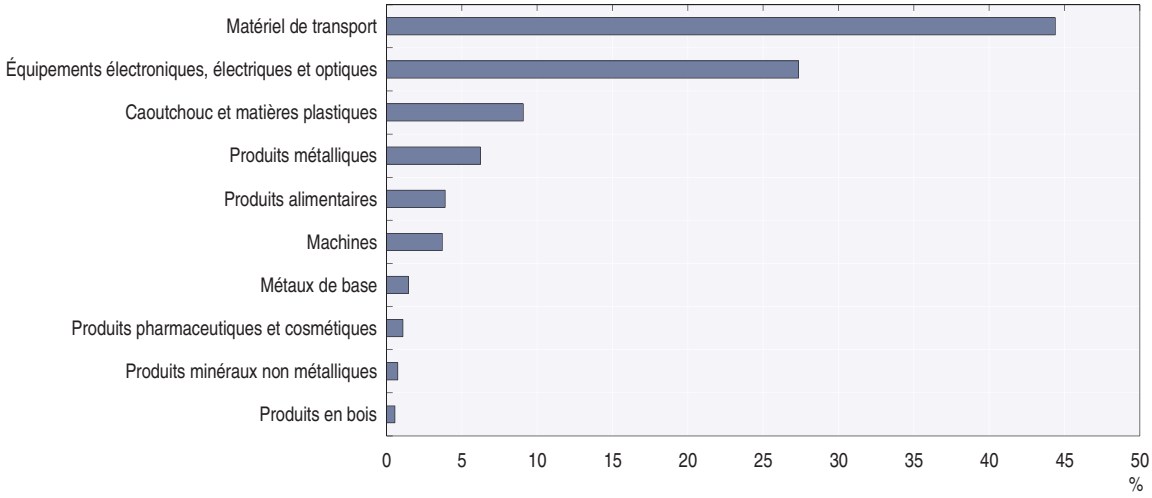
L'utilisation des technologies numériques par les individus, certes croissante, varie selon les pays et les catégories sociales

Si l'utilisation de l'internet s'est généralisée, de fortes disparités demeurent selon les pays et les catégories sociales

En 2005, environ 56 % de la population adulte des pays membres de l'OCDE avaient accès à l'internet, et 30 % l'utilisaient quotidiennement. En 2016, ces parts s'établissaient respectivement à 83 % et 73 %. Les progrès des technologies mobiles ont élargi les possibilités d'accéder au réseau, non seulement lors des déplacements, mais aussi à domicile, et l'internet fait désormais partie intégrante du quotidien. Dans la zone UE27, par exemple,

la part des ménages ne disposant pas d'une connexion internet à domicile parce qu'ils estiment ne pas en avoir besoin (contenu inutile ou inintéressant) a chuté de 20 % en 2006 à moins de 7 % en 2016.

Graphique 4.8. **Dix secteurs les plus robotisés, en pourcentage du parc de robots industriels opérationnels**



Source : Calculs de l'auteur d'après les données fournies par la Fédération internationale de la robotique, février 2017.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659063

Malgré la progression régulière et soutenue constatée au cours des dix dernières années, l'utilisation de l'internet reste extrêmement variable selon les pays de l'OCDE et les catégories sociales. En 2016, alors que 97 % ou plus des adultes avaient accès à l'internet au Danemark, en Islande, au Japon, au Luxembourg et en Norvège, ils étaient 60 % ou moins au Mexique et en Turquie. En Islande, en Italie, au Luxembourg et en Norvège, la part des utilisateurs quotidiens est très proche de la proportion totale d'utilisateurs. En revanche, au Mexique et en Turquie, de nombreux utilisateurs ne se connectent que peu fréquemment à l'internet.

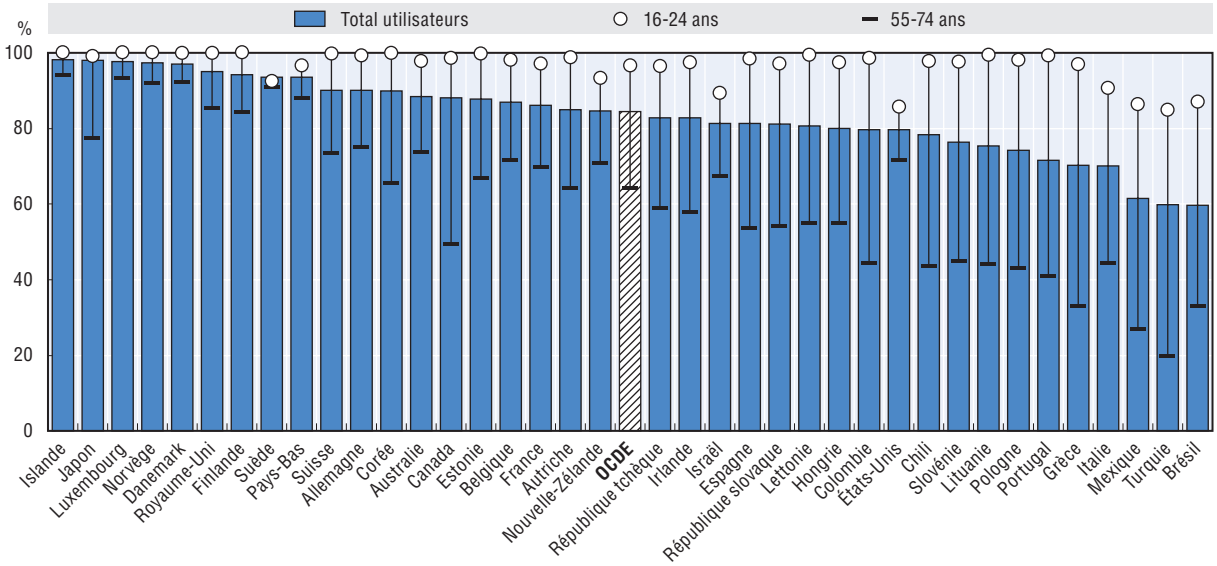
Les écarts dans l'adoption de l'internet sont principalement liés à l'âge et au niveau d'instruction, souvent combinés aux revenus. Si, dans la plupart des pays, l'adoption de l'internet est presque universelle chez les jeunes, son utilisation par les générations plus âgées présente de larges disparités (graphique 4.9). Dans la zone OCDE, plus de 95 % des personnes âgées de 16 à 24 ans utilisaient l'internet en 2016, contre moins de 63 % des 55-74 ans.

Le niveau d'instruction semble être un facteur d'utilisation de l'internet bien plus déterminant pour les personnes âgées que pour les plus jeunes. Le taux d'utilisation de l'internet par les 16-24 ans voisine les 100 % dans la plupart des pays de l'OCDE ; font exception Israël et l'Italie (90 %), ainsi que le Mexique et la Turquie (85 %). Au sein de la zone OCDE, les taux d'utilisation de l'internet par les personnes ayant bénéficié d'un niveau d'instruction peu élevé sont généralement inférieurs de moins de 5 points de pourcentage à ceux des diplômés de l'enseignement supérieur, sauf en Grèce (9 %), en Israël (30 %), au Mexique (27 %) et en Turquie (21 %).

En revanche, les taux d'utilisation de l'internet par les 55-74 ans demeurent très hétérogènes d'un pays à l'autre : supérieurs à 80 % dans les pays nordiques, au Luxembourg, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni, ils sont seulement de 30 % en Grèce, 24 % au Mexique et 16 % en Turquie.

Graphique 4.9. **Internautes, par âge, 2016**

En pourcentage de la population dans chaque groupe d'âge



Note : Sauf indication contraire, la période de référence prise en compte pour recenser les internautes est de trois mois. Pour le Canada et le Japon, la période de référence est de 12 mois. Pour les États-Unis, aucune période n'est précisée. Les données pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande se rapportent respectivement à 2014/15 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2015) et à 2012/13 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2013) au lieu de 2016. Pour le Canada, les données concernent 2012 au lieu de 2016. Pour le Chili, Israël, le Japon, la Corée et les États-Unis, elles se rapportent à 2015, pour l'Islande et la Suisse, à 2014. Les données concernant Israël portent sur les individus âgés de 20 ans ou plus au lieu de 16 à 74 ans, et de 20 à 24 ans au lieu de 16 à 24 ans. Les données pour le Japon portent sur les individus âgés de 15 à 69 ans au lieu de 16 à 74 ans, et 60 à 69 ans au lieu de 55 à 74 ans. Les données afférentes aux individus âgés de 60 à 69 ans sont tirées de l'enquête de 2015 sur l'évolution des habitudes de consommation, réalisée par le ministère des Affaires intérieures et des Communications. Les chiffres pour l'OCDE correspondent à une moyenne simple des pays pour lesquels on dispose de données.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659082*

Parmi les 55-74 ans diplômés de l'enseignement supérieur, les taux d'utilisation sont généralement supérieurs ou équivalents à ceux de l'ensemble de la population ; dans certains pays, ils sont même proches des taux observés chez les 16-24 ans. Les écarts d'utilisation de l'internet entre les 55-74 ans les moins instruits et les plus instruits sont particulièrement marqués en Hongrie, en Lituanie et en Pologne (graphique 4.10).

La navigation web lors des déplacements s'est également généralisée : en 2011, dans la zone UE28, environ un internaute sur quatre accédait à l'internet à partir d'un smartphone ou d'un téléphone mobile en dehors de son domicile ou de son lieu de travail. En 2016, ils étaient plus deux internautes sur trois. La proportion voisine les neuf internautes sur dix en Espagne et en Turquie, et autour de huit sur dix au Danemark, aux Pays-Bas, en Suède et au Royaume-Uni.

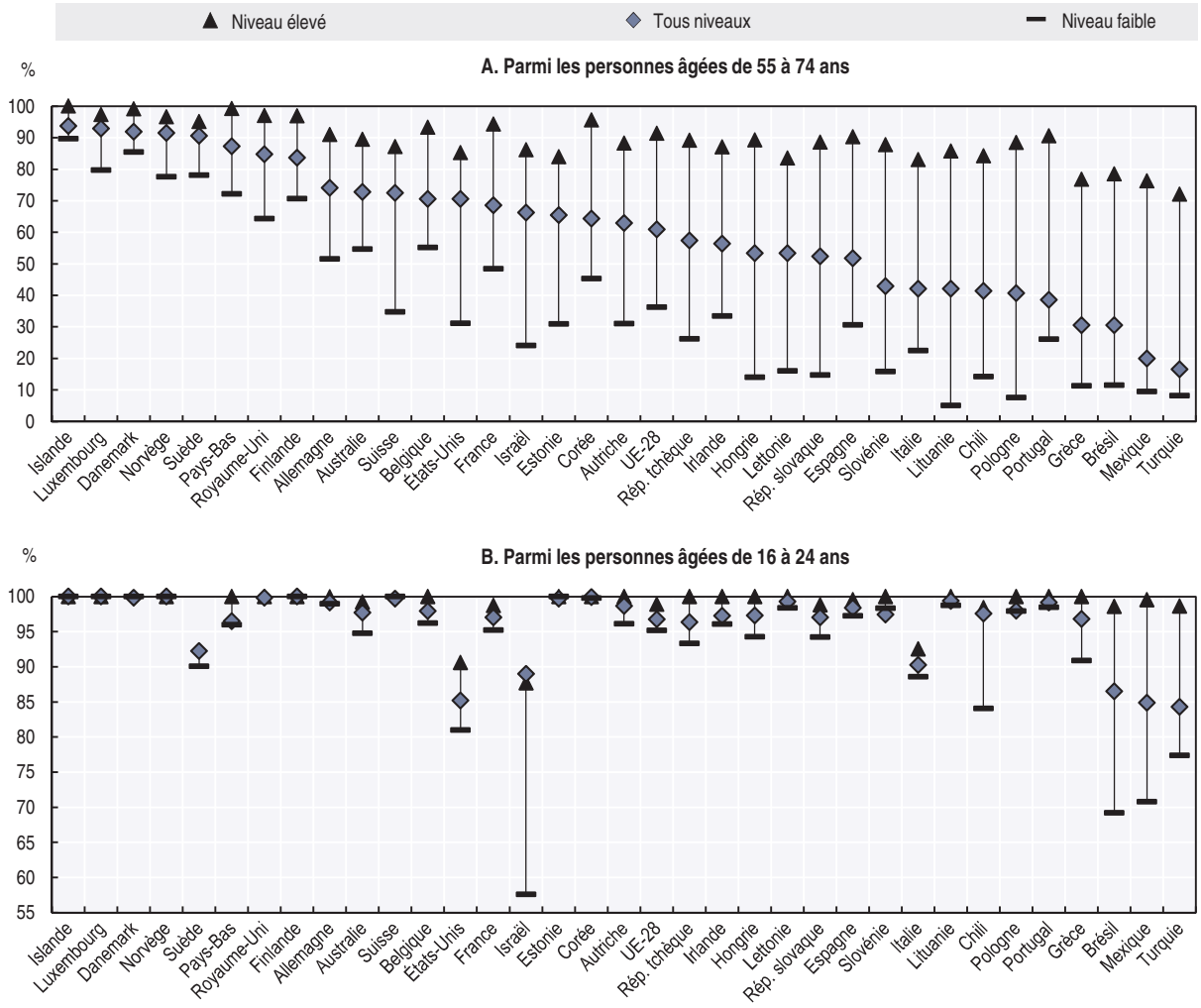
Pour ce qui est de l'âge auquel les individus accèdent pour la première fois à l'internet, il varie considérablement selon les pays. Plus d'un tiers des élèves ont commencé à se connecter à l'âge de six ans, ou moins, au Danemark et aux Pays-Bas. Dans les pays nordiques, en Estonie et aux Pays-Bas, ils sont 80 % à avoir accédé à l'internet avant l'âge de dix ans, contre 30 % en Grèce et en République slovaque.

Au cours de la période 2015-16, en moyenne 83 % des internautes ont déclaré avoir envoyé des courriels, 80 % ont utilisé l'internet pour obtenir des informations sur des produits, 70 % ont consulté l'actualité, 69 % ont utilisé les réseaux sociaux, et 31 % ont eu

recours aux technologies infonuagiques. Si 58 % des internautes ont commandé des produits en ligne, ils n'étaient que 18 % à en vendre par ce biais (graphique 4.11).

Graphique 4.10. **Internautes, par âge et niveau d'instruction, 2016**

En pourcentage de la population dans chaque groupe d'âge



Note : Sont considérés comme internautes les individus ayant utilisé l'internet au cours des trois derniers mois. Les individus ayant reçu un niveau d'enseignement scolaire moyen ne sont pas représentés sur ce graphique. Pour le Brésil, le Chili, Israël, la Corée et les États-Unis, les données se rapportent à 2015, pour l'Islande et la Suisse, à 2014. Les données relatives à l'Australie se rapportent à 2014/15 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2015) au lieu de 2016. Pour le Japon, les données concernent les individus âgés de 15 à 69 ans, au lieu de 16 à 74 ans. Les données relatives aux individus âgés de 16 à 24 ans ayant bénéficié d'un niveau d'instruction élevé se rapportent à 2014 pour la Slovénie, et correspondent à des estimations de l'OCDE pour la Finlande, l'Islande et la Norvège.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juin 2017).

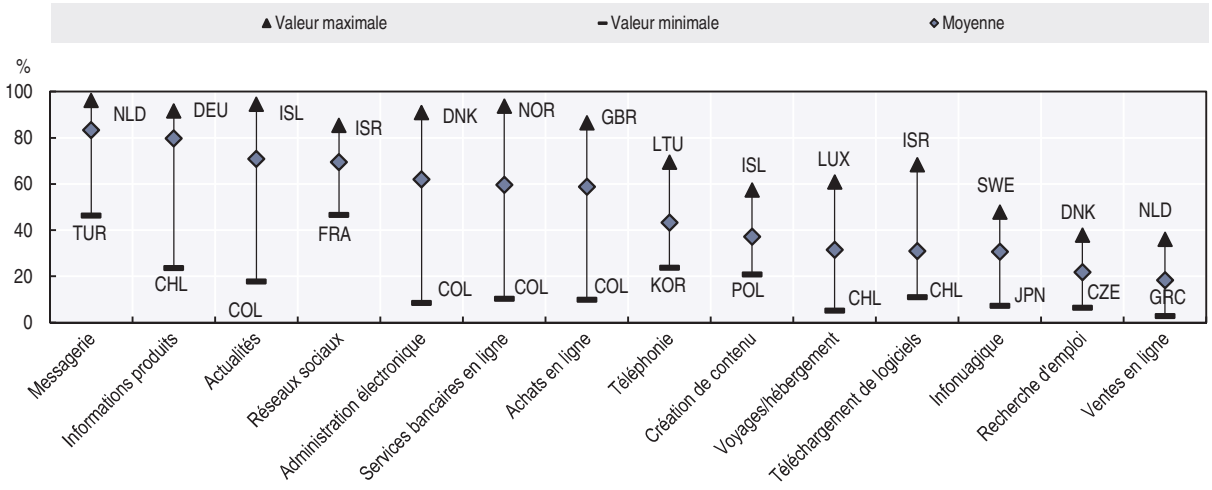
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659101*

Sur des activités telles que l'envoi de courriels, la recherche d'informations sur les produits et l'utilisation des réseaux sociaux, les disparités entre les pays sont faibles. En revanche, les écarts d'un pays à l'autre sont plus marqués si l'on observe la proportion d'internautes effectuant des activités généralement associées à un niveau d'instruction plus élevé (à l'instar des activités intégrant des composantes culturelles ou faisant appel à des infrastructures de services plus élaborées). Tel est le cas, par exemple, des services

bancaires, des achats ou de la consultation de l'actualité en ligne, de l'utilisation de services infonuagiques, ou des interactions avec l'administration électronique.

Graphique 4.11. **Diffusion d'une sélection d'activités en ligne parmi les internautes, 2016**

En pourcentage du nombre d'internautes pratiquant chaque activité



Note : Les données portent sur les 35 pays de l'OCDE, le Brésil, la Colombie et la Lituanie.
Sauf indication contraire, la période de référence prise en compte pour recenser les internautes est de trois mois.
Les données relatives à l'activité « Recherche d'emploi » se rapportent à 2015 (pour les exceptions propres à certains pays, voir la note 6 en fin de chapitre).
Les données afférentes à l'activité « Téléchargement de logiciels » se rapportent à 2015 (pour les exceptions, voir la note 6, en fin de chapitre).
Pour l'activité « Administration électronique », la période de référence étant de 12 mois au lieu de 3, les données se rapportent aux individus ayant utilisé l'internet au cours des 12 derniers mois.
Pour les catégories « Achats en ligne » et « Voyages/hébergement », la période de référence est de 12 mois au lieu de 3 ; les données concernent donc les individus ayant utilisé l'internet au cours des 12 derniers mois.
Pour les exceptions, voir la note 6, en fin de chapitre.
Administration électronique : comprend toutes les formes d'intéraction.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659120*

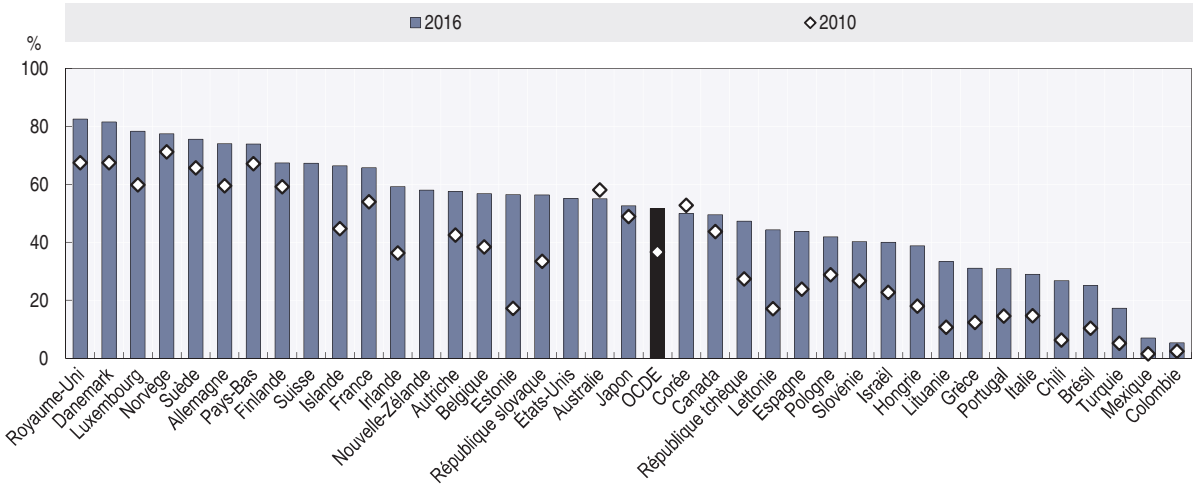
Plus de la moitié des individus de la zone OCDE ont acheté des produits en ligne en 2016, contre 36 % en 2010 (graphique 4.12). La progression au cours de cette période a été particulièrement notable en République tchèque, en Estonie, en Hongrie, en Lettonie, en Lituanie et en République slovaque. La hausse enregistrée aux États-Unis entre 2013 et 2015 a été supérieure à celle observée dans tous les autres pays, à l'exception de l'Estonie. La tendance, à l'œuvre depuis une décennie, devrait perdurer dans les années à venir. Elle a d'ores et déjà bouleversé les circuits de distribution traditionnels pour certaines catégories de produits. Du fait de la diffusion rapide des appareils mobiles connectés, le nombre de particuliers faisant des achats par ce biais ne cesse de croître. La part des achats effectués en ligne varie considérablement selon les pays et les catégories de produits ; l'âge, le niveau d'instruction, le revenu et l'expérience jouent un rôle déterminant dans l'adoption du commerce électronique par les particuliers.

Au Danemark et au Royaume-Uni, plus de 80 % des adultes ont effectué des achats en ligne. En revanche, ils sont moins de 20 % en Turquie, et moins de 7 % en Colombie et au Mexique. La tendance y est toutefois à la hausse, et les écarts s'estompent entre les premiers et les derniers pays du classement si l'on considère uniquement la population des

internautes. Au Danemark, en Allemagne et au Royaume-Uni, 80 % ou plus des utilisateurs de l'internet ont effectué des achats en ligne, contre moins de 35 % au Chili ou en Turquie, et 15 % au Mexique.

Graphique 4.12. **Diffusion des achats en ligne**

Pourcentage d'individus ayant commandé des biens ou des services en ligne



Note : Les données afférentes à l'Australie se rapportent à 2014/15 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2015) au lieu de 2016, et à 2010/11 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2011) au lieu de 2010. Les données pour le Canada concernent les individus âgés de 16 ans ou plus au lieu de 16-74 ans, et se rapportent à 2012 au lieu de 2016. Les données pour le Chili se rapportent à 2015 et 2009 (au lieu respectivement de 2016 et 2010), et, pour le Brésil, la Colombie, le Japon et la Corée, à 2015 au lieu de 2016. Pour Israël, elles concernent 2015 au lieu de 2016 et la période de référence est de six mois. Pour l'Islande et la Suisse, les données portent sur 2014 au lieu de 2016. Pour la Nouvelle-Zélande, les données se rapportent à 2011/12 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2012) au lieu de 2016, et aux individus ayant réalisé, au cours des 12 derniers mois, un achat – quel qu'il soit –, destiné à un usage personnel, achat qu'ils ont réglé en ligne. Pour les États-Unis, les données concernent 2015 et la période de référence est de six mois. Les chiffres pour l'OCDE correspondent à une moyenne simple des pays pour lesquels on dispose de données.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659139*

Les achats les plus courants portent d'une part sur l'habillement, les chaussures et les articles de sport, et, d'autre part, sur les voyages, lesquels représentent respectivement 60 % et 50 % en moyenne des achats en ligne. Suivent la billetterie pour des événements, les équipements de photographie, de télécommunications et d'optique, et les produits alimentaires. Deux secteurs ont connu une croissance rapide ces dernières années : l'habillement, les chaussures et les articles de sport, et les produits alimentaires. La diffusion des différents types de produits vendus en ligne dépend généralement du niveau de revenu, des habitudes de consommation, de la mise à disposition de sites de commerce électronique par les fournisseurs locaux et des stratégies de tarification des entreprises qui vendent sur l'internet.

La sécurité et la protection de la vie privée font partie des questions les plus délicates à résoudre pour favoriser l'essor des cyberservices et le développement du commerce électronique. En 2009, plus d'un tiers des internautes de l'Union européenne qui n'avaient rien acheté sur l'internet invoquaient comme principales raisons la sécurité des paiements et la confidentialité. En 2015, leur part avait certes chuté, mais restait supérieure à un quart, signe que ces questions restaient d'actualité. Au vu des grands écarts de perception des risques de sécurité et d'atteinte à la vie privée entre des pays présentant pourtant des niveaux analogues de répression des infractions et de compétences technologiques, il semblerait que les attitudes culturelles vis-à-vis des opérations effectuées en ligne jouent en rôle essentiel.

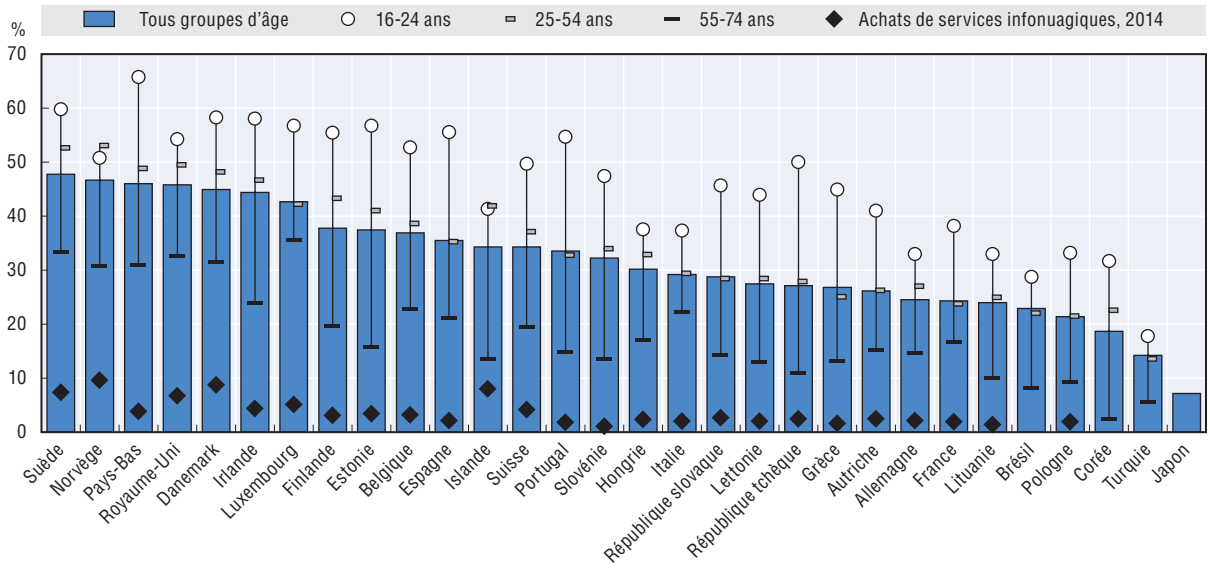
Les internautes adoptent en masse les services infonuagiques

On observe une nette progression de l'utilisation des services infonuagiques par les internautes. Le nuage fonctionne comme un espace virtuel de stockage de fichiers, qu'il s'agisse de documents, de photos, de musique ou de vidéos, qui sont ainsi sauvegardés ou partagés avec d'autres utilisateurs. L'infonuagique répond également aux besoins de souplesse et de facilité d'accès aux logiciels et aux contenus, puisque ceux-ci sont accessibles à tout moment, quel que soit le lieu de connexion.

En 2016, le taux d'adoption des services infonuagiques par les internautes d'une sélection de pays de l'OCDE variait de 14 % en Turquie à 48 % en Suède. Dans la plupart des pays, la propension à utiliser ce type de service est beaucoup plus marquée chez les plus jeunes et les plus instruits (graphique 4.13). La proportion d'internautes qui paient pour ces services reste peu élevée, comprise entre moins de 1 % en Slovénie et 10 % en Norvège.

Graphique 4.13. **Utilisation de l'infonuagique par les individus dans une sélection de pays de l'OCDE, par groupe d'âge, 2016**

En pourcentage des internautes



Note : L'infonuagique désigne l'utilisation d'espace de stockage sur l'internet pour sauvegarder ou partager des documents, des photos, de la musique, des vidéos ou d'autres fichiers. La catégorie « Achats de services infonuagiques » désigne l'achat de services de stockage ou de partage de fichiers sur l'internet ; les données y afférentes se rapportent à 2014. Elles concernent les individus âgés de 16 à 74 ans, sauf pour le Japon (15-69 ans) et la Corée (12 ans et plus). Les données pour le Brésil, le Danemark, le Japon et la Corée correspondent à 2015, celles pour l'Islande et la Suisse, à 2014.

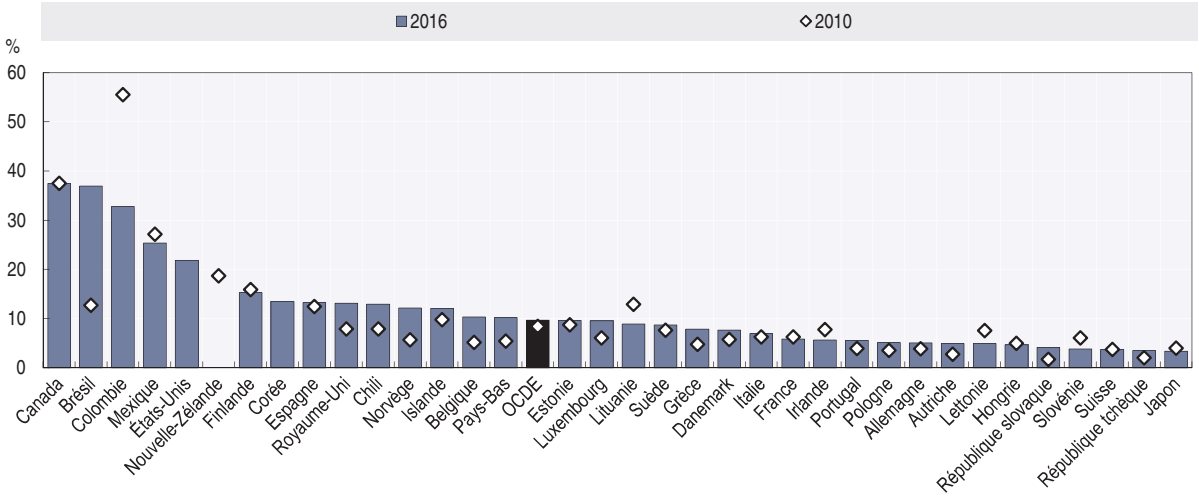
Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659158*

Au cours des dernières années, les TIC ont permis d'élargir les possibilités d'apprentissage et la palette de programmes d'éducation grâce au développement des cours en ligne et, en particulier, des cours en ligne ouverts à tous. En 2016, en moyenne 10.7 % des internautes ont suivi un cours en ligne – une part relativement stable depuis 2010 dans la plupart des pays (graphique 4.14). Les taux varient entre moins de 3 % en Turquie et 37.4 % au Canada. Dans les pays européens, la participation des internautes à ce type de cours s'est révélée dans l'ensemble inférieure, ces dernières années, aux niveaux enregistrés au Canada, au Mexique ou aux États-Unis.

Graphique 4.14. **Individus ayant suivi un cours en ligne**

En pourcentage des individus ayant utilisé l'internet au cours des trois derniers mois



Note : Les données se rapportent à 2012 (et non pas 2016) pour le Canada, le Chili et le Japon, à 2013 pour l'Islande et les États-Unis, à 2014 pour le Mexique, et à 2015 pour le Danemark et la Corée. Les données relatives à la Nouvelle-Zélande correspondent à 2005/06 (exercice budgétaire clos au 30 juin 2006) au lieu de 2010. Pour le Chili, le Canada et la Corée, la période de référence est de 12 mois. Pour le Canada, le Japon, la Corée et la Nouvelle-Zélande, les données reflètent le taux d'individus ayant utilisé l'internet au cours des 12 derniers mois. Pour le Mexique, elles correspondent à la catégorie ayant trait aux efforts en faveur de l'éducation/la formation. Les chiffres pour l'OCDE correspondent à une moyenne simple des pays pour lesquels on dispose de données.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659177*

Les services de l'administration électronique progressent, mais à un rythme inégal selon les pays

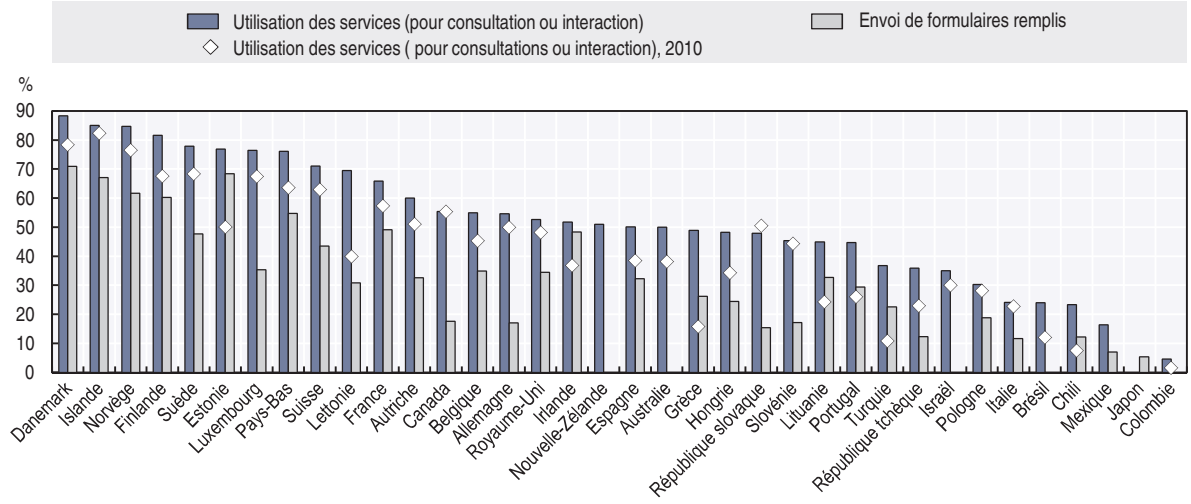
Si la proportion d'individus utilisant les services de l'administration électronique (consultation des sites web des pouvoirs publics ou interactions avec les autorités par le biais de ces sites) a augmenté ces dernières années, de fortes disparités demeurent selon les pays – en 2016, les chiffres allaient de moins de 25 % au Brésil, au Chili, en Italie, au Mexique et en Colombie, à 88 % au Danemark (graphique 4.15). La part des individus soumettant des formulaires remplis via l'internet marque une nouvelle étape dans les échanges dématérialisés avec les pouvoirs publics. Elle varie elle aussi sensiblement, allant de moins de 10 % au Mexique et au Japon à plus de 50 % dans les pays nordiques, en Estonie, aux Pays-Bas et en France. Les taux les plus faibles s'expliquent notamment par l'insuffisance des infrastructures et de l'offre de services publics en ligne, et par des problèmes structurels liés à des facteurs institutionnels, culturels ou économiques.

L'adoption des services de l'administration électronique par les individus a fortement progressé sous l'effet de l'évolution récente des stratégies numériques gouvernementales mises en œuvre dans les pays. Le « gouvernement numérique » désigne l'utilisation des technologies numériques dans le cadre des stratégies de modernisation des administrations, destinées à créer de la valeur pour les citoyens. Il s'appuie sur un écosystème numérique composé d'acteurs publics, d'organisations non gouvernementales, d'entreprises, d'associations de citoyens et d'individus, qui soutient la production et l'accessibilité des données, des services et des contenus par le biais des interactions avec les pouvoirs publics (OCDE, 2014a). Des initiatives ont ainsi été menées récemment

autour de la mise en œuvre de l'identité numérique et de la cybercitoyenneté (de tels projets ont vu le jour au Danemark et en Estonie, par exemple). Les politiques en faveur de l'ouverture des données publiques pourraient également contribuer à renforcer les interactions entre les individus et les pouvoirs publics par l'intermédiaire des sites web mis en place par ces derniers.

Graphique 4.15. **Individus utilisant les services de l'administration électronique, 2016**

En pourcentage de la population totale



Note : Sauf indication contraire, les données concernent les activités menées au cours des 12 derniers mois. Pour les exceptions, voir la note 7, en fin de chapitre.

Source : Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659196*

Compétences TIC

L'utilisation intensive des TIC au travail oblige les salariés à mobiliser de nouvelles compétences dans trois domaines. Premièrement, l'élaboration de produits et de services TIC – logiciels, pages web, commerce électronique, infonuagique, données massives, etc. – requiert des compétences TIC spécialisées pour programmer et développer des applications, et gérer des réseaux. Deuxièmement, un nombre croissant de métiers exigent des travailleurs qu'ils acquièrent des compétences TIC génériques de manière à utiliser ces technologies dans le cadre de leurs tâches quotidiennes – pour accéder aux informations en ligne, utiliser les logiciels, etc. Troisièmement, l'utilisation des TIC modifie les modes de travail et crée une demande de compétences complémentaires des technologies : capacité à communiquer sur les réseaux sociaux, à vendre des produits sur les plateformes de commerce électronique, etc.

L'attention des décideurs et des analystes s'est portée en priorité sur les deux premiers types de compétences, négligeant souvent le dernier. Par ailleurs, la mesure de la demande et de l'offre de compétences se heurte à l'absence d'éléments factuels nécessaires à l'élaboration des politiques en matière d'éducation et de formation. Cette section s'appuie sur les travaux récents de l'Organisation (OCDE, 2016a) sur les solutions qui permettraient de combler ces lacunes (encadré 4.1).

Encadré 4.1. **Mesurer l'offre et la demande de compétences TIC**

La mesure de l'offre et de la demande de compétences dans le domaine des technologies de l'information et des communications (TIC) peut se faire en trois étapes.

La première étape consiste à mesurer la fréquence d'utilisation des TIC dans les différents métiers en s'appuyant sur l'enquête menée par l'OCDE au titre du Programme pour l'évaluation internationale des compétences des adultes (PIAAC).

Le questionnaire de base de l'enquête PIAAC collecte des informations sur l'utilisation des TIC au travail ; pour ce faire, les répondants sont invités à indiquer à quelle fréquence ils se livrent à différents types d'activités en ligne (envoi/réception de courriels ; recherche, sur le web, d'informations liées au travail ; utilisation de tableurs, de solutions de traitement de texte ou de langages de programmation, etc.). Les répondants ont le choix entre plusieurs réponses possibles : jamais ; moins d'une fois par mois ; moins d'une fois par semaine, mais au moins une fois par mois ; au moins une fois par semaine, mais pas tous les jours ; tous les jours.

Pour faciliter l'évaluation de la demande de compétences TIC génériques, certaines réponses ont été regroupées dans deux catégories de tâches. La première – qui se rapporte à l'utilisation de fonctions de communication et de recherche d'informations – comprend des tâches de type envoi/réception de courriels et recherche sur le web d'informations liées au travail. La seconde – qui porte sur l'utilisation de solutions de bureautique – couvre l'emploi de logiciels de traitement de texte et de tableurs. Si ces deux catégories de tâches font appel à des compétences TIC génériques, la deuxième implique une utilisation plus avancée des TIC et nécessite des compétences TIC plus pointues.

L'utilisation de langages de programmation sert de mesure indirecte de la demande de compétences TIC spécialisées.

Les questions de l'enquête PIAAC relatives à l'utilisation des TIC au travail sont uniquement posées aux personnes ayant déclaré disposer d'une expérience de l'utilisation d'un ordinateur dans le cadre de leur emploi. Dans la mesure où les personnes n'ayant aucune expérience de l'informatique au travail (soit 24.5 % du total pondéré des répondants) ne sont pas prises en compte, la fréquence de l'utilisation des TIC au travail mesurée à l'aide de ces questions tend à être surévaluée. En outre, on ignore la répartition des personnes sans expérience informatique selon les métiers. Le biais n'est donc pas uniforme, ce qui signifie que la fréquence peut s'avérer surévaluée dans certains métiers, et sous-évaluée dans d'autres. Pour corriger ce biais, la fréquence a été rapportée, non pas au nombre de répondants aux questions sur les TIC, mais au nombre total d'individus.

La deuxième étape consiste à mesurer la demande de compétences TIC au travail en liant la fréquence d'utilisation des TIC par type de métier à la part de ces métiers dans l'emploi total d'après les enquêtes sur la population active.

Pour les pays de l'Union européenne (UE), les données sur l'emploi sont issues de l'Enquête sur les forces de travail de l'Union européenne, qui, depuis 2011, s'appuie sur les codes à trois chiffres de la CITP-08 pour classer les professions. Dans d'autres pays, en revanche, les classifications nationales ont été converties en s'appuyant sur la CITP-08. Pour les États-Unis, les données sur l'emploi par type de profession selon la classification CITP-08 (codes à trois chiffres) sont des estimations de l'OCDE d'après l'enquête Current Population Survey du US Bureau of Labor Statistics ; ces estimations se fondent sur le tableau de concordances entre le système Standard Occupational Classification (SOC) 2010 des États-Unis et la CITP-08 (pour en savoir plus, voir Eckardt et Squicciarini [à paraître]). Pour l'Australie, les données sur l'emploi par type de profession selon la classification CITP-08 (codes à deux chiffres) ont été estimées d'après les informations de l'Australian Bureau of Statistics, en s'appuyant sur les concordances entre l'Australian and New Zealand Standard Classification of Occupations (ANZSCO) 2006 et la CITP-08, établies par Statistics New Zealand.

Encadré 4.1. **Mesurer l'offre et la demande de compétences TIC** *(suite)*

La troisième étape consiste à évaluer dans quelle mesure l'offre de compétences répond à la demande.

Les informations issues de l'évaluation des performances des adultes menée dans le cadre du programme PIAAC permettent de mesurer cet aspect. Le cadre du PIAAC évalue les principales compétences en matière de traitement des informations, qui présentent les caractéristiques suivantes :

- nécessaires pour permettre aux travailleurs de s'intégrer pleinement dans le monde du travail, apprendre et se former, et participer à la vie sociale et civique
- facilement applicables, de par leur pertinence, aux diverses situations de la vie privée et professionnelle
- susceptibles de s'acquérir, ce qui signifie qu'il est possible d'agir sur leur développement par le biais des politiques publiques.

Les savoirs fondamentaux (maîtrise de la langue et calcul) jettent les bases du développement de compétences cognitives plus élaborées, comme le raisonnement analytique, et sont indispensables pour aborder et appréhender des domaines de connaissances spécifiques. En outre, la capacité à gérer l'information et à résoudre des problèmes dans des environnements à forte composante technologique – à savoir accéder à l'information, l'évaluer, l'analyser et la communiquer – devient aussi importante que la compréhension et l'interprétation d'informations textuelles et l'aptitude à traiter des énoncés mathématiques. La capacité à résoudre des problèmes dans des environnements à forte composante technologique prend d'autant plus d'importance que les applications TIC occupent peu à peu une place prépondérante dans la sphère professionnelle, l'enseignement et la vie quotidienne.

Dans le cadre du PIAAC, la capacité à résoudre des problèmes dans ce type d'environnement est définie comme l'aptitude à utiliser les technologies numériques, les outils et les réseaux de communication pour obtenir et évaluer des informations, communiquer avec autrui et accomplir des tâches pratiques. Le premier cycle de l'évaluation met l'accent sur la capacité des adultes à résoudre des problèmes à des fins personnelles, professionnelles ou civiques, en mettant en place des objectifs et des plans appropriés, ainsi qu'en localisant et en utilisant l'information via les ordinateurs et les réseaux informatiques (OCDE, 2012).

D'après la description donnée, on considère que la capacité à accomplir efficacement des tâches de communication et de recherche d'informations exige des compétences en résolution de problèmes dans des environnements à forte composante technologique de niveau 1. De fait, à ce niveau, les individus sont capables d'utiliser un logiciel de messagerie ou un navigateur web. L'utilisation efficace des logiciels de bureautique exige quant à elle des compétences de niveau 2 – à ce niveau, les individus sont notamment capables d'utiliser des outils ou des applications informatiques plus élaborés (tels qu'une fonction de tri, par exemple).

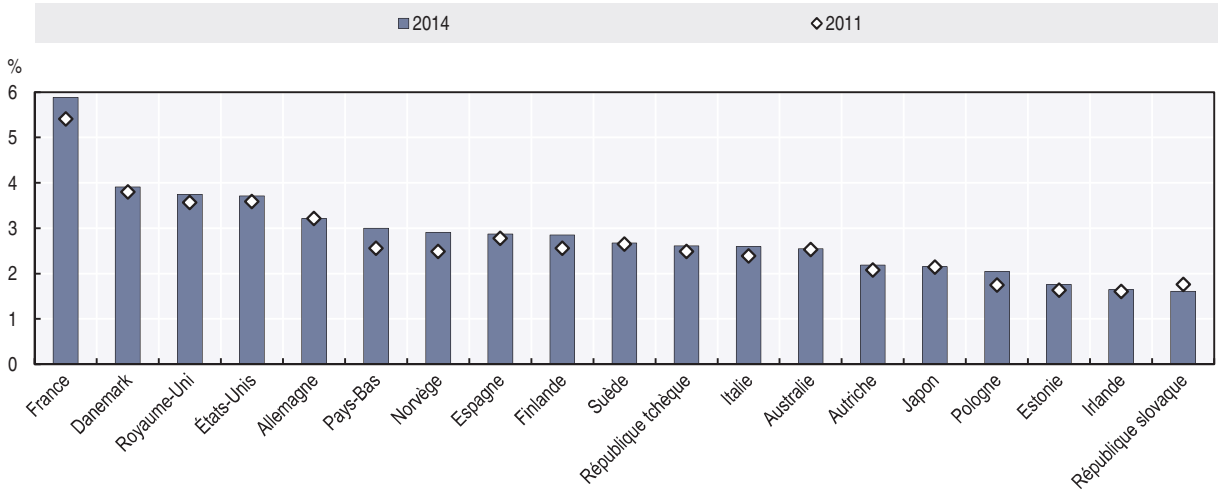
La demande de spécialistes des TIC augmente, mais les pénuries restent pour l'heure limitées à quelques pays

La part de l'emploi des spécialistes des TIC est restée stable entre 2011 et 2014

Le graphique 4.16 illustre la densité des spécialistes des TIC à l'échelle des économies, en 2011 et 2014. En 2014, leur part oscillait entre 1.6 % en Irlande et en République slovaque, et 5.9 % en France, la majorité des pays se situant autour de 3 %. Entre 2011 et 2014, la part des professions à forte intensité de spécialistes en TIC dans l'emploi a connu une croissance modeste dans la quasi-totalité des pays (0.18 point de pourcentage en moyenne), sauf en République slovaque (-0.15 point de pourcentage). La plus forte progression a été observée en France ; suivaient les Pays-Bas et la Norvège.

Graphique 4.16. **Compétences TIC spécialisées**

Part des salariés utilisant des langages de programmation quotidiennement au travail



Note : Pour le Japon, les données se rapportent à 2010 et 2014. Les données relatives au Royaume-Uni concernent l'Angleterre et l'Irlande du Nord.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données PIAAC*, *www.oecd.org/fr/competences/piaac/donneespubliquesetanalyses*, et enquêtes nationales sur la population active, décembre 2015.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659215

Y a-t-il pénurie de compétences TIC spécialisées ?

Au cours de la période récente, on a craint un éventuel déséquilibre entre la demande et l'offre de spécialistes des TIC sur le marché du travail. Si les entreprises peinent à recruter ce type de profil, au moins l'un des cas de figure suivants peut se produire : 1) une hausse des taux d'emplois vacants dans ce domaine ; 2) un allongement de la durée des vacances de postes ; et 3) une augmentation des salaires des spécialistes des TIC.

Le tableau 4.1 montre que le « personnel informatique » pointe désormais à la deuxième place du classement des dix types de postes que les employeurs ont le plus de difficulté à pourvoir, selon l'étude *Talent Shortage Survey* menée dans plus de 40 pays (ManpowerGroup, 2016).

Tableau 4.1. **Dix principaux types de profils que les entreprises peinent à recruter, 2016**

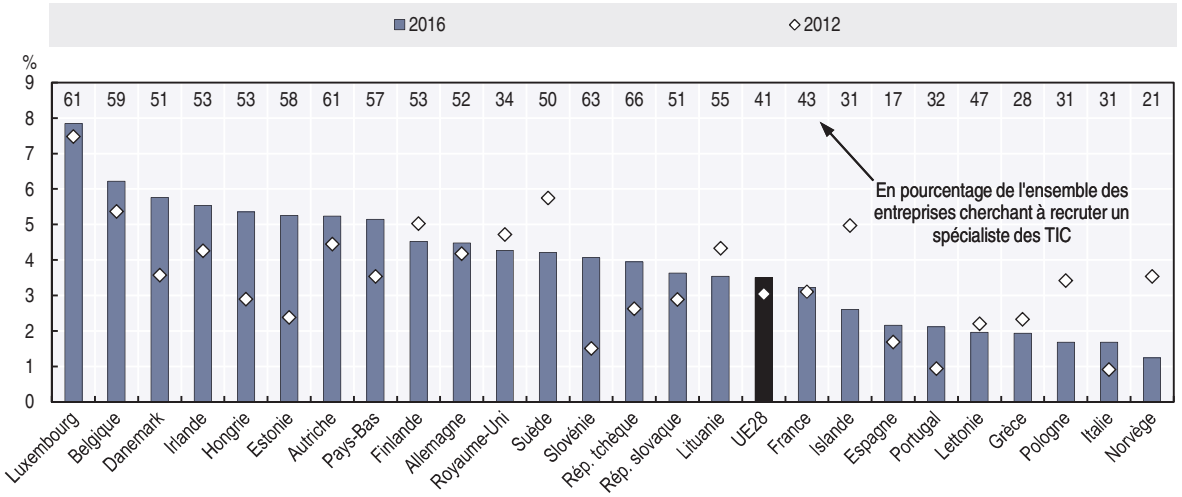
Rang	Type de profil
1	Artisans/ouvriers qualifiés
2	Personnel informatique
3	Commerciaux
4	Ingénieurs
5	Techniciens
6	Conducteurs
7	Personnel comptable et financier
8	Cadres/dirigeants
9	Techniciens de production/opérateurs de machines
10	Personnel administratif

Source : ManpowerGroup (2016), *Talent Shortage Survey*, *http://manpowergroup.com/talent-shortage-2016*.

Néanmoins, cette perception ne transparaît pas encore dans les données officielles publiées au niveau européen. De fait, la part des entreprises faisant état de difficultés à recruter des spécialistes des TIC apparaît relativement faible – 3.5 % environ – et n'a pas évolué entre 2012 et 2014 (graphique 4.17). Cette part a diminué ou est restée stable dans la plupart des pays. Les hausses les plus marquées (supérieures à 2 points de pourcentage) ont été observées en Estonie, en Slovénie, en Hongrie et au Danemark. En d'autres termes, même si 41 % des entreprises cherchant à recruter des spécialistes des TIC dans l'Union européenne ont fait état de difficultés à pourvoir les postes vacants, la pénurie de compétences TIC reste limitée, puisque seule une faible proportion d'entreprises sont en quête de ce type de profil.

Graphique 4.17. **Entreprises faisant état de difficultés à pourvoir des postes de spécialistes des TIC**

En pourcentage de l'ensemble des entreprises



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en juin 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659234

Les taux d'emplois vacants dans les services TIC tendent à être très supérieurs à ceux observés dans l'ensemble du secteur des entreprises

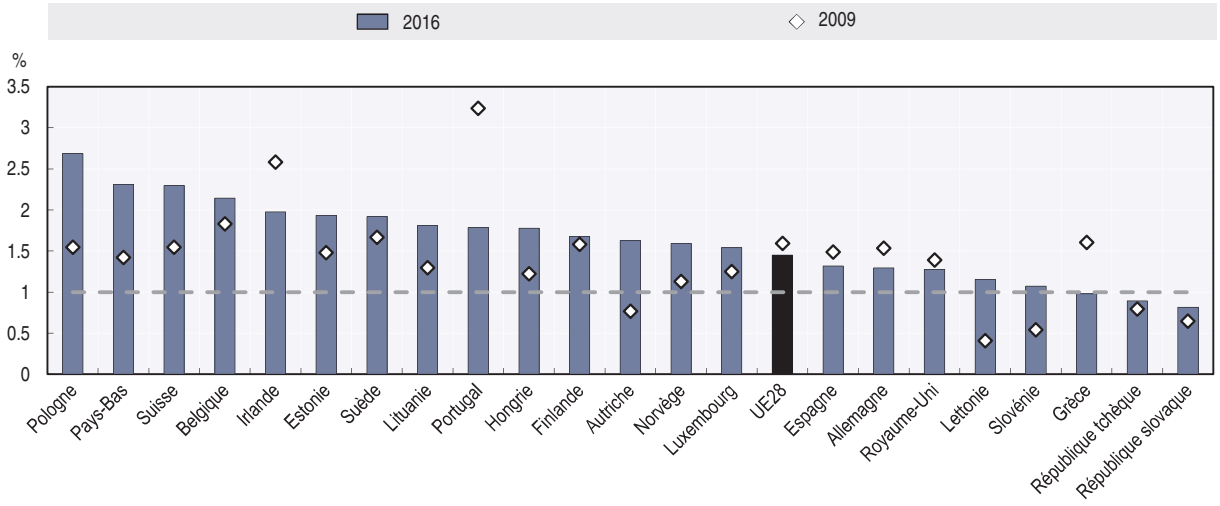
Le taux d'emplois vacants représente la mesure la plus fréquemment utilisée pour évaluer les déséquilibres entre l'offre et la demande sur le marché du travail. Il correspond, pour une profession donnée, au rapport entre le nombre de postes vacants et le nombre de postes pourvus et à pourvoir (vacances plus emplois). Une augmentation du taux d'emplois vacants signifie que la demande de compétences requises pour une profession donnée croît plus vite que l'offre. Si ces compétences sont disponibles dans la population active, le déséquilibre se résorbe peu à peu, les possibilités d'emploi et la hausse des salaires attirant des personnes inactives ou occupant d'autres emplois. À l'inverse, si les compétences requises ne sont pas disponibles dans la population active, il y a pénurie de compétences et, par conséquent, hausse du taux de vacances.

Les taux d'emplois vacants dans les services TIC tendent à être supérieurs à ceux observés dans l'ensemble du secteur des entreprises. En 2016, le ratio entre les deux indicateurs était supérieur à 2.5 en Pologne et supérieur à 2.0 aux Pays-Bas, en Suisse et en Belgique. En revanche, les taux d'emplois vacants dans les services TIC étaient équivalents à ceux de l'ensemble du secteur des entreprises en Lettonie, en Slovénie et en Grèce,

voire inférieurs dans des pays comme la République tchèque et la République slovaque (graphique 4.18). Entre 2009 et 2016, le ratio a augmenté ou est resté stable dans la plupart des pays, mais a fortement chuté au Portugal, en Irlande et en Grèce, notamment. Le risque de pénurie de compétences dans les services TIC semble donc limité à quelques pays.

Graphique 4.18. **Taux d'emplois vacants moyen dans les services TIC, rapporté au taux observé dans l'ensemble du secteur des entreprises**

Moyenne annuelle des taux trimestriels



Note : Les données relatives aux services TIC sont fondées sur la CITI rév. 4 (section J). Pour la Norvège, les données se rapportent à 2010 et 2016, pour l'Allemagne, à 2011 et 2016, et pour la Belgique et l'UE28, à 2012 et 2016.

Source : Eurostat, *Job Vacancy Statistics*, *http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Job_vacancy_statistics* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659253*

Si les statistiques officielles sur les emplois vacants sont disponibles au niveau sectoriel, les offres d'emploi en ligne permettent d'obtenir ces informations profession par profession. Ces derniers temps, un certain nombre d'entreprises privées et quelques offices statistiques nationaux ont commencé à collecter et analyser les offres d'emploi publiées sur le web en vue de compiler des statistiques sur les postes à pourvoir. Les services publics utilisent ce type de données afin de permettre aux citoyens de s'informer sur la situation du marché du travail. Le portail des compétences mis en place en Australie par le gouvernement de Nouvelle-Galles du Sud en est un exemple[8].

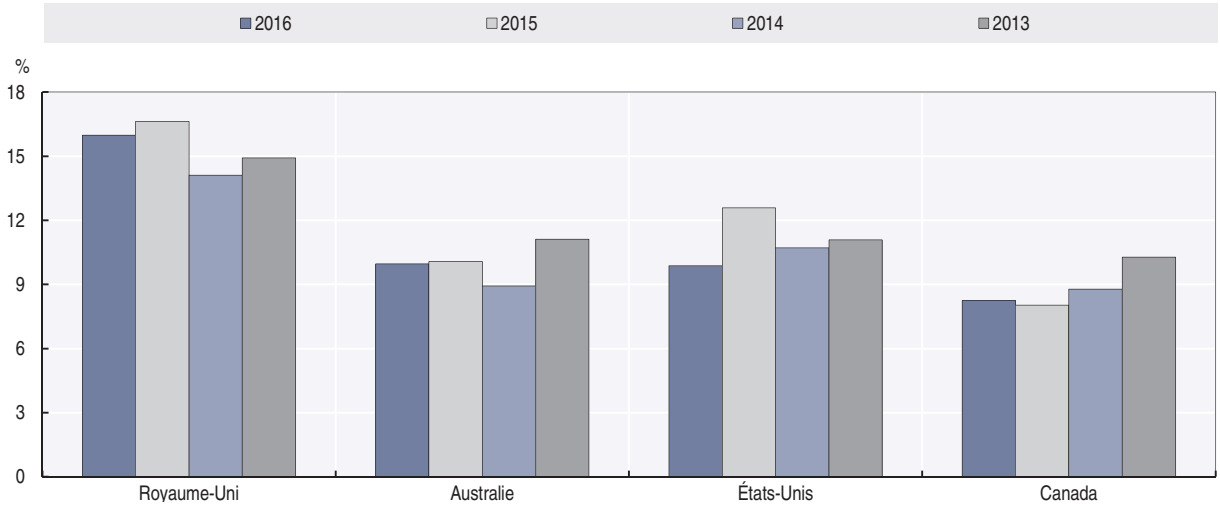
Les avis de vacances de poste publiés sur l'internet revêtent un potentiel considérable en tant que source d'informations sur les caractéristiques des offres d'emploi, les demandeurs d'emploi et la durée de publication des offres. Ils permettent d'assurer un suivi en temps réel des tendances du marché du travail, grâce à des données actualisées très fréquemment. Qui plus est, l'analyse des diverses exigences en matière de compétences, de formation et d'expérience énoncées dans les offres d'emploi permet de mettre en lumière l'évolution des profils de poste.

Si les statistiques produites à partir des offres d'emploi publiées sur l'internet présentent des lacunes en termes de couverture géographique, de représentativité par rapport aux données officielles, et de mise en correspondance avec les secteurs concernés, les données issues de sources privées comme Burning Glass apportent des éclairages sur les tendances en matière de vacances d'emploi dans les métiers des TIC. Le graphique 4.19 montre que les offres d'emploi dans les TIC représentaient en 2016 entre 8 % (Canada) et 16 % (Royaume-Uni) du nombre total

d'offres d'emploi. Dans la plupart des pays pour lesquels on dispose de données, cette part était inférieure aux niveaux de 2013, sauf au Royaume-Uni, où les offres dans les TIC ont culminé en 2015, avant de diminuer en 2016, une évolution similaire à celle observée aux États-Unis.

Graphique 4.19. **Offres d'emploi TIC publiées sur l'internet**

En pourcentage du nombre total d'offres d'emploi publiées en ligne



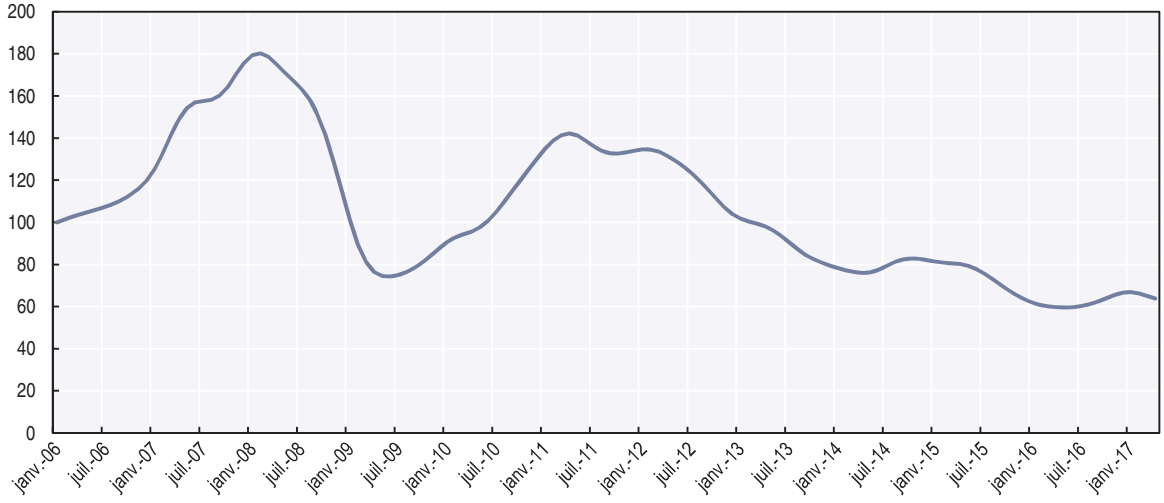
Source : Calculs de l'auteur d'après les données fournies par Burning Glass, avril 2017.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659272

En Australie, l'Internet Vacancy Index établi par le ministère de l'Emploi révèle une forte baisse des offres d'emploi en ligne destinées aux professionnels des TIC. Cette chute s'est amorcée au lendemain de la crise et, malgré une reprise partielle mi-2009, s'est poursuivie à partir de 2010 (graphique 4.20).

Graphique 4.20. **Offres d'emploi en ligne destinées aux professionnels des TIC en Australie**

Internet Vacancy Index, Australie, janvier 2006 = 100



Source : Labour Market Information Portal, Australie, *http://lmip.gov.au/default.aspx?LMIP/VacancyReport* (consulté en août 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659291

Les risques de pénurie de compétences TIC se limitent à un petit nombre de pays, du moins en Europe

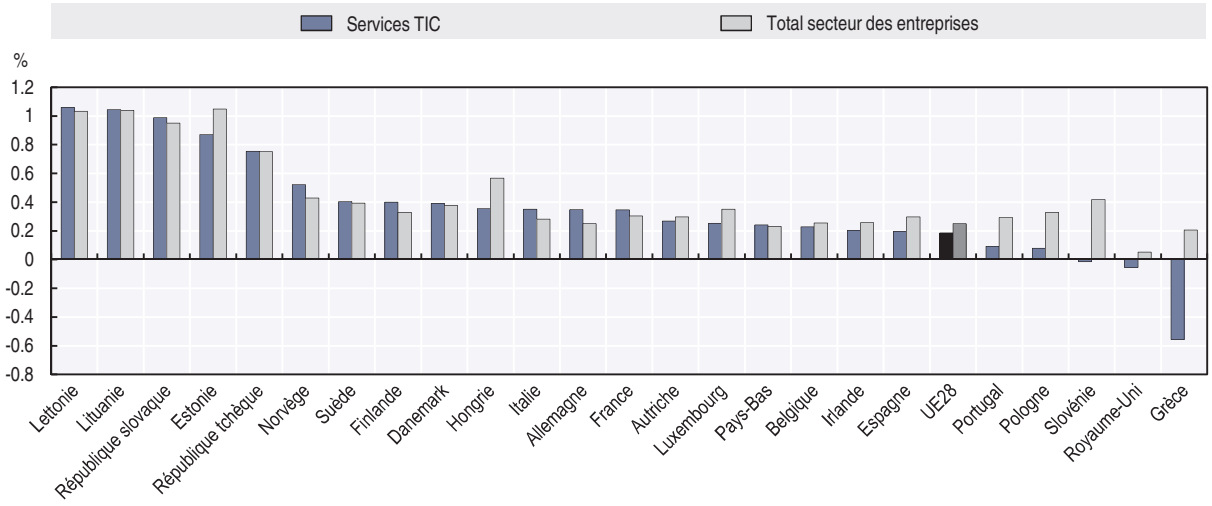
Les pénuries de personnel disposant de compétences spécifiques peuvent se traduire par une hausse des salaires réels pour les professions qui en font une utilisation intensive. Si les compétences TIC sont rares sur le marché du travail, les entreprises sont contraintes de proposer des salaires réels plus élevés pour attirer les travailleurs qui en sont dotés.

Toutefois, l'évolution des salaires réels ne constitue pas toujours une mesure fiable des pénuries de compétences. D'une part, ces dernières ne donnent pas toujours instantanément lieu à une hausse des rémunérations, du fait des délais d'ajustement (en cas de négociations salariales collectives, par exemple). D'autre part, il arrive que les salaires augmentent sous l'effet de chocs de productivité tant au niveau sectoriel qu'à l'échelle de l'économie. Par conséquent, la hausse des salaires réels ne peut être vue comme un signe de pénurie de compétences que si les conditions suivantes sont réunies : 1) si elle perdure dans le temps ; 2) si elle est supérieure à la croissance de la productivité de la main-d'œuvre ; et 3) si elle est plus importante que celle observée dans les autres secteurs de l'économie.

Le graphique 4.21 compare les taux de croissance moyens des salaires – par rapport à la productivité moyenne de la main-d'œuvre – dans les services TIC et dans l'ensemble du secteur des entreprises de services sur la période 2001-16. Dans la moitié des 24 pays pour lesquels on dispose de données, les salaires ont progressé moins rapidement dans le secteur des services TIC que dans l'ensemble du secteur des services. Dans les autres pays, les écarts de croissance se sont révélés relativement limités (moins d'1 % par an). Ces tendances confirment que, malgré la progression rapide de la demande de spécialistes des TIC, les risques de pénurie de compétences TIC restent limités à une poignée de pays, du moins en Europe.

Graphique 4.21. **Évolution des salaires par rapport à la productivité de la main-d'œuvre, 2001-16**

Moyennes annuelles



Note : TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Eurostat, *Comptes nationaux (y compris PIB)* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/national-accounts/data/database* (consulté en août 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659310

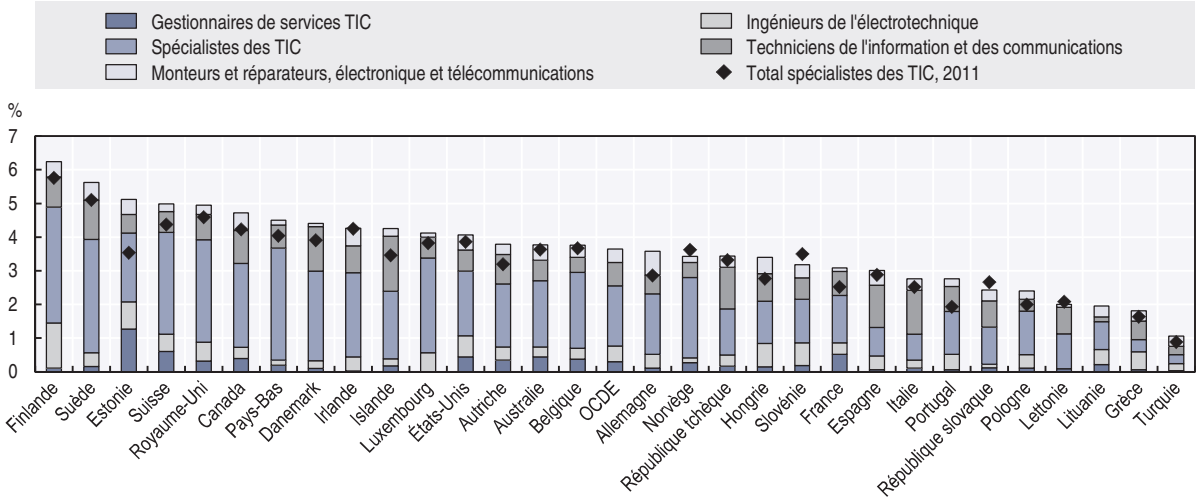
L'offre de spécialistes des TIC a progressé à un rythme modéré, mais la demande devrait croître plus rapidement

On peut évaluer l'offre de spécialistes des TIC à l'échelle de l'économie d'après les chiffres de l'emploi des professionnels des TIC, ainsi que les données sur les diplômés en sciences informatiques et les chercheurs travaillant dans le secteur des TIC.

Ces dernières années, la profession s'est révélée l'une des plus dynamiques, et plusieurs prévisions tablent sur une accélération de la croissance de la demande à court terme. En 2016, les spécialistes des TIC représentaient 3.6 % de la main-d'œuvre des pays de l'OCDE pour lesquels on dispose de données (graphique 4.22). Dans les quelques pays ayant publié des données pour la période 2003-16, la part de la profession a progressé à un rythme modéré – elle est passée d'environ 4 % à 4.7 % au Canada, de 3.2 % à 4.1 % aux États-Unis, et de 3.6 % à 3.8 % en Australie.

Graphique 4.22. **Part de l'emploi des spécialistes des TIC à l'échelle de l'économie, 2016**

En pourcentage de l'emploi total, par catégorie



Note : Les spécialistes des TIC sont les individus chargés de mener à bien des tâches de développement, de maintenance et d'exploitation des systèmes TIC et occupant un emploi dont la composante majeure a trait aux TIC. D'après la définition opérationnelle fondée sur les sous-groupes (codes à trois chiffres) de la CITP-08 ; sont concernées notamment les professions portant les codes suivants : 133, 215, 25, 35 et 742 (pour en savoir plus, voir OCDE [2004 ; 2013]). L'agrégat pour l'OCDE correspond à une moyenne pondérée de tous les pays pour lesquels on dispose de données. Les données relatives au Canada et aux États-Unis se rapportent à 2015. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après les enquêtes australienne, canadienne et européenne sur la population active, ainsi que la Current Population Survey menée aux États-Unis (consultées en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659329

Le graphique 4.23 révèle d'importants écarts entre les hommes et les femmes. De fait, dans les pays de l'OCDE, 5.5 % des travailleurs masculins sont des spécialistes des TIC, contre seulement 1.4 % des femmes actives.

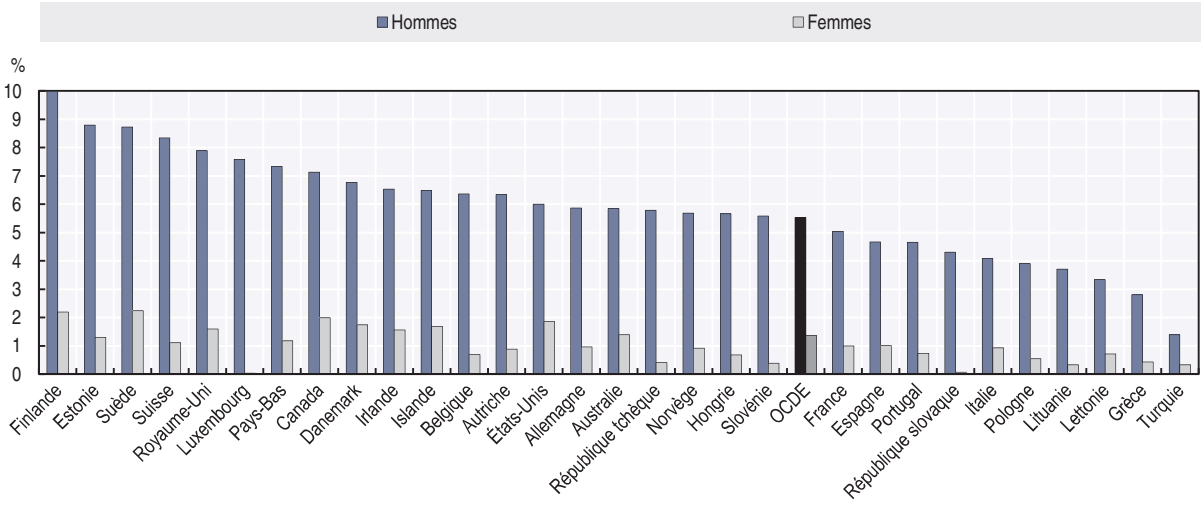
Certaines prévisions tablent sur une forte pénurie de spécialistes des TIC (CE, 2014 ; OCDE, 2014b) au cours des 5 à 15 prochaines années. Elles reposent toutefois sur une démarche fondée sur un scénario qui, par nature, est difficile à valider. Malheureusement, les statistiques disponibles ne permettent pas, pour l'heure, d'étudier ces questions de manière approfondie.

Malgré la progression de l'enseignement supérieur dans le monde entier, les titulaires de diplômes dans le domaine des TIC ne représentaient en 2015 que 3.5 % du nombre total de diplômés dans la zone OCDE (graphique 4.24). La part la plus élevée a été observée en

Indonésie (8.5 %) ; suivaient l'Inde, la Nouvelle-Zélande, la Finlande, l'Irlande et la Colombie (entre 5 % et 7 %) ; le Portugal et la Belgique arrivaient en dernière position, avec un taux légèrement supérieur à 1 %.

Graphique 4.23. **Spécialistes des TIC par sexe, 2016**

En pourcentage de l'ensemble des travailleurs de sexe masculin et féminin



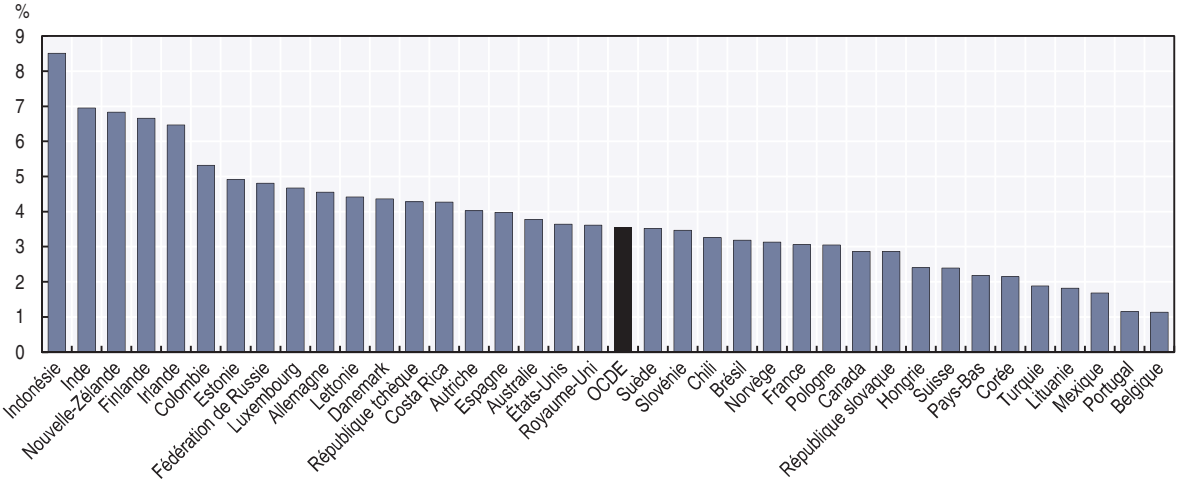
Note : Les spécialistes des TIC sont les individus chargés de mener à bien des tâches de développement, de maintenance et d'exploitation des systèmes TIC et occupant un emploi dont la composante majeure a trait aux TIC. D'après la définition opérationnelle fondée sur les sous-groupes (codes à trois chiffres) de la CITP-08 ; sont concernées notamment les professions portant les codes suivants : 133, 215, 25, 35 et 742 (pour en savoir plus, voir OCDE [2004 ; 2013]). L'agrégat pour l'OCDE correspond à une moyenne pondérée de tous les pays pour lesquels on dispose de données. Les données relatives au Canada et aux États-Unis se rapportent à 2015.

Source : Calculs de l'auteur d'après les enquêtes australienne, canadienne et européenne sur la population active et la Current Population Survey menée aux États-Unis (consultées en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659348*

Graphique 4.24. **Diplômés de l'enseignement supérieur en technologies de l'information et des communications, 2015**

En pourcentage du nombre total de diplômés de l'enseignement supérieur



Note : Sont comptabilisés comme diplômés de l'enseignement supérieur les individus ayant obtenu un diplôme correspondant aux niveaux 5 à 8 de la CITE 2011. Les données relatives aux Pays-Bas ne tiennent pas compte des titulaires de doctorat. On ne dispose pas de données pour le Japon, les TIC ne constituant pas un domaine d'études à part entière.

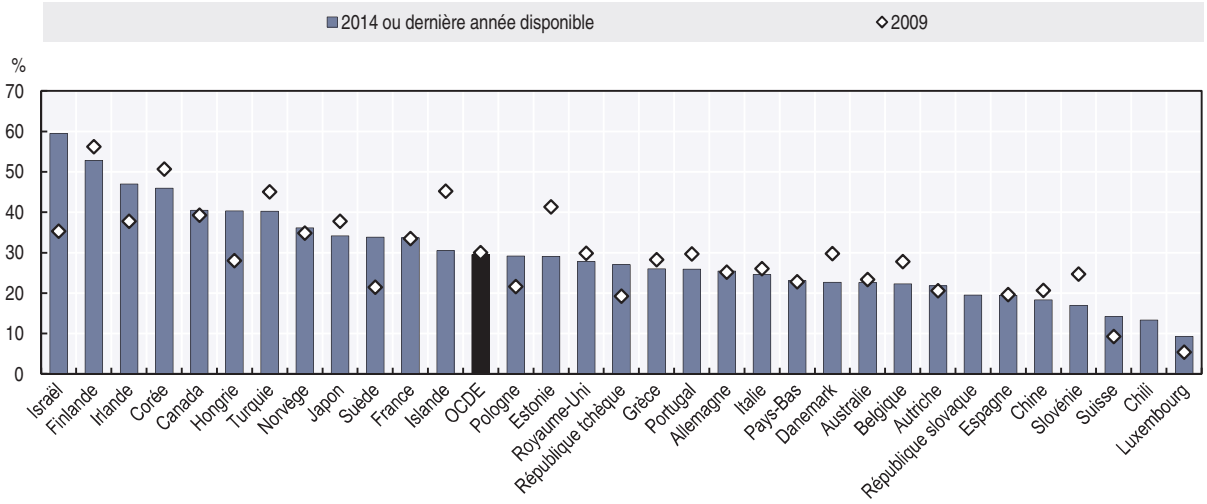
Source : OCDE, *Panorama de l'éducation* (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/edu-data-fr* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659367*

Les chercheurs sont des professionnels qui se consacrent à la conception et la création de nouvelles connaissances ou de nouveaux produits, procédés, méthodes et systèmes, et qui interviennent directement dans la gestion des projets y afférents. Dans les pays de l'OCDE, les chercheurs travaillant dans le secteur des TIC représentent 30 % de l'ensemble des chercheurs, un taux relativement stable par rapport au niveau de 2009 (graphique 4.25). En revanche, dans la plupart des pays de l'OCDE, la part des chercheurs en TIC dans l'emploi total a augmenté entre 2009 et 2014, malgré de fortes disparités selon les pays pour lesquels on dispose de données.

Graphique 4.25. **Chercheurs dans le secteur des TIC**

En pourcentage de l'ensemble des chercheurs



Note : Pour des raisons de confidentialité, les chiffres du secteur des TIC ont été obtenus en additionnant les données correspondant à la division 26 (Fabrication d'ordinateurs, d'articles électroniques et optiques) et à la section J (Information et communication) de la CITI rév. 4. Pour le Chili, la République populaire de Chine (dénommée la « Chine » dans le graphique), l'Islande, le Japon et la Corée, les données concernent 2015. Pour l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la France, la Grèce, l'Irlande et la Suède, elles se rapportent à 2013, pour la Suisse, à 2008 et 2012, pour le Luxembourg, à 2011, pour Israël, à 2010 au lieu de 2009, et pour la Grèce, à 2011 au lieu de 2009. L'agrégat pour l'OCDE correspond à une moyenne simple des pays pour lesquels on dispose de données.

Source : OCDE, « Statistiques de la Recherche et du Développement : Dépense intra-muros totale de R-D des entreprises par industrie – CITI rév. 4 », *Statistiques de l'OCDE de la science et technologie et de la R-D* (base de données), *http://oe.cd/23O* (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659386*

Les compétences TIC génériques sont de plus en plus recherchées, mais, dans de nombreux pays, restent insuffisantes pour une utilisation efficace au travail

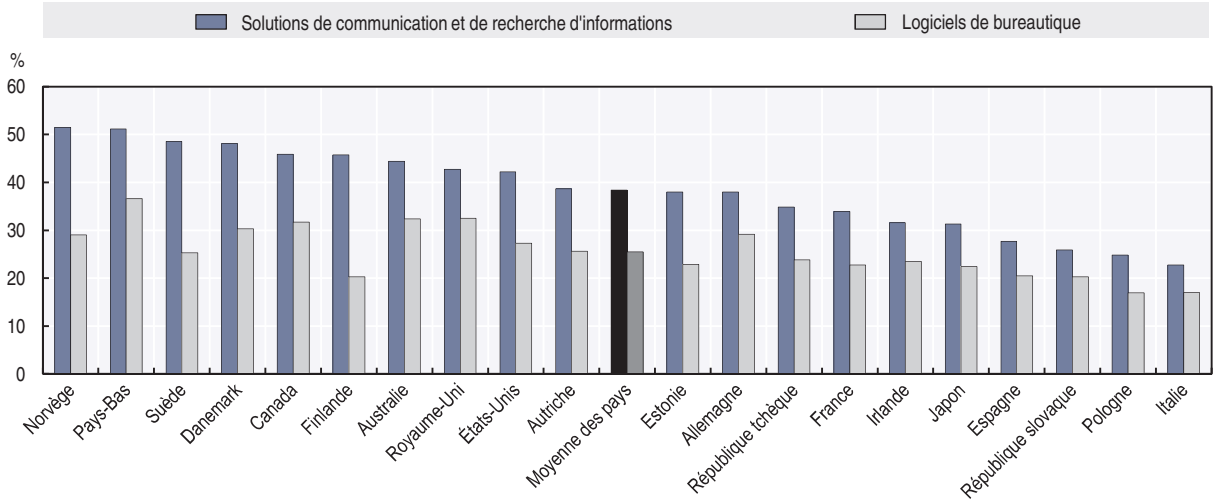
Dans la plupart des pays, l'utilisation quotidienne de l'internet pour envoyer des courriels et rechercher des informations à des fins professionnelles ne s'est pas généralisée

Le graphique 4.26 illustre la part des individus qui utilisent l'internet quotidiennement pour communiquer et rechercher des informations (envoi et réception de courriels ou recherche d'informations liées au travail, par exemple), ainsi que la proportion de personnes utilisant des logiciels de bureautique (de type solutions de traitement de texte et tableurs), par pays, toutes professions confondues. La part des individus utilisant chaque jour des compétences liées à la communication et la recherche d'informations varie entre 22.8 % en Italie et 51.5 % en Norvège. Dans la plupart des pays, la proportion d'individus utilisant quotidiennement l'internet pour mener à bien ce type de tâche à des fins professionnelles est inférieure à 40 %. La part d'individus utilisant chaque jour des logiciels de bureautique s'échelonne, quant à elle, entre 17 % en Italie et en Pologne, et 36.6 % aux Pays-Bas.

Sans surprise, dans tous les pays, le pourcentage d'utilisateurs quotidiens des systèmes bureautiques est systématiquement inférieur au taux de personnes utilisant des outils de communication et de recherche d'informations.

Graphique 4.26. **Utilisateurs quotidiens d'outils de communication et de recherche d'informations, et de logiciels de bureautique, dans un cadre professionnel, 2012**

Part pondérée de l'ensemble des individus



Note : Les données relatives au Royaume-Uni concernent l'Angleterre et l'Irlande du Nord.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données PIAAC*, *www.oecd.org/fr/competences/piaac/donneespubliquesetanalyses.htm* (consulté en octobre 2015).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659405

Les emplois à forte composante TIC ne sont pas nécessairement des postes de spécialiste des TIC

Quinze des vingt professions affichant une composante TIC prépondérante ne correspondent pas à des emplois de spécialistes des TIC[9]. Il s'agit des professions suivantes : administrateurs et personnel d'encadrement (codes 242, 121, 112 et 134 de la CITP-08) ; directeurs commerciaux et spécialistes des ventes et de la commercialisation (122, 243) ; mathématiciens, actuaires et statisticiens, spécialistes en finances, et professions intermédiaires de la finance et des mathématiques (212, 241 et 331) ; physiciens, chimistes et assimilés, et spécialistes en sciences techniques (211 et 214) ; professeurs d'université et d'établissements d'enseignement supérieur (231) ; juristes (261) ; archivistes, bibliothécaires, documentalistes et assimilés (262) ; et membres des corps législatifs et cadres supérieurs de l'administration publique (111).

De même, la plupart des professions impliquant une utilisation intensive des logiciels de bureautique ne sont pas exercées exclusivement par des spécialistes des TIC ; elles sont généralement du même ordre que celles faisant appel aux outils de communication et de recherche d'informations.

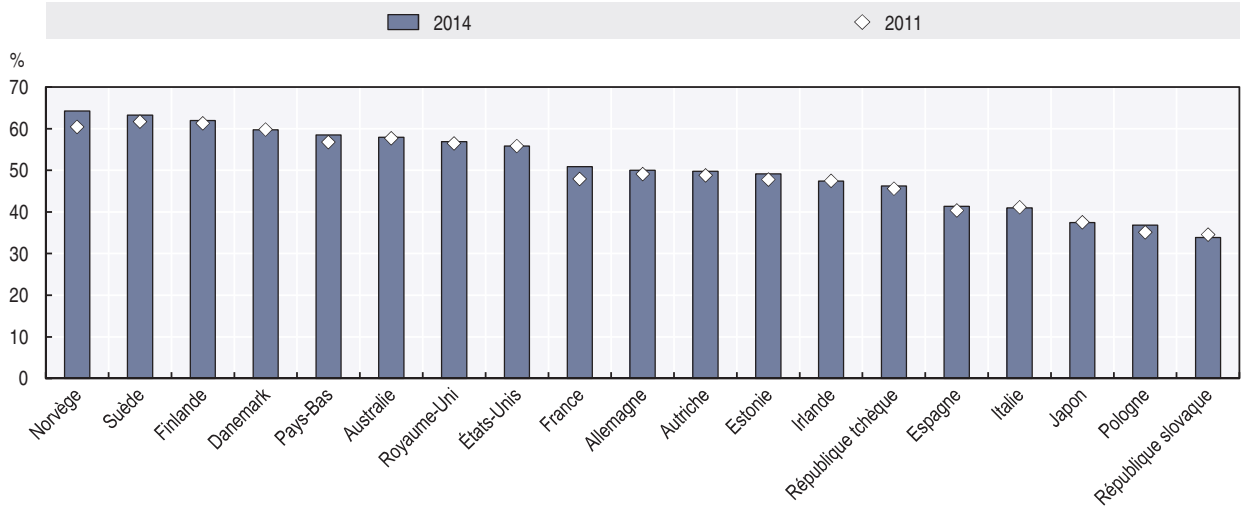
À l'échelle des économies, l'intensité d'utilisation, au travail, des solutions de communication et de recherche d'informations varie sensiblement d'un pays à l'autre ; les écarts sont moindres pour les logiciels de bureautique

Le graphique 4.27 montre que le degré d'utilisation, au travail, des solutions de communication et de recherche d'informations à l'échelle de l'économie varie considérablement selon les pays. En 2014, les chiffres allaient de 33 % de l'ensemble des

professions en République slovaque à 64 % en Norvège. Entre 2011 et 2014, la part des professions utilisant de manière intensive ce type d'outils dans l'emploi total est restée stable ou a progressé dans la plupart des pays, à l'exception du Danemark, de l'Irlande, de l'Italie, du Japon et de la République slovaque, où elle a légèrement fléchi. La plus forte hausse a été constatée en Norvège (3.7 points de pourcentage), suivie de la France (2.9 points de pourcentage) et de la Pologne (1.7 point de pourcentage).

Graphique 4.27. **Demande de compétences TIC génériques (solutions de communication et de recherche d'informations) par pays**

Part des salariés utilisant quotidiennement ce type d'outils à des fins professionnelles



Note : Les données correspondent au pourcentage d'individus exécutant quotidiennement, dans le cadre de leurs fonctions, au moins l'une des tâches suivantes : envoyer/recevoir des courriels ; rechercher sur l'internet des informations liées au travail. Pour le Japon, les données se rapportent à 2010 et 2014. Les données relatives au Royaume-Uni concernent l'Angleterre et l'Irlande du Nord.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données PIAAC*, *www.oecd.org/fr/competences/piaac/donneespubliquesetanalyses.htm*, et enquêtes nationales sur la population active (consultés en décembre 2015).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659424

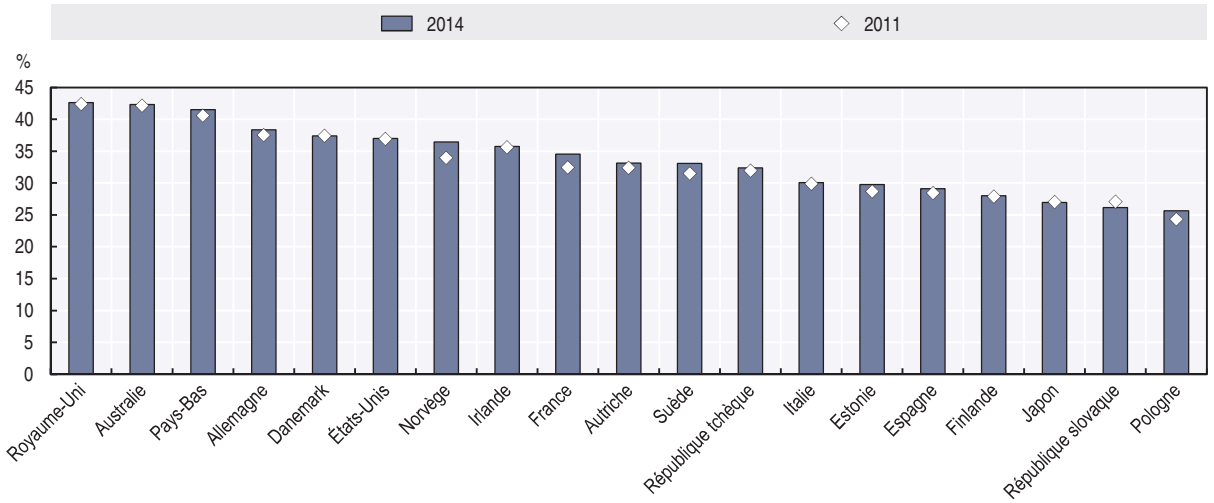
Le graphique 4.28 illustre l'intensité de l'utilisation au travail des logiciels de bureautique, à l'échelle de l'économie, en 2011 et 2014. En 2014, les taux s'échelonnaient entre 25.7 % de l'ensemble des professions en Pologne et 42.6 % au Royaume-Uni. Au cours de la période 2011-14, la part des professions faisant une utilisation intensive de ce type d'outil dans l'emploi total est restée stable ou a augmenté dans la plupart des pays, à l'exception de la République slovaque et du Japon, où elle a diminué. La plus forte hausse a été constatée en Norvège (2.5 points de pourcentage) ; suivaient la France (2.0 points de pourcentage), puis la Suède (1.5 point de pourcentage).

Un nombre significatif de travailleurs qui utilisent les TIC quotidiennement ne semblent pas disposer de compétences suffisantes pour le faire efficacement

Selon les résultats de l'évaluation des performances PIAAC, dans les pays pour lesquels on dispose de données, entre 7 % et 15 % des personnes qui déclarent utiliser des outils de communication et de recherche d'informations quotidiennement ne semblent pas disposer de compétences suffisantes pour le faire efficacement. Ce taux est encore plus élevé pour les tâches liées aux solutions de bureautique, puisqu'il s'élève à 42 %. Il apparaît donc qu'un nombre non négligeable de travailleurs utilisant les TIC quotidiennement ne disposent pas de compétences techniques suffisantes pour tirer le meilleur parti de ces technologies (graphique 4.29).

Graphique 4.28. **Demande de compétences TIC génériques (logiciels de bureautique) par pays**

Part des salariés utilisant quotidiennement ce type d'outils à des fins professionnelles



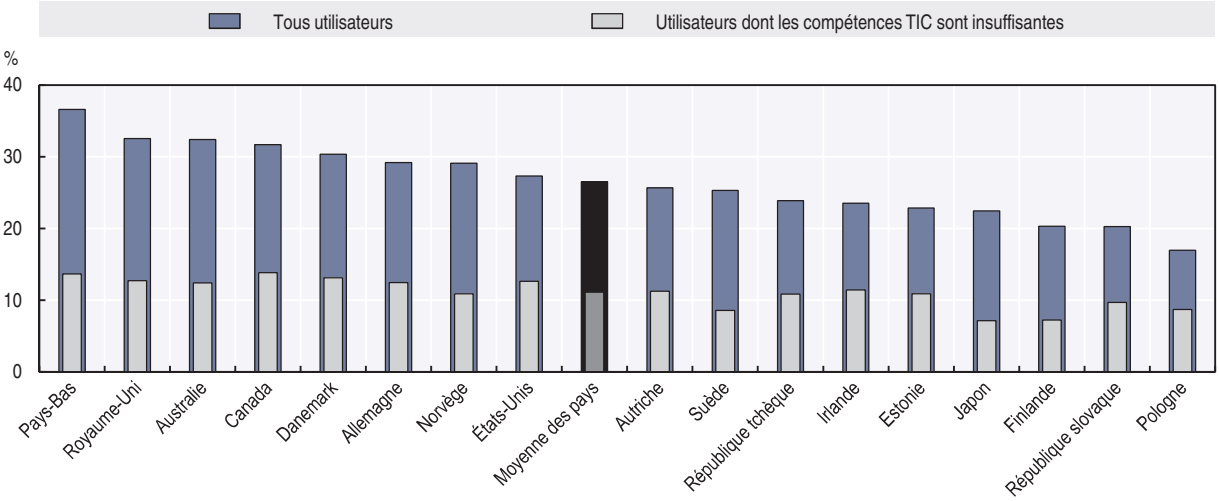
Note : Les données correspondent au pourcentage d'individus exécutant quotidiennement, dans le cadre de leurs fonctions, au moins l'une des tâches suivantes : utiliser des logiciels de traitement de texte ; utiliser des tableurs. Pour le Japon, les données se rapportent à 2010 et 2014. Les données relatives au Royaume-Uni concernent l'Angleterre et l'Irlande du Nord.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données PIAAC*, *www.oecd.org/fr/competences/piaac/donneespubliquesetanalyses.htm*, et enquêtes nationales sur la population active (consultés en décembre 2015).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659443

Graphique 4.29. **Personnes utilisant quotidiennement, au travail, des logiciels de bureautique, 2012**

En pourcentage de la population totale



Note : Voir méthodologie dans l'encadré 4.1. Les données relatives à l'évaluation des capacités de résolution de problèmes dans des environnements à forte composante technologique pour la France, l'Italie et l'Espagne ne sont pas disponibles et n'ont donc pas pu être prises en compte dans le calcul de la moyenne. L'analyse ne tient pas compte des individus classés dans les catégories suivantes de l'évaluation : « Absence d'expérience en informatique » ; « Refus de l'évaluation sous sa forme informatisée » ; « Échec au test de base en informatique ». Les données relatives au Royaume-Uni concernent l'Angleterre et l'Irlande du Nord. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données PIAAC*, *www.oecd.org/fr/competences/piaac/donneespubliquesetanalyses.htm* (consulté en janvier 2016).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659462

Les compétences complémentaires des TIC gagnent en importance sous l'effet de l'évolution des emplois et de l'automatisation

Le profil de compétences des travailleurs occupant des emplois peu qualifiés est davantage appelé à évoluer à mesure que se développe l'utilisation des TIC au travail

La diffusion des TIC dans la sphère professionnelle n'influe pas seulement sur la demande de compétences TIC génériques et spécialisées : elle modifie les modes de travail et accroît la demande de compétences complémentaires des TIC. Il s'agit là des compétences liées à la capacité, non pas d'utiliser au mieux les technologies, mais de travailler dans un nouvel environnement façonné par les TIC – soit un environnement à forte composante technologique. Par exemple, les TIC accélèrent la fréquence à laquelle les informations sont mises à disposition, d'où la nécessité de se doter de systèmes plus perfectionnés, afin d'exploiter ces informations pour améliorer la planification et s'adapter rapidement. Elles ouvrent également la voie à des organisations plus horizontales, avec davantage de travail en équipe et une approche moins hiérarchique, appelant par là même à mettre l'accent sur la coopération et l'esprit d'initiative. Qui plus est, la diffusion plus large d'informations auprès d'un nombre croissant de travailleurs renforce l'importance de l'encadrement et de la coordination. Autre exemple : les connaissances des techniques de vente nécessaires pour mener à bien des transactions commerciales en face à face diffèrent des compétences requises dans le cadre des ventes par voie électronique, plus anonymes.

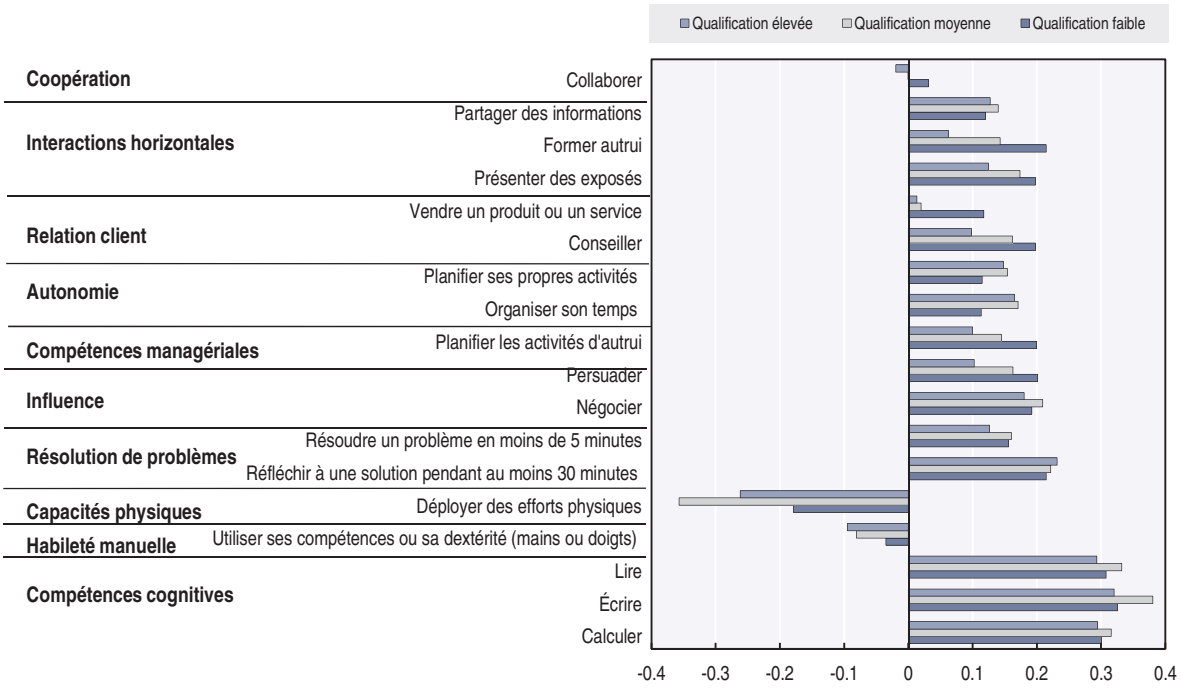
Sous l'effet de ces tendances, l'ensemble des compétences nécessaires à l'exécution des tâches propres à chaque profession – à savoir le profil de compétences – évolue à mesure que l'utilisation des TIC gagne du terrain. S'il ne fait aucun doute que les programmes d'enseignement doivent évoluer pour s'adapter à ces changements, on ignore quel type de compétences développer en priorité.

Le graphique 4.30 montre que l'utilisation intensive des TIC au travail est associée à des tâches nécessitant de mobiliser des compétences telles que la capacité d'influence (négocier avec autrui), la résolution de problèmes (réfléchir à une solution pendant au moins 30 minutes) et la gestion des interactions horizontales (présenter des exposés), et non à des tâches faisant appel aux capacités physiques (déployer des efforts physiques). L'augmentation de la fréquence des activités nécessitant de maîtriser le calcul, la lecture et l'écriture est elle aussi liée à l'essor des TIC, la plus forte corrélation s'observant au niveau de l'écriture[10]. Ces conclusions vont dans le sens du constat formulé dans l'étude OCDE (2017), dans laquelle l'analyse des facteurs fondée sur les données du PIAAC fait apparaître une corrélation positive entre les compétences en TIC et les emplois de bureau et une corrélation négative avec les activités physiques.

Les ensembles de tâches associées à l'utilisation des TIC affichent des différences plus marquées d'un pays à l'autre pour les emplois peu qualifiés que pour les emplois nécessitant des qualifications moyennes ou élevées. En d'autres termes, le profil de compétences d'un travailleur occupant un emploi hautement qualifié varie peu quel que soit le degré d'utilisation des TIC. À l'inverse, le profil de compétences d'un travailleur occupant un emploi peu qualifié évoluerait davantage sous l'effet d'une utilisation accrue des TIC au travail.

Graphique 4.30. **Corrélations entre le degré d'utilisation des TIC (solutions de bureautique) et la fréquence d'autres tâches ou activités, par niveau de compétences, 2012**

Moyenne, tous métiers et pays confondus



Note : TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : Calculs de l'auteur d'après OCDE, *Base de données PIAAC*, *www.oecd.org/fr/competences/piaac/donneespubliquesetanalyses.htm* (consulté en décembre 2015).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659481

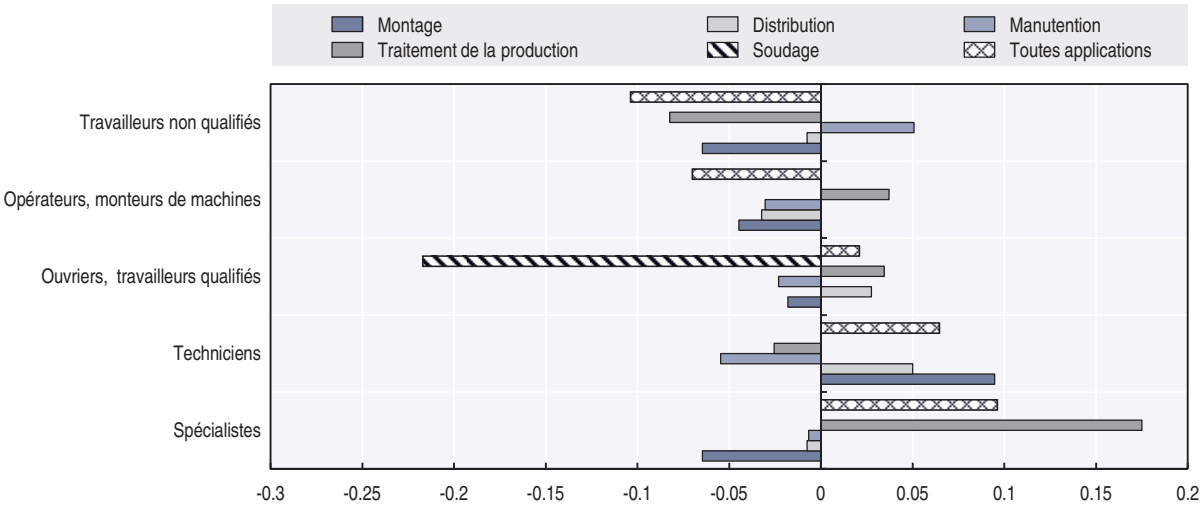
Les robots industriels peuvent remplacer les humains pour des tâches manuelles simples et répétitives

Les compétences complémentaires des TIC se définissent généralement comme la capacité de communiquer sur les réseaux sociaux, vendre des produits sur les plateformes de commerce électronique, etc. Or, comme le montre le graphique 4.31, la diffusion des robots industriels devrait modifier la demande de main-d'œuvre et, ce faisant, les compétences nécessaires pour faire face à la robotisation. Malgré d'importantes disparités entre les pays, le graphique 4.31 met en évidence quels types de professions devraient s'avérer complémentaires ou laisser la place aux robots industriels, selon les compétences requises et leurs corrélations avec les applications industrielles des robots[11].

Les robots servant à couper, rectifier, ébarber[12], ou utilisés pour d'autres applications de « traitement » de la production affichent une corrélation positive avec l'emploi de spécialistes, ouvriers et travailleurs qualifiés, sans oublier les opérateurs et monteurs de machines. En revanche, on observe une corrélation négative avec les deux autres groupes, à savoir les techniciens et les travailleurs non qualifiés.

En complétant ou en remplaçant le travail d'employés, les robots devraient donc agir (à la hausse ou à la baisse) sur la demande de compétences propres à ces professions. C'est ainsi que les robots de soudage devraient supplanter au moins une partie des compétences des ouvriers et travailleurs qualifiés, menaçant en particulier le groupe de base des Soudeurs et oxycoupeurs (CITP-08, groupe de base 7212). De toute évidence, les robots conçus pour souder peuvent remplacer les travailleurs exécutant ce type d'opérations.

Graphique 4.31. **Robots industriels, applications et professions**



Note : Le graphique présente une estimation de l'élasticité de l'emploi par rapport aux robots, selon une régression log-linéaire. Pour en savoir plus sur la méthodologie employée, voir OCDE (à paraître).

Source : Calculs de l'auteur, d'après les données fournies par la Fédération internationale de la robotique, février 2017.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659500

Les robots d'assemblage remplacent les opérateurs et monteurs de machines, un groupe de professionnels exécutant des opérations consistant à « assembler des pièces de produits en respectant des règles et des procédures strictes ». De même, ils présentent une corrélation négative avec les ouvriers et travailleurs qualifiés, qui exécutent souvent des tâches répétitives d'assemblage de pièces, ainsi qu'avec les travailleurs non qualifiés, à l'instar des manœuvres chargés principalement de déplacer des pièces d'un poste d'assemblage à l'autre au sein de la chaîne de production.

La corrélation négative entre les robots de manutention et les professions exigeant un niveau de compétences intermédiaire, représentée dans le graphique 4.31, s'explique par le fait que les robots sont avant tout destinés à remplacer des tâches répétitives précises. Or les emplois mobilisant des compétences intermédiaires sont réputés comporter une très forte proportion d'opérations routinières[13]. Ils se caractérisent en effet par des tâches répétitives, même s'ils mobilisent également des compétences spécialisées – pour les opérations impliquant une dextérité extrême, comme le soudage, par exemple. Par conséquent, les faits montrent que l'utilisation de robots industriels peut permettre d'automatiser un certain nombre de tâches manuelles répétitives, même relativement complexes, comme la conduite de machines-outils.

Toutefois, même s'ils sont conçus explicitement pour exécuter des tâches jusque-là dévolues aux travailleurs humains, les robots ne remplacent pas nécessairement toutes les professions. Par exemple, les robots de manutention affichent une corrélation positive avec les professions faisant appel à des compétences élémentaires (travailleurs non qualifiés), alors qu'ils présentent une corrélation négative avec tous les autres groupes de professions représentés.

Lorsque les robots sont associés à des professions pour lesquelles on manque de compétences ou d'aptitudes spécialisées, ils peuvent donner lieu à une évolution de la composition du travail, vers des tâches ne se prêtant guère à l'automatisation, comme celles faisant intervenir des compétences interpersonnelles, ou des aptitudes en matière de

résolution de problèmes ou de prise de décisions. Dans ce cas, les robots peuvent remplacer les tâches répétitives à faible valeur, tout en renforçant la valeur des compétences nécessaires à l'exécution des tâches plus « abstraites ».

La diffusion des robots industriels, dopée par les améliorations technologiques continues, risque de signer l'obsolescence des compétences liées à des tâches spécialisées mais répétitives, même si elles sont synonymes d'années d'investissements dans l'éducation. Par conséquent, conformément aux conclusions énoncées dans OCDE (2016b), les compétences générales, telles qu'une bonne maîtrise de la langue et du calcul, voire des compétences en matière de relations interpersonnelles et de communication, devraient gagner en importance.

Notes

1. Entrent dans la catégorie des petites entreprises celles qui emploient entre 10 et 49 salariés.

2. Pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les données se rapportent à l'exercice budgétaire 2010/11 clos au 30 juin, et non à l'année 2010, et, respectivement, aux exercices budgétaires 2014/15 et 2015/16, clos au 30 juin, au lieu de 2016. Pour ce qui est des activités prises en compte, c'est la classification ANZSIC06 qui est utilisée, et non la CITI rév. 4.

   Pour l'Australie, les données couvrent l'agriculture, la foresterie et la pêche.

   Pour le Canada, les données se rapportent à 2013 au lieu de 2016, et à 2007 au lieu de 2010 ; les entreprises de taille moyenne comptent de 50 à 299 employés, et les grandes, 300 salariés ou plus. Pour ce qui concerne la classification utilisée, il ne s'agit pas de la CITI rév. 4, mais du système nord-américain de nomenclatures des activités économiques (NAICS).

   Pour le Brésil, la Colombie, le Japon et la Corée, les données se rapportent à 2015.

   Pour le Japon, les données concernent les entreprises de plus de 100 salariés (et non de 10) ; les entreprises de taille moyenne comptent entre 100 et 299 employés, et les grandes, 300 salariés ou plus. C'est la classification JSIC rév. 13 qui est utilisée. Les données couvrent les liaisons louées et le haut débit mobile en 2015, mais pas en 2010.

   Pour le Mexique, les données se rapportent à 2008 et 2012, au lieu de 2010 et 2016.

   Pour la Suisse, les données concernent 2015 au lieu de 2016, et 2011 au lieu de 2010. Pour 2015, les données portent sur l'ensemble des entreprises de plus de 5 salariés (au lieu de 10), les petites entreprises comptant de 5 à 49 salariés (et non de 10 à 49). Pour 2011, les données concernent toutes les entreprises de 10 salariés ou plus.

3. Pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les données se rapportent à l'exercice budgétaire 2010/11 clos au 30 juin, et non à l'année 2010, et, respectivement, aux exercices budgétaires 2014/15 et 2015/16, clos au 30 juin, au lieu de 2016. Pour ce qui est des activités prises en compte, c'est la classification ANZSIC06 qui est utilisée, et non la CITI rév. 4.

   Pour l'Australie, les données couvrent l'agriculture, la foresterie et la pêche.

   Pour le Canada, les données se rapportent à 2013 au lieu de 2016, et à 2007 au lieu de 2010 ; les entreprises de taille moyenne comptent de 50 à 299 employés, et les grandes, 300 salariés ou plus. Pour ce qui concerne la classification utilisée, il ne s'agit pas de la CITI rév. 4, mais du système nord-américain de nomenclatures des activités économiques (NAICS).

   Pour le Brésil, la Colombie, le Japon et la Corée, les données se rapportent à 2015.

   Pour le Japon, les données concernent les entreprises de plus de 100 salariés (et non de 10) ; les entreprises de taille moyenne comptent entre 100 et 299 employés, et les grandes, 300 salariés ou plus. C'est la classification JSIC rév. 13 qui est utilisée.

   Pour le Mexique, les données se rapportent à 2008 et 2012, au lieu de 2010 et 2016.

   Pour la Suisse, les données se rapportent à 2011 au lieu de 2016.

4. Haut débit : pour l'Australie, comprend les accès de type DSL, fibre jusqu'à l'abonné, câble, sans fil fixe, sans fil mobile, satellite et « autre ». Pour le Canada, comprend tous les types de connexion à l'exception des connexions par ligne commutée.

Achats en ligne : pour l'Australie, les données correspondent à la proportion d'entreprises émettant ou recevant des commandes via les réseaux informatiques, à l'aide de méthodes spécialement conçues à cette fin (pages web, extranet ou EDI). Entrent dans ce cadre toutes les transactions pour lesquelles l'engagement d'achat est transmis par voie électronique, y compris par courriel. Pour la Nouvelle-Zélande, les commandes émises par le biais de messages de type EDI ne sont pas prises en compte. Pour la Suisse, les données correspondent à la proportion d'entreprises effectuant des opérations d'achat ou de vente ; aucune période de référence n'est mentionnée dans la question.

Ventes en ligne : pour l'Australie, les données correspondent à la proportion d'entreprises émettant ou recevant des commandes via les réseaux informatiques, à l'aide de méthodes spécialement conçues à cette fin (pages web, extranet ou EDI). Entrent en ligne de compte toutes les transactions pour lesquelles l'engagement d'achat est transmis par voie électronique.

PGI : pour le Canada, les données se rapportent à 2013, pour l'Islande et la Suède, à 2014.

Infonuagique : pour le Canada, les données concernent 2012, et portent sur les entreprises ayant investi dans des « logiciels-services (y compris des services infonuagiques, par exemple) ».

Gestion de la chaîne logistique : pour la Turquie, les données se rapportent à 2012.

Médias sociaux : pour l'Australie, les données concernent les entreprises présentes sur les médias sociaux ; pour le Canada, elles portent sur les entreprises dont les sites internet intègrent des liens avec les médias sociaux (Facebook, Twitter, Google+).

RFID : pour le Japon, la Corée et la Suisse, les données se rapportent à 2015, pour le Canada, à 2013, et pour la Turquie, à 2011.

Pour les pays participant au Système statistique européen, la couverture sectorielle comprend toutes les activités du secteur manufacturier et du secteur des services marchands non financiers, et les données relatives aux achats et ventes en ligne se rapportent à 2015. Pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les données concernent respectivement, non pas 2016, mais les exercices budgétaires 2014/15 et 2015/16, clos au 30 juin. Pour ce qui est des activités prises en compte, c'est la classification ANZSIC06 qui est utilisée, et non la CITI rév. 4. Pour l'Australie, les données couvrent l'agriculture, la foresterie et la pêche. Pour le Canada, la classification utilisée est le système nord-américain de nomenclatures des activités économiques (NAICS) et les données se rapportent à 2013, à l'exception de celles relatives aux services infonuagiques, qui concernent l'année 2012. Pour l'Islande, les données se rapportent à 2014, pour le Japon, la Corée et la Suisse, à 2015. Pour le Japon, on a utilisé la classification JSIC rév. 13 au lieu de la CITI rév. 4, et les données portent sur toutes les entreprises de plus de 100 salariés (au lieu de 10). Pour le Mexique, les données se rapportent à 2012. Pour la Suisse, les données se rapportent à 2015 ; celles relatives aux sites web concernent 2011 au lieu de 2016. Toujours pour la Suisse, les données pour 2015 portent sur les entreprises de plus de cinq salariés (au lieu de dix).

5. Pour l'Australie, les données se rapportent, non pas à 2016, mais à l'exercice budgétaire 2014/2015 clos au 30 juin. Pour ce qui est des activités prises en compte, c'est la classification ANZSIC06 qui est utilisée, et non la CITI rév. 4. Les données couvrent l'agriculture, la foresterie et la pêche.

   Pour le Canada, les données concernent 2012, et portent sur les entreprises ayant investi dans des logiciels-services (y compris des services infonuagiques). La classification utilisée n'est pas la CITI rév. 4, mais le système nord-américain de nomenclatures des activités économiques (NAICS). Les entreprises de taille moyenne comptent entre 50 et 299 salariés. Les grandes entreprises emploient 300 salariés ou plus. Pour l'Islande, les données se rapportent à 2014.

   Pour le Japon, on a utilisé la classification JSIC rév. 13 ; les données se rapportent à 2015 et portent sur les entreprises de plus de 100 salariés. Les entreprises de taille moyenne comptent donc entre 100 et 299 salariés. Les grandes entreprises emploient 300 salariés ou plus.

   Pour le Brésil et la Corée, les données se rapportent à 2015.

   Pour le Mexique, elles correspondent à 2012.

   Pour la Suisse, les données concernent 2015 et couvrent les entreprises de cinq salariés ou plus.

6. Pour les pays participant au Système statistique européen et le Mexique, les données se rapportent à 2016.

   Pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les données de l'année 200N font en réalité référence aux données de l'année 200N/N+1 (exercice budgétaire clos au 30 juin 200N+1).

   Pour le Brésil, la Colombie, le Chili, Israël, le Japon, la Corée et les États-Unis, les données se rapportent à 2015, pour l'Islande et la Suisse, à 2014, et pour le Canada et la Nouvelle-Zélande, à 2012.

Pour le Canada et le Japon, la période de référence est de 12 mois. Pour les États-Unis, aucune période de référence n'est précisée.

Pour l'activité « Recherche d'emploi », les données se rapportent à 2012 pour le Canada et le Japon, à 2013 pour l'Islande, à 2015 pour le Brésil, le Chili, la Corée et les États-Unis, et à 2016 pour le Mexique.

Pour l'activité « Téléchargement de logiciels », les données relatives au Mexique correspondent à 2016.

Pour l'activité « Administration électronique », les données concernant Israël portent sur les individus ayant utilisé l'internet au cours des trois derniers mois. Pour le Mexique, elles portent sur les individus ayant exécuté les tâches suivantes : communiquer avec les pouvoirs publics, consulter des informations mises à disposition par l'administration, télécharger des formulaires officiels, remplir ou soumettre des formulaires officiels, effectuer des démarches administratives et participer à des consultations publiques. Pour la Suisse, seules sont prises en compte les interactions avec les administrations publiques locales, régionales ou nationales ; l'administration ou les autorités publiques hors établissements de santé ou d'enseignement.

Pour les Achats en ligne, la période de référence est de trois mois pour l'Australie ; les données pour l'Australie, Israël et les États-Unis concernent les individus ayant utilisé l'internet au cours des trois derniers mois.

Pour l'activité « Voyages/hébergement », les données pour l'Australie et le Mexique portent sur les individus ayant utilisé l'internet au cours des trois derniers mois. Pour le Mexique, elles correspondent à la catégorie « Réservations et billetterie ».

Pour l'Australie, les données se rapportent à 2014, sauf pour les activités liées à l'utilisation de la messagerie (2010) et aux interactions avec l'administration électronique (2012). La période de référence couvre les 3 derniers mois pour 2014 et les 12 derniers mois pour les années précédentes. Pour ce qui est des interactions avec les pouvoirs publics, les données couvrent des activités comme le téléchargement de formulaires officiels à partir des sites web des organisations gouvernementales, ou la soumission de formulaires, une fois remplis, sur lesdits sites web.

Pour Israël, les données concernent les individus âgés de 20 ans ou plus, au lieu de 16-74 ans. Les données relatives aux interactions avec les pouvoirs publics renvoient aux services obtenus en ligne auprès des organisations gouvernementales, ainsi qu'au téléchargement ou à la soumission de formulaires officiels, au cours des trois derniers mois.

Pour le Japon, les données concernent les individus âgés de 15 à 69 ans, et non de 16 à 74 ans. Les données relatives à l'activité de recherche d'emploi se rapportent à 2012, celles qui concernent les ventes en ligne, à 2010.

Pour le Mexique, la catégorie « Création de contenu » correspond à la création ou la consultation de blogs, l'activité « Téléphonie », aux conversations téléphoniques via l'internet (voix sur IP) ; l'activité « Informations produits » prend en compte l'utilisation de l'internet pour rechercher des informations d'ordre médical.

7. Les données afférentes à l'Australie se rapportent à 2012/13 (exercice budgétaire clos au 30 juin) au lieu de 2016, et à 2010/11 (exercice budgétaire clos au 30 juin) au lieu de 2010. Elles concernent les « individus ayant utilisé l'internet pour télécharger des formulaires officiels à partir des sites web des organisations gouvernementales au cours des 12 derniers mois » et les « individus ayant utilisé l'internet pour compléter/soumettre des formulaires mis à disposition sur les sites web des organisations gouvernementales, au cours des 12 derniers mois ».

Les données pour le Canada se rapportent à 2012 au lieu de 2016 pour la consultation des sites web ou les interactions avec les autorités via ces sites, et à 2009 au lieu de 2016 pour la soumission de formulaires remplis. Les données pour 2012 et 2010 concernent les individus âgés de 16 à 74 ans, celles pour 2009 aux individus âgés de 16 ans ou plus.

Pour le Chili, l'Islande et la Suisse, les données se rapportent à 2014 au lieu de 2016.

Pour le Brésil, la Colombie et Israël, elles correspondent à 2015 au lieu de 2016.

Les données relatives à la Nouvelle-Zélande se rapportent à 2012/13 (exercice budgétaire clos au 30 juin) au lieu de 2016, et aux individus ayant utilisé l'internet pour obtenir des informations auprès des pouvoirs publics, au cours des 12 derniers mois.

Pour le Japon, les données relatives à l'envoi de formulaires remplis concernent 2015 au lieu de 2016, et portent sur les individus âgés de 15 à 69 ans, et non de 16 à 74 ans.

Pour le Mexique, l'utilisation des services de l'administration électronique comprend les tâches suivantes : communiquer avec les pouvoirs publics, consulter des informations mises à disposition par l'administration, télécharger des formulaires officiels, remplir ou soumettre des formulaires officiels, effectuer des démarches administratives et participer à des consultations publiques. Les données relatives à l'envoi de formulaires portent sur les individus ayant utilisé l'internet à cette fin au cours des trois derniers mois.

Pour la Suisse, seules sont prises en compte les interactions avec les administrations publiques locales, régionales ou nationales ; l'administration ou les autorités publiques hors établissements de santé ou d'enseignement.

8. Voir : *http://skills.industry.nsw.gov.au*.

9. La définition des professions est fondée sur les codes à trois chiffres de la Classification internationale type des professions (CITP) de 2008 (127 professions, hors professions militaires), sauf pour l'Australie et la Finlande, pays pour lesquels les données PIAAC sont uniquement disponibles au niveau des codes à deux chiffres (40 professions, hors professions militaires).

10. L'identification des compétences complémentaires des TIC peut se faire en calculant les coefficients de corrélation entre les mesures indirectes de l'intensité d'utilisation des TIC d'après ce que les données du PIAAC nous apprennent de l'usage des solutions de communication et de recherche d'informations et des logiciels de bureautique, et : i) la fréquence à laquelle les tâches mentionnées sont exécutées au travail ; et ii) la valeur des indices d'intensité calculés dans le cadre du PIAAC pour les compétences en calcul, lecture et écriture au travail. Une corrélation positive (ou négative) entre l'intensité d'utilisation des TIC et une tâche ou activité donnée indique qu'un individu utilisant davantage les TIC exécute cette tâche ou activité plus (ou moins) souvent qu'un individu qui ne les utilise pas. Par conséquent, le sens de la corrélation peut être interprété comme une mesure du degré de complémentarité entre les TIC et d'autres tâches ou activités exécutées au sein de l'environnement professionnel. En outre, plus la valeur des coefficients de corrélation est élevée, plus la complémentarité est forte.

11. L'analyse ne tient pas compte de plusieurs dimensions importantes, telles que l'impact de la délocalisation et de l'externalisation sur l'investissement dans les robots industriels.

12. Éliminer les aspérités et polir les arêtes d'une pièce (généralement métallique).

13. Pour en savoir plus, voir Marcolin, Miroudot et Squicciarini (2016).

Références

CE (2014), « E-Skills for jobs in Europe: Measuring progress and moving ahead », Commission européenne, *www.researchgate.net/publication/265972686_e-Skills_for_Jobs_in_Europe_Measuring_Progress_and_Moving_Ahead* (consulté le 29 août 2017).

Eckardt, D. et M. Squicciarini (à paraître), « Mapping SOC-2010 into ISCO-08 occupations: A new methodology using employment weights », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris.

Eurostat (2016), « Methodological manual 2016: Part I: Enterprise survey », Eurostat, *https://circabc.europa.eu/sd/a/c63154ce-e7d2-4635-9bb9-6fa56da86044/MM2016_Part_I_Enterprise_survey.zip*.

Laney, D. (2001), « 3D data management: Controlling data volume, velocity, and variety », Meta Group, Stamford, Connecticut, *http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf*.

ManpowerGroup (2016), *Talent Shortage Survey*, *http://manpowergroup.com/talent-shortage-2016*.

Marcolin, L., S. Miroudot et M. Squicciarini (2016), « The routine content of occupations: New cross-country measures based on PIAAC », *OECD Trade Policy Papers*, n° 188, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jm0mq86fljg-en*.

OCDE (à paraître), « Determinants and impact of automation: an analysis of robots' adoption in OECD countries », *OECD Digital Economy Papers*, Éditions OCDE, Paris.

OCDE (2017), *OECD Skills Outlook 2017: Skills and Global Value Chains*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264273351-en*.

OCDE (2016a), « New skills for the digital economy », *OECD Digital Economy Papers*, n° 258, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnkm2fc9x-en*.

OCDE (2016b), « Enabling the next production revolution: The future of manufacturing and services – Interim report », Éditions OCDE, Paris, *www.oecd.org/mcm/documents/Enabling-the-next-production-revolution-the-future-of-manufacturing-and-services-interim-report.pdf*.

OCDE (2014a), *Recommandation du Conseil sur les stratégies numériques gouvernementales*, Éditions OCDE, Paris, *www.oecd.org/gov/public-innovation/recommendation-on-digital-government-strategies.htm*.

OCDE (2014b), « Forecasting future needs for advanced ICT competence in Norway », DSTI/ICCP/IIS(2014)5, OCDE, Paris.

OCDE (2013), « ICT jobs and skills: New estimates and the work ahead », document interne, OCDE, Paris.

OCDE (2012), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of Adult Skills*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264128859-en*.

OCDE (2004), « Compétences et emploi dans le domaine des TIC », in *Perspectives des technologies de l'information 2004*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/it_outlook-2004-8-fr*.

Chapitre 5

Innovations, applications et transformations

L'innovation par le numérique sous-tend le développement de la société et de l'économie numériques, permet le déploiement d'applications dans de nombreux domaines, et ouvre la voie à des transformations majeures. Ce chapitre examine en premier lieu les tendances et évolutions récentes sur le front de l'innovation par le numérique, des marchés et des modèles économiques, en se basant sur les investissements dans les technologies de l'information et des communications, le dynamisme des entreprises, l'innovation fondée sur les données et les marchés de plateformes en ligne. Il aborde ensuite le développement des services et applications numériques dans des domaines particuliers (sciences, soins de santé, agriculture, pouvoirs publics et gestion municipale), et analyse enfin les mutations générées par le numérique dans les secteurs de l'emploi et du commerce. Les problématiques d'action publique et de réglementation liées aux innovations par le numérique, aux applications et aux transformations qui en découlent sont traitées dans le chapitre 2.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Introduction

L'innovation par le numérique favorise l'émergence de nouveaux marchés et modèles économiques, fait naître de nouveaux services et applications dans de nombreux secteurs et domaines d'activité, et ouvre la voie à une transformation de l'économie et de la société, notamment en termes d'emploi et de commerce. Le présent chapitre dresse un état de lieux des évolutions récentes sur le front de l'innovation par le numérique, des applications et des transformations.

Soutenus par les investissements dans les technologies de l'information et des communications (TIC), par le dynamisme des entreprises, par l'entrepreneuriat, mais aussi par l'innovation fondée sur les données, les biens et services conventionnels bénéficient de plus en plus d'améliorations rendues possibles par les technologies numériques. De nouveaux produits et modèles économiques font leur apparition, et un nombre croissant de services sont vendus et acheminés par le biais de plateformes en ligne. Par exemple, ce qui était auparavant un tracteur tout à fait ordinaire est devenu un produit à forte intensité de données, capable de contrôler les conditions du sol, d'envoyer les données recueillies à son propriétaire, et d'effectuer des opérations de labourage et d'ensemencement avec une précision inégalée. Ce type de tracteur n'est plus vendu sous la forme d'un simple bien physique, mais en tant que partie intégrante d'un bouquet de services étendu dans le cadre duquel le propriétaire joue un rôle important après l'achat. Un autre exemple de ces tendances est l'essor des plateformes en ligne, lesquelles créent de nouveaux marchés ou remplacent partiellement, voire intégralement, les plateformes traditionnelles existantes. En simplifiant le commerce électronique de biens et en permettant l'intégration de fonctions de recherche en ligne, de réseaux sociaux et de médias numériques, ces plateformes révolutionnent le marché des services, comme dans le cas des transports ou de l'hébergement, ou de tout autre type de service pouvant être assuré via l'internet.

L'innovation par le numérique rend possible le déploiement d'applications et de services dans un grand nombre de secteurs, parmi lesquels les sciences, les soins de santé, l'agriculture, les pouvoirs publics et la gestion municipale. Le domaine de la recherche est par exemple influencé par le volume croissant de données collectées et analysées par les processus scientifiques mis en place, ainsi que par la diffusion des résultats obtenus par le biais de plateformes en ligne qui permettent une publication en libre accès des données et la mise en place de nouveaux modes d'examen par les pairs. Dans le secteur des soins de santé, l'utilisation d'applications mobiles et des dossiers médicaux électroniques favorise l'apparition de nouveaux modèles de prestation de soins et permet d'améliorer la coordination et la gestion clinique. Les pouvoirs publics mettent en avant leurs services d'administration électronique aussi bien auprès des particuliers que des entreprises, offrent un accès libre aux informations du secteur public (ISP) et s'adressent de plus en plus à leurs administrés par le biais des réseaux sociaux. Les villes cherchent elles aussi à tirer profit des avantages des applications numériques, par exemple pour le transport urbain ou encore la distribution d'eau et d'énergie, et le traitement des déchets. Elles visent à

exploiter le potentiel de l'innovation fondée sur les données pour améliorer les activités urbaines et les processus décisionnels.

L'innovation par le numérique et les applications qui en découlent sont moteur de transformation non seulement pour les produits, les modèles économiques et les marchés, mais aussi pour l'emploi et le commerce. L'investissement dans les TIC a entraîné des pertes d'emploi dans certains secteurs, et la création d'emplois dans d'autres. À titre d'exemple, du fait de l'investissement dans les TIC, dans la plupart des pays, la demande de main-d'œuvre baisse dans la production manufacturière, le commerce, les services aux entreprises, les transports et l'hébergement, alors qu'elle augmente dans la culture, les loisirs et autres services, dans la construction et, dans une moindre mesure, dans l'administration, la santé, les soins à la personne, l'énergie et l'agriculture. L'utilisation des technologies numériques a également un impact sur la nature même du travail dans certains secteurs d'activité. Les services fournis par le biais de plateformes en ligne (y compris les transports et l'hébergement) sont ainsi de plus en plus souvent assurés par des personnes dont les postes sont caractérisés par leur flexibilité et leur statut temporaire ou partiel. La transformation numérique révolutionne également le commerce dans son ensemble, et notamment les échanges de services. Bien que les services TIC aient pour effet de stimuler la productivité, le commerce et la compétitivité dans tous les aspects de l'économie, les échanges souffrent dans certains pays de restrictions particulières touchant les services informatiques et de télécommunications.

Le présent chapitre met en évidence que les investissements dans les biens et services TIC et le dynamisme des entreprises ne se sont pas montrés à la hauteur des attentes au vu de leur potentiel au cours des dernières années, alors que les données sont quant à elles devenues l'un des moteurs essentiels de l'innovation par le numérique. L'innovation fondée sur les données, les nouveaux modèles économiques et les applications numériques modifient en profondeur le fonctionnement de la recherche, de l'État, des municipalités, et de nombreux secteurs comme la santé ou l'agriculture. La transformation numérique devrait notamment se traduire par des destructions d'emploi dans certains domaines d'activité, par la création de postes dans d'autres, par l'apparition de nouvelles formes de travail ou encore par la réorganisation des échanges dans leur ensemble, en particulier dans les services.

L'innovation par le numérique dans les modèles économiques et les marchés

Cette section aborde non seulement l'évolution des conditions qui sous-tendent l'innovation par le numérique (en particulier les facteurs qui affectent les modèles économiques de l'ère numérique), mais aussi les évolutions dans les nouveaux marchés nés de l'apparition des plateformes en ligne. L'entrepreneuriat et l'investissement dans les biens et services TIC sont des conditions essentielles de l'innovation par le numérique. Les données deviennent quant à elles à la fois l'un des moteurs de cette innovation et une ressource sur laquelle elle s'appuie. Les modèles économiques actuels bénéficient de nouvelles opportunités, notamment grâce à la numérisation, la mise en données, l'internet des objets (IdO), la codification, l'automatisation, l'échange de données, l'analytique des données ou encore l'intelligence artificielle. L'un des meilleurs exemples de réussite parmi les entreprises du numérique qui ont vu le jour au cours des 15 dernières années est celui des plateformes en ligne. Celles-ci ont en effet permis la création de marchés caractérisés par leur croissance exponentielle et par la grande diversité des produits proposés, allant des informations aux biens, en passant plus récemment par les services.

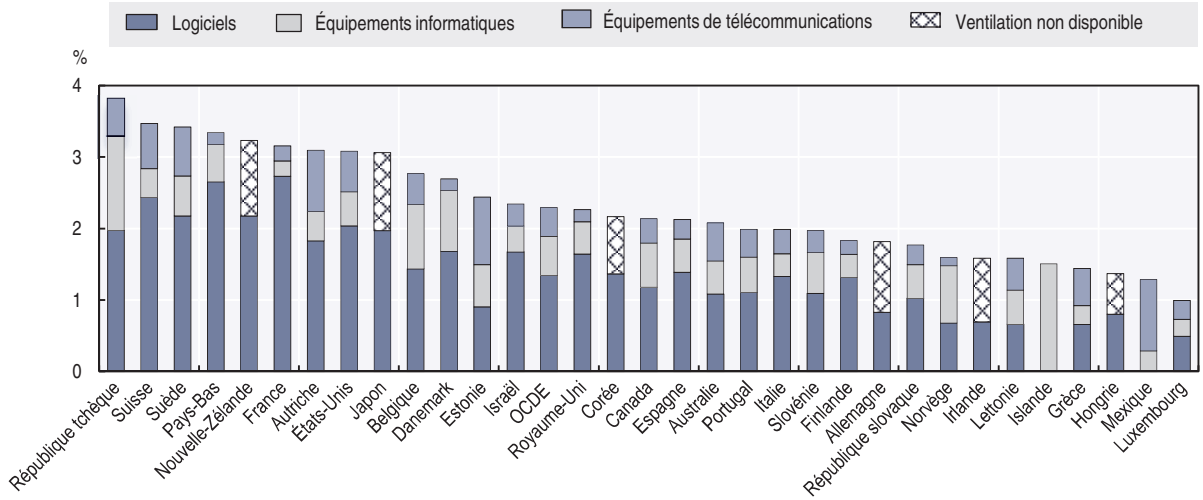
L'investissement dans les biens et services TIC soutient la croissance et stimule l'innovation par le numérique

L'investissement dans les biens et services TIC est un moteur de croissance important et une condition essentielle à l'innovation par le numérique (Spiezia, 2011). Les TIC sont de nature à favoriser l'innovation en accélérant la diffusion d'informations, en facilitant les relations entre les entreprises, en resserrant les liens entre fournisseurs et clients, en réduisant les restrictions géographiques et en augmentant l'efficacité des communications. Par ses répercussions (sous la forme des économies de réseau, notamment), l'exploitation des TIC peut par ailleurs être source de gains de productivité. Les TIC peuvent également stimuler l'innovation en permettant aux entreprises d'établir des liens plus étroits entre elles et avec leurs fournisseurs, clients, concurrents et partenaires. Elles les rendent ainsi plus aptes à répondre rapidement aux possibilités d'innovation et leur offrent d'importants gains d'efficacité.

En 2015, l'investissement dans les TIC représentait 11 % de la formation de capital fixe dans la zone OCDE, et 2.3 % du produit intérieur brut (PIB). Les logiciels et les bases de données absorbaient près de 60 % de cet investissement. Dans l'ensemble des pays de l'OCDE, il oscillait entre 3.8 % du PIB en République tchèque à moins de 1.5 % en Grèce, en Hongrie et au Luxembourg. Ces écarts reflètent généralement les différences de spécialisation des pays et leurs positions respectives dans le cycle économique (graphique 5.1).

Graphique 5.1. **Investissements dans les TIC par type d'actifs, 2015**

En pourcentage du PIB



Note : Les données concernant l'Espagne, la Lettonie, la Norvège et le Portugal se rapportent à 2014 au lieu de 2015. Les données concernant la Corée sont des estimations de l'OCDE fondées sur les tableaux nationaux d'entrée-sortie et le système de comptabilité nationale 2008 de l'OCDE. Pour l'Islande et le Mexique, les données étaient incomplètes, disponibles uniquement pour le type d'actifs représenté. La série « Ventilation non disponible » représente l'ensemble des équipements informatiques et de télécommunications dans tous les cas. PIB = produit intérieur brut.

Sources : OCDE, *Statistiques de l'OCDE sur les comptes nationaux* (base de données), *www.oecd-ilibrary.org/economics/data/statistiques-de-l-ocde-sur-les-comptes-nationaux_na-data-fr* ; OCDE, *Statistiques de l'OCDE sur la productivité*, *www.oecd-ilibrary.org/employment/data/statistiques-de-l-ocde-sur-la-productivite_pdtvy-data-fr* ; Eurostat, *Comptes nationaux (PIB compris)* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/national-accounts/data/database* ; sources nationales (sources consultées en juillet 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659519

Dans la plupart des pays de l'OCDE, les investissements dans les TIC au lendemain de la crise de 2007 ont mieux résisté que le total des investissements, de sorte que leur part dans le total des investissements était plus importante en 2015 qu'en 2007. Dans certains

pays toutefois, la crise a entraîné un ralentissement plus marqué des investissements dans les TIC. Cela est notamment le cas de l'Allemagne, de l'Australie, du Canada, du Japon, du Luxembourg, de la Norvège et de la Suède, où la part de l'investissement dans les TIC en 2015 était inférieure à ce qu'elle était en 2007 et en 2000 (graphique 5.2). Il est possible que d'autres facteurs contribuent aux évolutions observées dans ces investissements, comme les dépenses croissantes pour les services infonuagiques, qui pour certaines entreprises remplacent l'investissement dans les TIC. La question de savoir si ces services sont correctement mesurés dans le cadre du système de comptabilité nationale (SCN) fait actuellement débat (Byrne et Corrado, 2016).

Les données disponibles semblent indiquer qu'à lui seul, l'investissement dans les TIC n'est pas suffisant, car c'est principalement une utilisation efficace des TIC qui aurait des effets positifs sur la productivité. Par ailleurs, le degré d'efficacité de l'utilisation des TIC dépend généralement d'investissements complémentaires dans le capital intellectuel, notamment en termes de savoir-faire et de compétences spécialisées, mais aussi dans les changements organisationnels, comme les nouveaux processus d'entreprise et modèles économiques (OCDE, 2016a).

L'investissement dans le capital intellectuel connaît en effet une croissance notable. Sa part dans le PIB est même dans certains pays plus importante que celle de l'investissement dans le capital physique. Contrairement au capital physique, les investissements réalisés dans de nombreuses formes de capital intellectuel (conception, recherche et développement, changement organisationnel, etc.) permettent l'acquisition de connaissances qui peuvent se répandre dans d'autres secteurs de l'économie. Autrement dit, il est impossible d'empêcher les entreprises ne réalisant aucun investissement en capital intellectuel de bénéficier, même partiellement, des répercussions positives des investissements d'autres entreprises. Le capital intellectuel peut également stimuler la croissance dans la mesure où le coût initial de développement de certains types de savoirs ne doit pas nécessairement être supporté à nouveau lors de l'application de ces savoirs en production. Une fois créées, diverses formes de capital intellectuel – comme les logiciels ou certains concepts – peuvent être reproduites quasiment sans aucun frais et utilisées de manière simultanée par de nombreux utilisateurs. Il est ainsi possible de bénéficier de rendements d'échelle accrus en production et d'externalités de réseau avantageuses (comme dans le cas où la valeur d'une plateforme serait indexée sur son nombre d'utilisateurs) (OCDE, 2013a).

Le dynamisme des entreprises et l'entrepreneuriat ne sont guère à la hauteur de leur potentiel

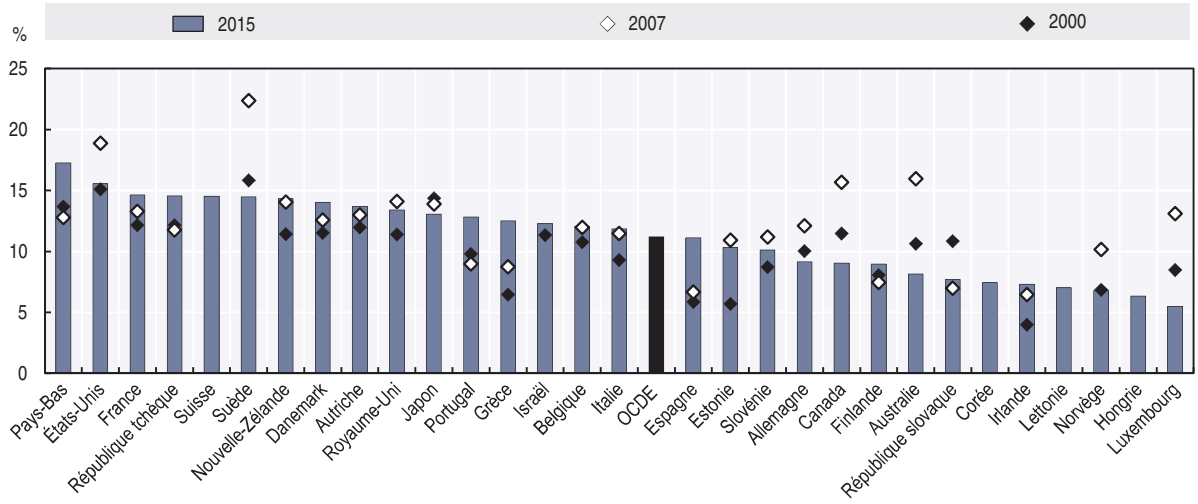
Malgré les possibilités qu'offrent les technologies numériques, certains signes témoignent d'un affaiblissement du dynamisme des entreprises

Les technologies numériques peuvent avoir un effet sur le dynamisme des entreprises, alors même qu'il s'agit d'un moteur essentiel de leur émergence et de leur croissance. L'internet supprime les freins à l'entrepreneuriat et simplifie la création, le développement et la gestion des entreprises. Il favorise également l'émergence de start-ups agiles qui mettent à profit ses capacités pour faire baisser leurs coûts fixes et externalisent de nombreux aspects de leur fonctionnement, de manière à rester agiles et réactives face au marché. L'internet a également un impact sur l'environnement général des entreprises en ce sens qu'il permet une baisse des coûts de transaction, une meilleure transparence des prix et un renforcement de la concurrence. Il est aujourd'hui plus facile pour les entreprises de communiquer avec

leurs fournisseurs, clients et employés grâce aux outils basés sur le web. L'amélioration des communications ouvre également la voie à des modèles économiques à la fois inédits et transformés.

Graphique 5.2. **Évolution des investissements dans les TIC**

En pourcentage du total des investissements



Note : Les données concernant l'Espagne, la Lettonie, la Norvège et le Portugal se rapportent à 2014 au lieu de 2015. Les données concernant la Corée sont des estimations de l'OCDE fondées sur les tableaux nationaux d'entrée-sortie et le système de comptabilité nationale 2008 de l'OCDE.

Sources : OCDE, *Statistiques de l'OCDE sur les comptes nationaux* (base de données), *www.oecd-ilibrary.org/economics/data/statistiques-de-l-ocde-sur-les-comptes-nationaux_na-data-fr* ; OCDE, *Statistiques de l'OCDE sur la productivité*, *www.oecd-ilibrary.org/employment/data/statistiques-de-l-ocde-sur-la-productivite_pdtvy-data-fr* ; Eurostat, *Comptes nationaux (PIB compris)* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/national-accounts/data/database* ; sources nationales (sources consultées en juillet 2017).

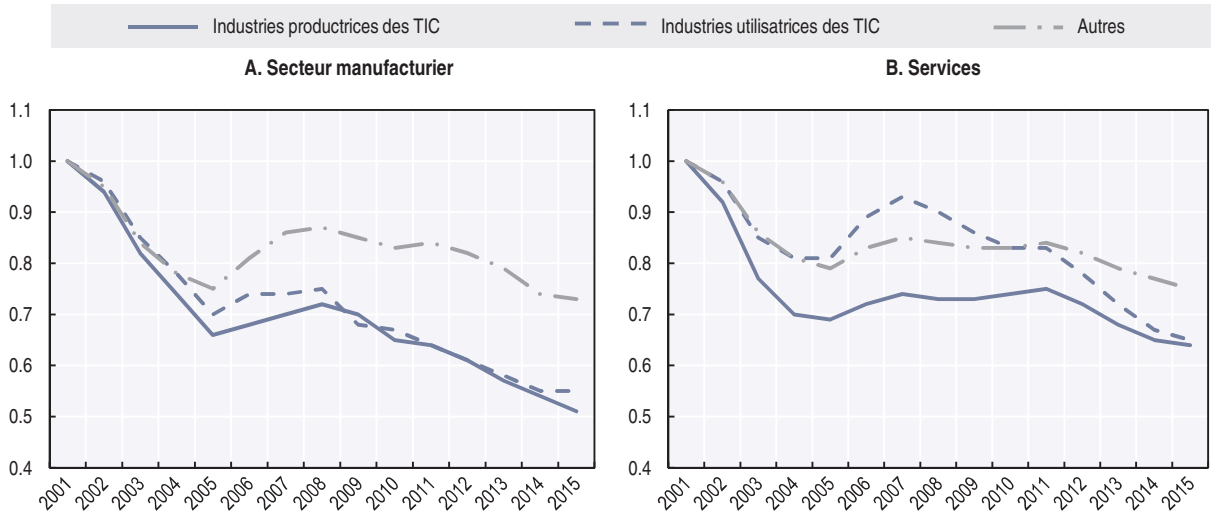
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659538*

D'après les données disponibles, malgré les nouvelles possibilités offertes par la transformation numérique, le dynamisme des entreprises a connu un certain fléchissement dans l'ensemble des pays. Cet affaiblissement s'est considérablement accentué pendant la crise, et la reprise depuis n'a été que partielle, avec des tendances globalement identiques pour la production manufacturière et les services. Les taux d'entrée semblent ainsi avoir enregistré un recul régulier sur cette période, alors que les taux de déplacement de la main-d'œuvre et la dispersion des taux de croissance – plus stables avant la crise – ont baissé de manière significative depuis 2009, en particulier dans les services non financiers aux entreprises (Blanchenay et al., à paraître).

Ce repli du dynamisme des entreprises dans l'ensemble des pays est d'autant plus marqué dans les industries productrices des TIC et dans les industries utilisatrices des TIC. Le graphique 5.3 fait état de l'important repli des taux d'entrée (nombre d'unités entrantes par rapport au nombre d'unités entrantes et existantes) pour les services et la production manufacturière des TIC entre 2001 et 2015, avec une légère reprise juste avant la crise. Ce phénomène touche également les activités utilisatrices des TIC, puisqu'une importante baisse du dynamisme apparaît sur la même période, notamment dans la production manufacturière. Les autres secteurs de l'économie enregistrent toutefois une baisse des taux d'entrée plus mesurée, et principalement après la crise.

Graphique 5.3. **Dynamisme des entreprises dans les industries productrices des TIC, utilisatrices des TIC et autres**

Indice 2001 = 1



Note : Les industries productrices des TIC correspondent à la fabrication d'« ordinateurs, articles électroniques et optiques » du secteur manufacturier ; et à l'« informatique et autres activités de services d'information » et aux « télécommunications » du secteur des services. Les industries utilisatrices des TIC correspondent à la fabrication de « matériels électriques », de « machines et matériel », et de « produits chimiques » du secteur manufacturier ; et aux activités d'« édition, audiovisuelles et de diffusion de programmes », « juridiques et comptables » et de « recherche scientifique et développement » du secteur des services. Les valeurs rendent compte de moyennes mobiles sur trois ans sur la base des données disponibles. En raison de différences méthodologiques, les valeurs peuvent ne pas être identiques aux statistiques nationales officielles. Les données de tous les pays concernés restent des données préliminaires. TIC = technologies de l'information et des communications.

Source : OCDE, *Base de données DynEmp version 3*, *http://oe.cd/dynemp* (consulté en juillet 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659557*

Les technologies numériques influencent le dynamisme des entreprises selon différents mécanismes, dont la compréhension peut nous éclairer sur le recul de ce dynamisme selon les pays et sur la durée. Par essence, les nouvelles technologies numériques peuvent favoriser les grandes entreprises au détriment du dynamisme général – limitant l'entrée et la croissance potentielles de jeunes entreprises. Elles peuvent également créer une certaine dynamique profitant à une minorité dominante d'entreprises situées à la frontière (Brynjolfsson et al., 2008). À titre d'exemple, les progrès des technologies numériques ont permis à de grandes entreprises multinationales de coordonner et d'exploiter efficacement des réseaux de production complexes et fragmentés (OCDE et Banque mondiale, 2015). Dans certains secteurs, comme dans les services produisant ou exploitant les TIC, le coût marginal – lequel a connu une baisse significative – aussi bien de la production (fourniture) que de l'acheminement (communication) de biens numériques (services) a été corrélé avec une plus grande évolutivité (Brynjolfsson et McAfee, 2011).

Le potentiel des start-ups est freiné par un manque d'accès aux financements et par les charges administratives

Un nombre croissant d'exemples de réussite montrent que les petites start-ups sont mieux positionnées pour tirer parti des nouvelles possibilités induites par les technologies numériques (CB Insights, 2015 ; The Economist, 2014). La création d'entreprises est toutefois entravée par l'association de plusieurs facteurs réglementaires et de marché.

Le financement est le premier de ces obstacles. Le financement par la dette est mal adapté aux nouvelles petites entreprises innovantes, puisqu'elles présentent un profil

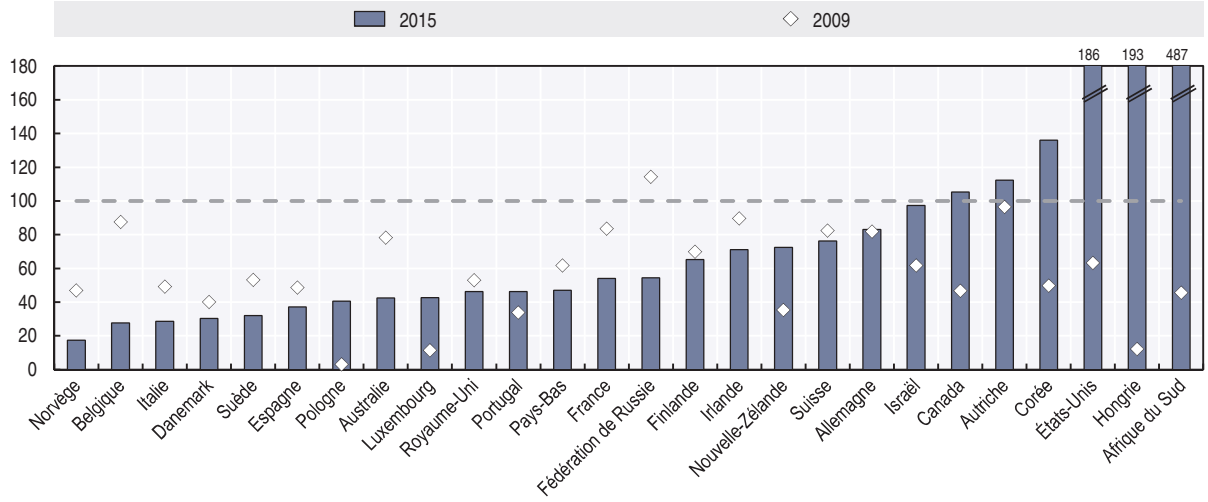
risque-rendement plus hasardeux et s'appuient généralement sur des biens incorporels spécialisés qui ne peuvent pas toujours être portés en garantie.

Les financements par capitaux privés, et plus particulièrement en capital-risque ou par le biais d'investisseurs-tuteurs, constituent de nouveaux types d'apports possibles pour les start-ups, notamment dans le domaine des hautes technologies. En 2016, plus de 70 % du capital-risque investi aux États-Unis était concentré dans le secteur des TIC (voir chapitre 3). Dans la plupart des pays, le capital-risque ne représente cependant qu'une part infime du PIB, généralement inférieure à 0.05 %. Les deux principales exceptions sont Israël et les États-Unis, où le secteur du capital-risque est plus développé, représentant respectivement 0.38 % et 0.33 % du PIB en 2015.

Les investissements en capital-risque ont fortement chuté dans presque tous les pays au plus fort de la crise et affichent depuis des niveaux inférieurs à ceux d'avant la crise (graphique 5.4). C'est toutefois l'inverse en Afrique du Sud, aux États-Unis et en Hongrie, lesquels enregistrent une forte reprise avec des investissements en capital-risque qui ont presque doublé entre 2007 et 2015.

Graphique 5.4. **Évolution des investissements en capital-risque**

Indice 2007 = 100



Note : Les données concernant l'Afrique du Sud et Israël se rapportent à 2014.

Source : OCDE (2016b), *Panorama de l'entrepreneuriat 2016*, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264266346-fr*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659576*

Malgré leur potentiel, les marchés financiers n'assurent encore qu'une faible part du financement des petites entreprises. Les coûts de surveillance élevés, le manque de liquidités, les démarches administratives et les obligations de déclaration, ainsi que différents facteurs culturels et pratiques de gestion, constituent les principaux obstacles au développement de ce modèle de financement.

Grâce au secteur des TIC apparaissent de nouveaux outils destinés à contourner certains de ces obstacles. Les plateformes de financement participatif peuvent constituer de nouvelles sources d'apport pour les petites start-ups. Le prêt entre particuliers peut intéresser les petites entreprises ne disposant pas de garanties suffisantes ou ne présentant pas les antécédents de crédit nécessaires pour accéder aux prêts bancaires traditionnels. L'investissement participatif en capital peut quant à lui compléter ou remplacer le capital

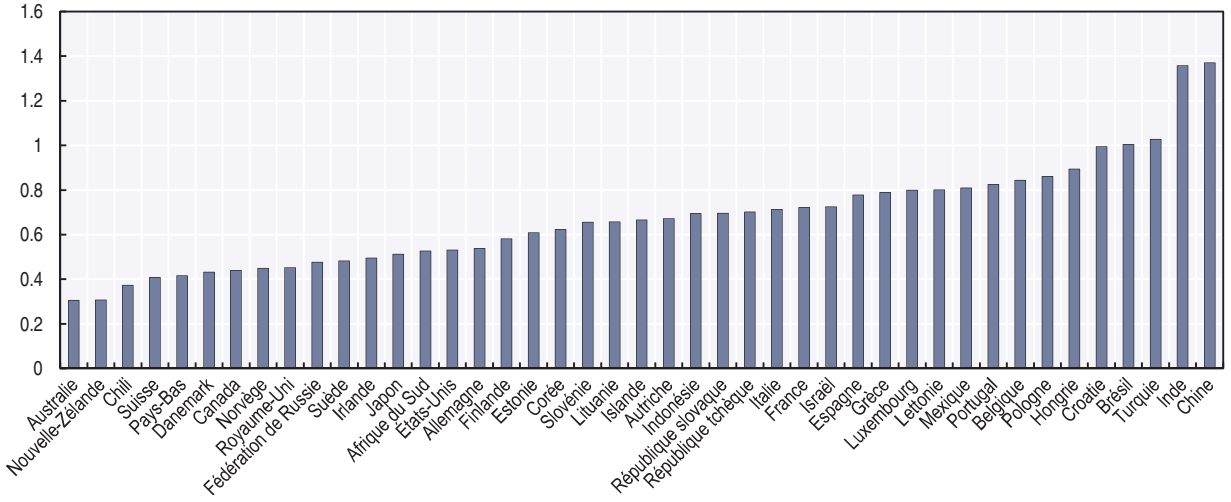
d'amorçage pour les nouvelles entreprises ou les start-ups rencontrant des difficultés à réunir des capitaux par des méthodes conventionnelles. Bien que le financement participatif ait connu un essor rapide depuis le milieu des années 2000, il ne représente encore qu'une faible part du financement des entreprises. Les dons (avec ou sans contrepartie) et les pré-ventes restent les formes principales de financement participatif, même si les réglementations ont restreint leur diffusion, notamment dans le cas du financement participatif par actions qui est illégal dans certains pays (OCDE, 2014a).

L'internet peut également mettre en contact de jeunes entreprises et des investisseurs potentiels en réduisant les asymétries d'information et en améliorant la transparence. À titre d'exemple, les entrepôts de données disposant d'informations relatives aux prêts peuvent aider les investisseurs à mieux évaluer les risques présentés par les petites entreprises et identifier les possibilités d'investissement. La disponibilité d'informations plus fiables sur les risques peut également contribuer à limiter les coûts de financement, qui sont généralement plus élevés dans le cas des petites entreprises. Les start-ups référencées sur des plateformes spécialisées peuvent améliorer leur visibilité et accélérer ainsi leur mise en relation avec des investisseurs. Les plateformes en ligne peuvent par ailleurs être source de formation, de mentorat et de tutorat pour les futurs entrepreneurs, et les aider à parfaire leurs plans de développement et projets d'investissement.

La réglementation semble constituer l'autre obstacle principal à la création de jeunes start-ups, du moins dans les pays où les charges administratives pesant sur les start-ups sont les plus importantes (graphique 5.5). Bien que le développement des TIC ait permis de réduire de manière significative le coût des expérimentations pour les entreprises situées à la frontière, la réglementation en vigueur dans de nombreux pays a tendance à favoriser les acteurs existants et ne permet pas toujours de tester de nouvelles idées ou technologies, ou des modèles économiques innovants qui sous-tendent pourtant la réussite des jeunes entreprises. Le chapitre 2 propose un examen plus approfondi des problématiques d'action publique et de réglementation relatives aux start-ups et à l'innovation par le numérique.

Graphique 5.5. **Charges administratives pesant sur les start-ups, 2013**

Échelle de 0 à 6 (des moins contraignantes aux plus contraignantes)



Note : Les données concernant la République populaire de Chine (reprise sous l'appellation « Chine » dans le graphique) sont des estimations préliminaires. Pour l'Indonésie, les données se rapportent à 2009. Pour les États-Unis, elles se rapportent à 2007.

Source : OCDE, *Base de données sur la réglementation des marchés de produits*, *www.oecd.org/economy/pmr* (consulté en décembre 2016).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659595

Les données deviennent un moteur essentiel de l'innovation par le numérique

Il se génère chaque semaine davantage de données qu'au cours des derniers millénaires. Avec l'accélération de la transformation numérique des activités économiques et sociales, les flux de données – qui équivalent quotidiennement à environ 50 000 années de vidéo en qualité DVD – produisent de formidables effets sur l'économie et la société (OCDE, 2015a). En raison de leur volume impressionnant, de la vitesse à laquelle elles sont générées, mises à disposition, traitées et analysées, et de leur variété (structurées et non structurées), ces données sont aujourd'hui caractérisées par l'expression « données massives »[1].

Les données massives ouvrent la voie à des améliorations majeures des produits, des procédés, des méthodes organisationnelles et des marchés, lesquelles constituent ce que l'on appelle « innovation fondée sur les données » (OCDE, 2015a). Dans la production manufacturière, les données collectées par le biais de capteurs sont utilisées pour contrôler et analyser l'efficacité des machines, dans l'optique d'optimiser leur fonctionnement et d'assurer certains services après-vente, dont les opérations d'entretien préventif. Les données sont également parfois exploitées dans le cadre d'une collaboration avec les fournisseurs, et il peut arriver qu'elles soient commercialisées sous la forme de nouveaux services (pour améliorer par exemple la gestion de la production). En agriculture, il est possible d'utiliser des cartes géocodées et des techniques de contrôle de l'activité en temps réel (de l'ensemencement à la récolte) pour améliorer la productivité (voir la section suivante). Ces mêmes données de capteurs peuvent ensuite être recyclées et mises en corrélation avec des données historiques ou en temps réel sur les conditions météorologiques, l'état des sols, la consommation d'engrais et les caractéristiques des cultures afin d'optimiser et d'anticiper la production agricole. Il est ainsi possible d'améliorer les méthodes traditionnelles de culture et de formaliser et diffuser plus largement le savoir-faire des agriculteurs spécialisés.

Il n'existe encore que peu de données macroéconomiques sur les effets de l'innovation fondée sur les données, mais certaines études microéconomiques déjà disponibles laissent à penser que ce type d'innovation favorise une augmentation plus rapide de la productivité de la main-d'œuvre (environ 5 % à 10 %) dans les entreprises qui adoptent ces technologies (OCDE, 2015a). Brynjolfsson, Hitt et Kim (2011) estiment qu'aux États-Unis, la production et la productivité dans les entreprises dont le processus décisionnel est étayé par des données sont 5 % à 6 % plus élevées qu'attendu, compte tenu des autres investissements dans les TIC réalisés par ces entreprises. Celles-ci affichent également de meilleures performances en termes d'exploitation des ressources, de rendement des capitaux propres et de valeur marchande. Une étude réalisée auprès de 500 entreprises au Royaume-Uni fait apparaître que les entreprises classées dans le quartile supérieur de l'utilisation de données en ligne sont 13 % plus productives que celles situées dans le quartile inférieur (Bakhshi, Bravo-Biosca et Mateos-Garcia, 2014). D'après Barua, Mani et Mukherjee (2013), une hausse de 10 % de la qualité des données et de l'accès à celles-ci – grâce à une présentation plus concise et cohérente des données sur les différentes plateformes, de sorte qu'elles soient plus faciles à traiter – permettrait une hausse de la productivité de la main-d'œuvre de 14 % en moyenne, sachant toutefois que ce chiffre pourrait varier fortement d'un secteur à l'autre[2]. Les données massives restent néanmoins principalement utilisées dans le secteur des TIC, et particulièrement par les entreprises spécialisées dans les services internet. Tambe (2014) indique par exemple que seuls 30 % des investissements dont bénéficie Hadoop proviennent de secteurs hors TIC, parmi lesquels la finance, les transports, les services d'utilité publique, le commerce de détail, les soins de santé, les biotechnologies et l'industrie pharmaceutique.

La production manufacturière devient de plus en plus un secteur à forte intensité de données (voir Manyika et al., 2011).

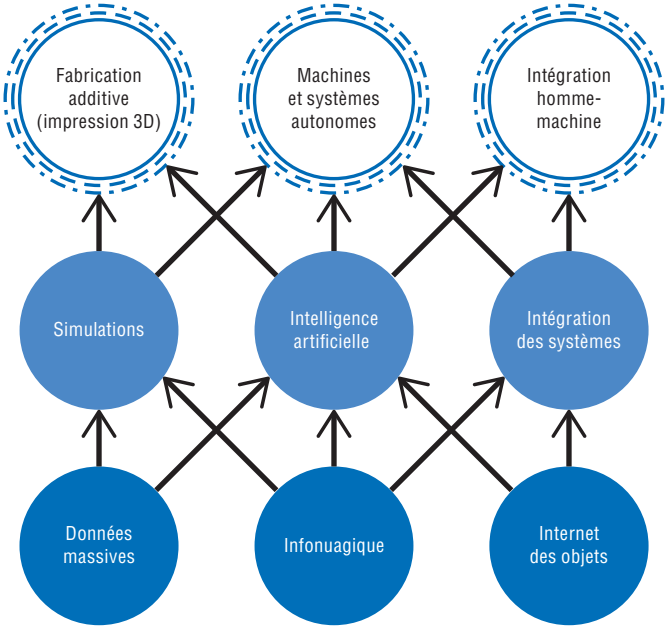
À mesure que les biens deviennent de simples produits à faible marge bénéficiaire, de nombreuses entreprises manufacturières choisissent de développer des services complémentaires qui viennent étoffer leur offre commerciale. À titre d'exemple, Rolls-Royce a changé son modèle économique, jusque-là basé sur un produit, une durée de contrat et une offre de services, pour passer à un modèle de services basé sur une utilisation horaire baptisé Power by the Hour (OCDE, 2017a). La transformation numérique a joué un rôle essentiel dans cette mutation vers la fourniture de services (complémentaires) à plus forte valeur ajoutée.

À l'origine, la transformation numérique des modèles économiques a été rendue possible par la régularisation et la codification des activités commerciales, qui ont entraîné une informatisation des processus d'entreprise par le biais de logiciels. Ces évolutions ont permis aux entreprises de reproduire plus rapidement les améliorations apportées aux processus d'entreprise sur l'ensemble d'une organisation, augmentant ainsi non seulement leur productivité, mais aussi leurs parts de marché et leur valeur marchande. Brynjolfsson et al. (2008) ont qualifié ce phénomène de « changement d'échelle sans masse critique ». Les entreprises de l'internet ont plus que toutes les autres su tirer profit de la transformation numérique, et sont ainsi parvenues à changer d'échelle, sans augmenter leur masse critique, mieux que le reste de l'économie[3].

Les modèles économiques des entreprises de l'internet les plus performantes actuellement ne s'appuient plus seulement sur la régularisation et la codification des processus par le biais de logiciels, mais intègrent désormais la collecte et l'analyse d'importants flux de données (OCDE, 2015a). En récupérant et en traitant ces données massives – qui sont en grande partie fournies directement par les utilisateurs (consommateurs) –, les sociétés de l'internet ont la possibilité d'automatiser leurs processus de travail, mais aussi de tester et développer de nouveaux produits et modèles économiques bien plus rapidement que les autres entreprises du secteur. Plutôt que de s'appuyer uniquement sur la régularisation et la codification (explicites) des processus, ces entreprises utilisent les données massives pour « éduquer » leurs algorithmes d'intelligence artificielle (IA) afin qu'ils soient en mesure d'exécuter des tâches plus complexes sans intervention humaine. L'innovation basée sur l'IA permet aujourd'hui une transformation des processus d'entreprise dans tous les aspects de l'économie. Grâce à la convergence des TIC avec d'autres technologies (notamment due aux logiciels embarqués et à l'IdO), la transformation numérique devrait avoir des répercussions jusque dans les secteurs les plus traditionnels, comme la production manufacturière et l'agriculture.

Deux tendances expliquent les bouleversements de la production induits par les technologies numériques : la chute des coûts, qui a favorisé une diffusion plus large de ces technologies, y compris aux petites et aux moyennes entreprises (PME) ; et surtout l'association de différentes technologies numériques, qui s'est révélée source de nouveaux types d'applications. Le graphique 5.6 illustre les principales TIC à l'œuvre dans la transformation numérique de la production industrielle. Les technologies de la partie inférieure du graphique sous-tendent celles de la partie supérieure, comme le montrent les flèches. Les technologies de la ligne supérieure (en blanc) – fabrication additive (impression 3D, par exemple), machines et systèmes autonomes, et intégration homme-machine – sont les applications qui devraient donner lieu aux principaux gains de productivité industrielle. Associées les unes aux autres, ces technologies pourraient un jour permettre une automatisation de l'ensemble des processus de production, de la conception à la livraison.

Graphique 5.6. **Convergence des technologies clés qui sous-tendent la transformation numérique des procédés industriels**



Note : Ce graphique est une représentation schématisée qui ne rend pas compte de l'ensemble des liens et boucles de rétroaction complexes qui existent entre ces technologies.

Source : OCDE (2017a), *La prochaine révolution de la production : conséquences pour les pouvoirs publics et les entreprises*, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264280793-fr*.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659614

L'analyse des modèles économiques les plus performants de l'ère numérique semble indiquer que les mesures tirant parti des applications mentionnées ci-dessus peuvent transformer radicalement les entreprises traditionnelles. Citons notamment les mesures suivantes :

- **La numérisation des actifs corporels**, qui correspond au processus de codage des informations sous forme de séries de chiffres binaires (ou « bits ») afin qu'elles puissent être traitées par des ordinateurs (OCDE, 2015a). Il s'agit de l'une des étapes les plus simples et incontournables de la transformation numérique d'une entreprise. Le secteur du divertissement et des contenus a été l'un des premiers à connaître ce type d'évolution, puisque les livres, la musique et les vidéos ont été numérisés afin d'être proposés sous d'autres formats, comme le CD ou le DVD, et par la suite l'internet. Grâce au déploiement des scanners et imprimantes 3D, la numérisation n'est plus seulement limitée aux contenus, mais peut désormais s'appliquer aux objets physiques. L'impression 3D ouvre la voie, par exemple, à une réduction de la durée des processus de conception industrielle par une création accélérée de prototypes, et dans certains cas à une augmentation de la productivité par une réduction des déchets de matériaux. La société Boeing a ainsi déjà remplacé certaines opérations d'usinage par l'impression 3D et produit plus de 20 000 pièces de 300 références différentes (Davidson, 2012).
- **La « mise en données » de processus nécessaires aux entreprises**, qui se rapporte à la génération de données, non seulement par la numérisation de contenus, mais aussi par la surveillance des activités, y compris d'événements et d'activités dans le monde réel (hors ligne) par le biais de capteurs. Il est important de ne pas confondre la mise en

données avec la numérisation, laquelle correspond à la simple conversion d'un matériel source analogique en un format numérique (OCDE, 2015a)[4]. De nombreuses plateformes contrôlant les activités de leurs utilisateurs ont recours à la mise en données. À l'instar de l'IdO, cette approche n'est désormais plus limitée aux entreprises de l'internet. Par exemple, les données collectées par les machines agricoles conçues notamment par Monsanto, John Deere et DuPont Pioneer représentent une importante source de données dans une optique d'optimisation de la distribution et de la modification génétique des cultures (voir la section suivante sur les effets de la transformation numérique sur les secteurs traditionnels, et plus particulièrement les encadrés 5.1 et 5.2).

- **L'interconnexion d'objets physiques grâce à l'IdO**, qui permet une innovation au niveau des produits et des processus. Un sixième des recettes de Scania AB, l'un des principaux constructeurs suédois de véhicules commerciaux, sont aujourd'hui générées par de nouveaux services basés sur les technologies de communication sans fil intégrées à ses véhicules. Cette approche permet à Scania de devenir progressivement une entreprise spécialisée dans la logistique, la réparation et d'autres services. Ainsi, grâce à l'interconnexion de ses véhicules, Scania est en mesure de proposer des services de gestion du parc bien plus performants. Cette interconnexion des objets physiques contribue également à la production et à l'analyse de données massives, lesquelles peuvent ensuite être utilisées pour créer d'autres services. Scania propose par exemple différents services visant à améliorer l'efficience de la conduite (et donc de l'utilisation des ressources), comme les services d'accompagnement du conducteur fondés sur les données.
- **La codification et l'automatisation des processus nécessaires aux entreprises grâce aux logiciels et à l'IA**. Les logiciels ont aidé et incité les entreprises à normaliser leurs processus et, dans le cas où les processus n'étaient pas au cœur de leur modèle économique, à revendre ces processus codifiés à d'autres entreprises par le biais de logiciels. Citons par exemple le système GERS (Global Expenses Reporting Solutions) d'IBM, développé à l'origine afin d'automatiser la création des rapports de déplacement au sein de la société, qu'IBM a ensuite transformé en service et vendu dans le monde entier (Parmar et al., 2014). Autre exemple, le service Gmail de Google, conçu d'abord comme un système de messagerie interne, dont Google a annoncé en avril 2004 qu'il le mettait à la disposition du public sous la forme d'une version bêta limitée (McCracken, 2014).
- **L'échange de données (sous forme de service)**, qui devient possible dès lors que les actifs corporels ont été numérisés ou que les processus ont été mis en données (voir le paragraphe précédent sur la mise en données). Les données dérivées des activités d'une entreprise peuvent s'avérer particulièrement précieuses pour d'autres entreprises (même dans d'autres secteurs). Orange, société française de services de télécommunications mobiles, utilise sa technologie de Floating Mobile Data (FMD) pour collecter les données du trafic mobile. Celles-ci sont ensuite anonymisées puis revendues à des tiers, parmi lesquels des organismes publics et des fournisseurs de services d'informations sur le trafic. Les entreprises peuvent par ailleurs tirer parti du caractère de bien non rival des données pour créer des marchés multifaces (au sein d'une même organisation), où les activités d'un côté du marché fonctionnent de pair avec la collecte de données, lesquelles sont ensuite exploitées et recyclées de l'autre côté du marché. Il s'avère toutefois souvent difficile d'évaluer en amont la valeur que

représentent ces données pour des entreprises tierces. Face à cette problématique, certaines entreprises ont choisi d'ouvrir l'accès à leurs données sous certaines conditions (OCDE, 2015a)[5].

- **L'utilisation (ou la réutilisation) et le croisement des données dans les différents secteurs et d'un secteur à l'autre** (soit le recours aux « données composites »), qui sont devenus un nouveau débouché commercial pour les entreprises jouant un rôle central dans leur chaîne de l'offre. Les sociétés Walmart et Dell ont ainsi réussi à intégrer les données dans leurs chaînes de l'offre. Or à mesure que le secteur manufacturier se dote de technologies intelligentes, comme l'IdO et l'analytique des données, cette approche suscite de plus en plus l'intérêt des entreprises manufacturières. À titre d'exemple, les données recueillies par des capteurs peuvent être utilisées pour contrôler et analyser l'efficacité des produits, optimiser leur fonctionnement au niveau systémique, et assurer le service après-vente, y compris les opérations de maintenance préventives.

Les plateformes en ligne ont connu un essor exponentiel sur les marchés de l'information, des biens et des services

L'internet a plus que jamais facilité la mise en adéquation de l'offre et de la demande en temps réel, aussi bien à l'échelle locale que mondiale. De nombreuses plateformes en ligne intègrent un marché de biens, de services et d'informations, fournis à la fois sous forme matérielle et numérique. Une grande part d'entre elles sont apparues au cours des 20 dernières années et sont gérées par des entreprises à forte croissance. En comparant les 15 premières entreprises de l'internet selon leur capitalisation boursière en 1995 et en 2017, il apparaît que les principaux acteurs étaient auparavant les fournisseurs d'accès à l'internet et les sociétés de logiciels, de matériel et de médias, mais qu'ils ont aujourd'hui été supplantés par les plateformes en ligne (tableau 5.1). La majorité de ces plateformes mettent l'accent soit sur un rapprochement de l'offre et de la demande d'informations (par exemple, via des services de recherche ou les réseaux sociaux), soit sur la mise en place de marchés de commerce électronique (de biens et/ou de services) ou de solutions de paiement électronique. Apple et Salesforce font en quelque sorte figure d'exception dans ce classement 2017, dans la mesure où ces sociétés n'œuvrent pas exclusivement en tant que plateformes, même si Apple gère les services iTunes et App Store, deux plateformes très plébiscitées qui n'existaient pas en 1995.

Le niveau élevé des cotations et l'augmentation spectaculaire de la valeur des sociétés répertoriées dans le tableau 5.1 sont le fruit de plusieurs facteurs, dont certains s'avèrent spécifiques aux plateformes en ligne, notamment le fait qu'un nombre important de ces plateformes proposent principalement des produits numériques et peuvent donc changer d'échelle sans augmenter leur masse critique (Brynjolfsson et al., 2008). Contrairement aux entreprises fabriquant des produits matériels qui se caractérisent généralement par des coûts fixes élevés et des coûts marginaux qui diminuent à mesure que l'échelle augmente, les entreprises spécialisées dans les produits numériques disposent en général d'un nombre réduit d'actifs corporels (comme des bâtiments ou des salariés) et tendent à afficher des coûts marginaux relativement faibles. Par ailleurs, la valeur des plateformes ne dépend pas uniquement des marges bénéficiaires et des ventes, mais peut être affectée de manière importante par la valeur de leurs réseaux d'utilisateurs (particuliers ou entreprises) et des données générées par ces mêmes utilisateurs. Souvent, ces plateformes constituent des marchés multifaces s'appuyant régulièrement sur plus

de deux réseaux. Lorsque l'une d'entre elles parvient à développer des réseaux d'une taille critique, elle peut tirer encore davantage parti des effets de réseau, en ce sens que ceux-ci peuvent mieux la protéger et augmenter sa valeur. Les clients seraient par exemple plus enclins à rester fidèles au réseau étendu d'une plateforme bien établie plutôt que de basculer vers une plateforme concurrente disposant de réseaux plus réduits, qui pourrait alors difficilement rivaliser avec la qualité de service, la variété des offres et les tarifs d'une plateforme plus importante.

Tableau 5.1. **Quinze principaux acteurs de l'internet, classés selon leur capitalisation boursière, 1995 et 2017**

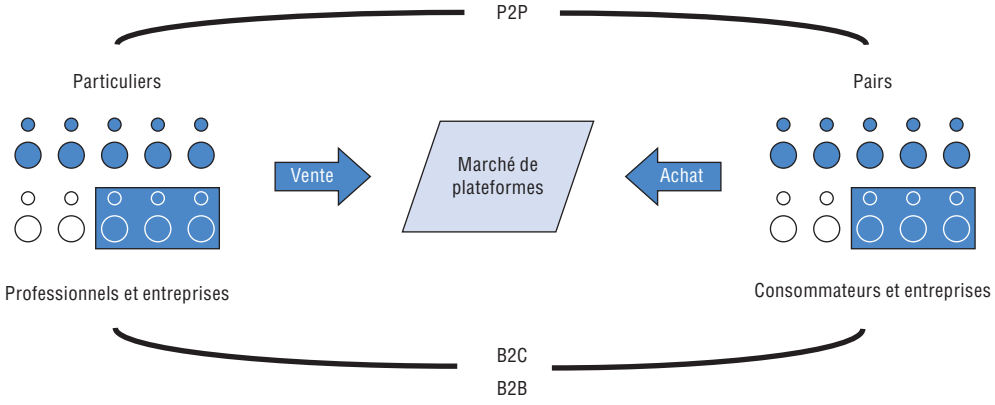
1995 (décembre)	Activité ou produit principal	Pays d'origine	Milliards USD	2017 (mai)	Activité ou produit principal	Pays d'origine	Milliards USD
Netscape	Logiciels	USA	5.42	Apple	Matériels, logiciels et services	USA	801
Apple	Matériels	USA	3.92	Google/ Alphabet	Informations, recherche et autres	USA	680
Axel Springer	Médias et édition	DEU	2.32	Amazon.com	Commerce électronique, services et médias	USA	476
RentPath	Médias et location	USA	1.56	Facebook	Informations et réseaux sociaux	USA	441
Web.com	Services web	USA	0,98	Tencent	Informations, réseaux sociaux et autres	CHN	335
PSINet	Fourniture d'accès à l'internet	USA	0.74	Alibaba	Commerce électronique, paiement électronique et autres	CHN	314
Netcom On-Line	Fourniture d'accès à l'internet	USA	0.40	Priceline Group	Services de réservation en ligne	USA	92
IAC/Interactive	Médias	USA	0.33	Uber	Services de mobilité	USA	70
Copart	Mise aux enchères de véhicules	USA	0.33	Netflix	Médias	USA	70
Wavo Corporation	Médias	USA	0.20	Baidu China	Informations, recherche et autres	CHN	66
iStar Internet	Fourniture d'accès à l'internet	CAN	0.17	Salesforce	Services	USA	65
Firefox Communications	Fourniture d'accès à l'internet et logiciels	USA	0.16	Paypal	Paiement électronique	USA	61
Storage Computer Corp.	Logiciels de stockage de données	USA	0.10	Ant Financial	Paiement électronique	CHN	60
Live Microsystems	Matériels et logiciels	USA	0.09	JD.com	Commerce électronique	CHN	58
iLive	Médias	USA	0.06	Didi Kuaidi	Services de mobilité	CHN	50
TOTAL			**17**				**3 639**

Sources : Calculs de l'auteur d'après KPCB (2015), « *Internet trends 2015* », *www.kpcb.com/blog/2015-internet-trends*, et Kleiner Perkins (2017), « *Internet trends 2017* », *www.kpcb.com/internet-trends*.

Les plateformes en ligne peuvent avoir une influence sur des marchés entiers en réduisant les coûts de transaction et en proposant de nouvelles formes de transactions. Avec ses articles intitulés « The Nature of the Firm » (La nature de l'entreprise) (1937) et « The Problem of Social Cost » (Le problème du coût social) (1960), Ronald Coase fit partie des premiers économistes à aborder la question du coût des transactions de marché, qu'il considère comme l'une des principales raisons d'exister des entreprises. L'expression « coûts de transaction » se rapporte généralement aux différents types de coûts générés sur les marchés, en plus des coûts de production d'un bien ou d'un service. Ils incluent notamment : 1) la recherche d'informations sur le produit souhaité ; 2) la négociation du prix et du contrat ; et 3) le contrôle et l'exécution des transactions. En intégrant des actifs et

activités complémentaires, les entreprises s'affranchissent du mécanisme de formation des prix traditionnel des marchés et créent de la valeur (Coase, 1937). Alors que les entreprises établissent de fait des frontières entre elles-mêmes et les marchés, les plateformes ont la capacité de réduire les coûts de transaction sur les marchés sans créer ou recréer ces frontières, et éventuellement de contribuer à leur suppression. Dans le cas des entreprises qui privilégient la production directe à l'achat externe lorsque les informations et les prix des facteurs sont marqués par leur incertitude, les plateformes facilitent l'achat au détriment de la production en fournissant davantage d'informations (par exemple sur les prix, les produits et les fournisseurs) que ce qui est réellement disponible sur les marchés traditionnels. Les plateformes permettent en outre une entrée plus facile des entreprises et autres acteurs sur leurs marchés du côté de l'offre, y compris des particuliers non professionnels ou des pairs (graphique 5.7).

Graphique 5.7. **Marchés de plateformes en ligne**



Note : P2P = *peer-to-peer* (pair à pair) ; B2C = *business-to-consumer* (vente électronique aux consommateurs) ; B2B = *business-to-business* (commerce électronique interentreprises).

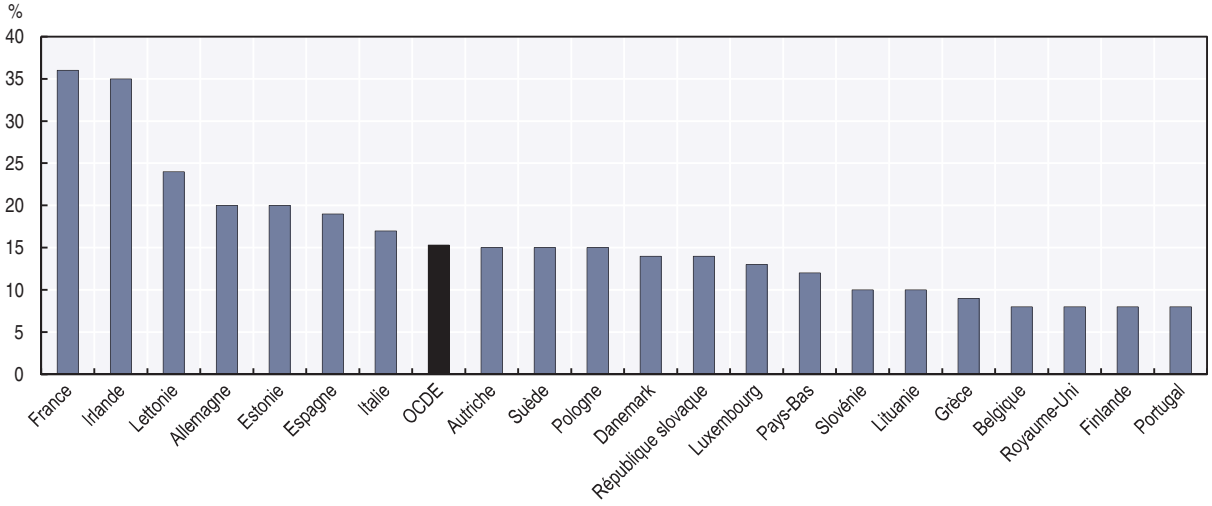
Source : OCDE (2016c), « New forms of work in the digital economy », *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklt820x-en*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659633*

L'adoption des plateformes en ligne a été rapide mais reste dans de nombreux cas mal évaluée. Pour certaines d'entre elles, le nombre de visiteurs mensuels uniques est un bon indicateur de l'intérêt qu'elles suscitent. Début 2017, Google.com enregistrait par exemple 6 milliards de visiteurs uniques par mois, suivi de Facebook.com avec plus de 2 milliards. La popularité de plateformes dont le succès est plus récent, comme Uber et Airbnb, a été mesurée en 2016 dans le cadre d'une étude centrée sur les pays européens, laquelle mettait en évidence qu'en moyenne 15 % des particuliers avaient eu recours à une plateforme en ligne pour profiter de services dits d'« économie collaborative » (graphique 5.8). Les utilisateurs les plus jeunes et les plus éduqués, originaires de petites, moyennes ou grandes villes, étaient les plus enclins à recourir à ces plateformes (31 % contre 17 % dans l'ensemble des pays européens). Les deux avantages les plus souvent cités des services fournis par de telles plateformes, par comparaison au commerce traditionnel, sont la facilité d'accès et le prix réduit (voire la gratuité) de ces services. Les deux problèmes les plus souvent cités, toujours par comparaison au commerce traditionnel, sont que les utilisateurs ignorent généralement qui est responsable en cas de problème et qu'ils ont tendance à éprouver de la méfiance face aux transactions réalisées sur l'internet (Eurobaromètre, 2016).

Graphique 5.8. **Utilisation de plateformes en ligne pour les services d'« économie collaborative », 2016**

Proportion d'individus âgés d'au moins 15 ans



Note : L'agrégat pour l'OCDE inclut uniquement les pays européens sélectionnés de la zone OCDE.

Source : Eurobaromètre (2016), « Flash Eurobarometer 438: The use of collaborative platforms », *https://data.europa.eu/euodp/fr/data/dataset/S2112_438_ENG* (consulté le 13 avril 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659652*

Services et applications numériques en plein essor

L'innovation par le numérique ouvre la voie à un grand nombre d'applications dans des secteurs très variés. La présente section vise à examiner certaines de ces applications, et plus particulièrement dans les domaines des sciences, des soins de santé, de l'agriculture, des pouvoirs publics et de la gestion municipale. La recherche scientifique est par exemple affectée par les volumes croissants de données collectées et analysées, ainsi que par la diffusion des résultats obtenus par les outils numériques qui permettent une publication en libre accès des données ou la mise en place de nouveaux modes d'examen par les pairs. Dans le secteur des soins de santé, l'utilisation de plus en plus répandue d'applications mobiles et des dossiers médicaux électroniques favorise l'apparition de nouveaux modèles de prestation de soins et permet d'améliorer la coordination et la gestion clinique. Même dans le secteur agricole, les technologies numériques sont utilisées à des fins d'automatisation et pour la mise en œuvre de méthodes d'agriculture de précision. Ces nouvelles approches devraient modifier en profondeur les modèles traditionnels. De leur côté, les pouvoirs publics mettent en avant leurs services d'administration électronique aussi bien auprès des particuliers que des entreprises en offrant un accès libre aux ISP et en s'adressant de plus en plus à leurs administrés par le biais des réseaux sociaux (Twitter, notamment). Les villes cherchent elles aussi à tirer profit des avantages des applications numériques, par exemple pour le transport ou encore la distribution d'eau ou d'énergie, et le traitement des déchets. Elles visent ainsi à exploiter le potentiel de l'innovation fondée sur les données pour améliorer leurs propres activités et les processus décisionnels.

Les technologies numériques stimulent le développement de la science ouverte

L'activité scientifique financée sur fonds publics a posé les bases essentielles de la transformation numérique qui touche aujourd'hui tous les pans de la société et de l'économie. La recherche scientifique a par exemple joué un rôle majeur dans la création

de l'internet et du World Wide Web. Les travaux menés actuellement dans les universités et les établissements publics de recherche du monde entier, dans des domaines comme l'informatique quantique, le stockage biologique de données numériques et les interactions entre l'homme et la machine, débouchent nécessairement sur de nouvelles innovations technologiques qui auront d'importantes répercussions socio-économiques. Paradoxalement, la pratique elle-même des sciences se voit modifiée en profondeur par le processus de transformation numérique dont elle est à l'origine. Cette situation donne lieu à l'apparition de nouveaux défis et possibilités tout aussi passionnants que complexes.

La transformation numérique influe de manière fondamentale sur l'activité scientifique même et sur les modalités de diffusion des résultats de la recherche

Les TIC (nouvelles infrastructures de stockage de données, internet haut débit, calcul à grande vitesse et logiciels analytiques) modifient radicalement l'activité scientifique et les modalités de diffusion des résultats de la recherche. Un nouveau modèle de « science ouverte » fait son apparition. Celui-ci peut sous-tendre un accès libre aux données scientifiques et aux revues spécialisées, ainsi qu'une mobilisation renforcée de la société civile et de l'industrie. Dans le même temps, la disponibilité et le volume des données générées par la recherche scientifique et qui lui sont accessibles ont augmenté de manière spectaculaire, tout comme notre capacité à consulter et analyser ces données. Les données massives et la recherche guidée par les données se sont aujourd'hui répandues à toutes les disciplines scientifiques et ouvrent la voie à un grand nombre de nouvelles possibilités. La capacité de combiner des données de sources ou filières différentes offre quant à elle de nouvelles perspectives sur des enjeux sociétaux complexes à l'échelle mondiale. Associées à l'IA, ces évolutions voient leur potentiel encore décuplé.

Outre les nouvelles découvertes scientifiques qu'elle permet, diverses raisons font que la « science ouverte » est aujourd'hui activement encouragée dans la plupart des pays de l'OCDE (OCDE, 2015b). Le modèle de publication spécialisée traditionnel et le coût croissant des abonnements peuvent limiter l'accès aux résultats de la recherche scientifique financée sur fonds publics. La publication en libre accès, qui tire parti des très faibles coûts de la diffusion d'informations en ligne, constitue une solution de substitution particulièrement intéressante. La rigueur et la reproductibilité des travaux publiés suscitent parfois des inquiétudes, mais celles-ci peuvent être au moins partiellement dissipées dès lors que les données sur lesquelles se basent ces travaux sont librement accessibles en ligne. En simplifiant l'accès aux informations et données scientifiques, il est possible d'améliorer l'efficacité de la recherche dans son ensemble en réduisant les doublons, en permettant une exploitation multiple des mêmes données et en augmentant les possibilités de participation nationale et internationale aux processus de recherche. Le libre accès aux données et travaux scientifiques devrait stimuler l'innovation et susciter un volume croissant d'externalités de connaissance venant de la recherche publique. Il peut aussi grandement encourager l'adhésion des citoyens à la science et contribuer à renforcer la confiance qu'ils lui portent en la rendant plus transparente et fiable, mais aussi participer à la promotion de la science citoyenne.

La science est à la fois un grand producteur et un grand utilisateur de données massives et ouvertes

À l'instar d'autres secteurs de la société et de l'économie, la science se voit profondément transformée par les nouvelles formes de données et les données massives aujourd'hui disponibles. On peut en effet considérer que les domaines comme la physique subatomique,

l'astronomie, les sciences spatiales et la génomique ont rendu possible le développement de technologies et de logiciels permettant de partager et d'analyser ces importants volumes de données. Ces domaines scientifiques font aujourd'hui encore figure de pionniers en termes de génération et d'analyse des données massives. Une fois mis en service en 2024, le télescope Square Kilometre Array, actuellement en construction en Afrique du Sud et en Australie, devrait produire un volume de données égal au double du trafic internet quotidien mondial. Tous les domaines des sciences se voient affectés en profondeur par la transformation numérique et la disponibilité croissante de nouvelles formes de données et d'outils d'analyse innovants. Les données des transactions en ligne ont par exemple la capacité de moderniser les sciences sociales et de révolutionner notre compréhension des comportements humains. L'agrégation des données collectées par les satellites et des données issues de capteurs au sol, associées aux données économiques, environnementales et comportementales, offre de nouvelles perspectives sur les enjeux sociétaux complexes repris dans les Objectifs mondiaux de développement durable.

La disponibilité, l'accessibilité, l'interopérabilité et la reproductibilité des données s'imposent comme des conditions préalables incontournables à la pleine exploitation des possibilités offertes par la révolution que connaissent les sciences par le biais des données. Bien que le coût du stockage de données ait baissé de manière spectaculaire, la curation appropriée des données et le maintien de leur disponibilité et de leur utilisabilité sur le long terme sont des processus onéreux qui nécessitent un haut niveau d'expertise. Il convient ainsi de développer de nouveaux modèles économiques et partenariats entre acteurs privés et publics pour soutenir les répertoires de données et les services connexes. Une solide infrastructure de données destinée aux sciences doit être mise en œuvre à plusieurs échelles, aussi bien au niveau local que mondial.

C'est peut-être le rapprochement des données de domaines différents qui offrira les meilleures chances de faire progresser la recherche et la société. Assurer leur interopérabilité complète représente toutefois un défi de taille en raison des nombreux obstacles techniques, législatifs, éthiques et sociaux. Le partage et l'exploitation de données personnelles à des fins de recherche scientifique pose notamment un certain nombre de difficultés non négligeables en termes d'équilibre entre protection de la vie privée et bienfaits pour la société. Bien que des mesures de confidentialité et autres dispositifs puissent valablement empêcher le partage inconditionnel de données personnelles, il est parfois possible de recourir à certaines méthodes (comme l'anonymisation) pour rendre ces données personnelles compatibles avec une exploitation scientifique.

La transformation numérique de la science implique pour les chercheurs l'acquisition de nouvelles compétences

La rapidité des changements induits par la transformation numérique soulève d'importantes questions en termes de compétences scientifiques. Tous les chercheurs, quelle que soit leur discipline (sciences humaines et sociales incluses), doivent aujourd'hui être en mesure de travailler efficacement dans un monde imprégné de numérique. Même si les TIC ne remettront pas en question (au moins à moyen terme) la dépendance des sciences à l'inventivité et à la créativité individuelles, elles seront néanmoins d'une aide précieuse. L'avenir de la recherche est directement lié à une association réussie entre compétences humaines et capacités technologiques. De nouvelles formations et qualifications seront ainsi nécessaires, qu'il s'agisse de compétences TIC élémentaires ou spécialisées pour le développement de logiciels avancés et l'analytique des données. Les

données massives entraîneront le développement et l'adoption généralisée de nouvelles modélisations mathématiques et approches statistiques. Les chercheurs indépendants, les équipes de recherche et les établissements scientifiques devront tous acquérir de nouvelles compétences s'ils souhaitent œuvrer efficacement dans le monde numérique. De profondes incertitudes demeurent toutefois quant à la proportion des besoins qui sont d'ores et déjà couverts grâce à l'intégration des compétences numériques dans le système éducatif général et par le développement de programmes spécialisés de science des données[6].

Il reste également difficile d'évaluer la proportion des besoins croissants de conservation et de gestion des données qui pourront être comblés dans le cadre des évolutions à venir dans les professions traditionnelles (comme les bibliothécaires d'enseignement supérieur et de recherche) ou s'il sera nécessaire d'attendre l'apparition d'une nouvelle génération de chercheurs en données, capables d'assurer l'interface entre les sciences et les données. Il apparaît néanmoins que les chercheurs universitaires œuvrant chacun dans leur discipline de spécialisation, suivant une carrière déterminée basée sur un système de récompense, vont bientôt connaître une phase de grands bouleversements. Cela inclut non seulement le besoin de nouvelles compétences techniques mais également, et peut-être plus important encore, le besoin de compétences de travail en équipe et de capacités de négociation « en douceur », lesquels s'avèrent particulièrement difficiles à combler dans de nombreux secteurs universitaires traditionnels (contrairement au secteur industriel).

Les outils numériques influent sur le développement de la publication en libre accès et permettent l'émergence de nouveaux modes d'examen par les pairs

Nombreux sont les pays de l'OCDE qui imposent désormais un accès libre aux publications scientifiques, lequel est considéré comme l'un des piliers essentiels de la science ouverte. Le libre accès aux publications scientifiques est un sujet qui a déjà été examiné en profondeur par l'OCDE (2015b). En résumé, il existe actuellement deux approches principales adoptées par les éditeurs pour offrir un accès aux publications scientifiques de manière libre et gratuite à un point de livraison défini en ligne : la « voie verte », qui consiste à différer le libre accès pendant une période initiale au cours de laquelle l'accès est uniquement possible dans le cadre d'un abonnement ; et la « voie d'or », permettant un libre accès direct – les coûts de publication étant couverts par d'autres méthodes que l'abonnement. Des modèles hybrides sont en outre actuellement en phase d'expérimentation. Ces différentes approches ont toutes leurs avantages et leurs inconvénients, ainsi que leurs partisans et leurs détracteurs. Dans certaines filières, le dépôt d'articles avant leur impression et l'archivage automatique d'articles déjà publiés par leurs auteurs sur des serveurs en libre accès permettent une meilleure diffusion des recherches scientifiques.

La publication d'un article dans une revue scientifique dépend généralement d'une approbation préalable par d'autres chercheurs. Cet examen réalisé par des pairs est souvent critiqué pour son manque d'impartialité, sa réserve excessive et son absence de responsabilisation. La publication d'un certain nombre d'articles frauduleux très médiatisés a remis en question l'efficacité des examens par les pairs en tant que mécanisme de filtrage permettant uniquement la diffusion de recherches scientifiques parfaitement fiables. Grâce aux nouvelles possibilités qu'offre la transformation numérique, il devrait être plus facile de pallier certaines des faiblesses que l'on peut reprocher au processus actuel d'examen par les pairs. Le recours à des serveurs de préimpression est aujourd'hui devenu la norme dans les domaines de la physique et des mathématiques, et devient de plus en plus courant dans

d'autres secteurs des sciences, dans la mesure où ceux-ci permettent un examen ouvert et en ligne d'articles avant même qu'ils ne soient envoyés pour publication. D'autres méthodes ouvertes d'examen par les pairs – que cet examen ait lieu avant ou après la publication d'un article – sont également à l'essai. En parallèle aux articles de recherche, la publication numérique permet par ailleurs une mise à disposition directe des documents de référence associés (y compris des données expérimentales), ce qui peut améliorer la transparence et la reproductibilité des processus.

Malgré les bienfaits potentiels et les économies générales possibles par rapport aux méthodes de publication traditionnelles, le besoin de nouveaux modèles économiques pérennes et de mécanismes de diffusion des connaissances se fait de plus en plus pressant. Le secteur tout entier de la diffusion des données scientifiques évolue rapidement, et les publications formelles soumises à un examen par les pairs ne sont qu'une composante parmi d'autres de ce paysage dynamique intégrant de plus en plus l'utilisation des médias sociaux. En attendant que les nouveaux modèles et acteurs parviennent à s'imposer, il s'avère essentiel que la gestion à long terme des données scientifiques (existantes et futures) soit assurée.

Les plateformes en ligne jouent un rôle particulièrement important dans la recherche scientifique

Les outils numériques, qu'il s'agisse de dispositifs électroniques d'identification, de cahiers de manipulation ou encore d'outils de recherche en ligne, se sont rapidement répandus à toutes les étapes des processus scientifiques, de leur conception à leur diffusion. Grâce aux outils « clés en main », il devient de plus en plus facile d'établir des correspondances entre les entrées et sorties des recherches, et les individus et institutions. Les outils numériques modifient non seulement l'exercice même des recherches scientifiques, mais aussi la manière dont elles sont gérées et évaluées.

Une grande partie de ces outils en ligne sont peu à peu intégrés aux plateformes numériques offrant des services à valeur ajoutée, appuyés par un mélange de sources de données propriétaires (bibliométriques par exemple) et publiques (comme les informations sur le financement des projets). La recherche scientifique dépend de plus en plus de ces plateformes, qui sont gérées par un nombre restreint d'entreprises privées. Les mécanismes actuels semblent pour le moment fonctionner de manière efficace, mais d'aucuns s'inquiètent qu'à plus long terme ces entreprises développent des situations de monopole qui viendraient entraver le dynamisme de la science. Il convient ainsi de s'assurer que le partenariat entre acteurs publics et acteurs privés, visant à développer et à exploiter des outils et plateformes scientifiques, profite de manière égale à chaque partie et qu'il garantisse le caractère ouvert et l'accessibilité – deux propriétés d'intérêt public – des connaissances scientifiques.

De nouveaux développements dans la science ouverte et numérique ne seront possibles que si la confiance est au rendez-vous

Le troisième pilier de la science ouverte – après les données ouvertes et les publications en libre accès – est la participation ouverte des acteurs sociétaux (y compris de l'industrie) aux projets scientifiques. Cette fois encore, cela inclut toutes les étapes des processus scientifiques, du choix des priorités de recherche aux sciences citoyennes, en passant par le transfert de connaissances – les TIC ayant ouvert la voie à de nouvelles possibilités de coopération particulièrement intéressantes à chacune de ces étapes.

La confiance reste toutefois une condition préalable essentielle à l'établissement d'une relation prospère entre la science et d'autres secteurs de la société civile. La transformation numérique a aussi bien la capacité de renforcer que d'ébranler la confiance que chacun accorde à la science. L'exploitation de nouvelles sources de données et d'informations en ligne devrait permettre d'améliorer grandement le développement urbain, les systèmes de santé, les processus agricoles et alimentaires, l'utilisation des ressources, ainsi que de nombreux autres secteurs où les besoins de la société sont importants. Une grande partie de ces données restent néanmoins des informations personnelles de particuliers. De nouveaux cadres éthiques et régimes de gouvernance devront être élaborés pour garantir un équilibre adapté entre protection de la vie privée et bienfaits pour la société (OCDE, 2016d). Le niveau de confiance accordé à la science dépendra également de l'intégrité des projets scientifiques menés par les entreprises privées ou en collaboration avec elles. À mesure que la science devient plus ouverte et que sa diffusion se voit simplifiée par les médias sociaux, la frontière entre bonne et mauvaise science pourrait facilement se troubler. La rigueur des recherches scientifiques sera alors plus que jamais l'objet de toutes les attentions. L'assurance qualité et l'analyse (de plus en plus souvent automatisée) des données massives et complexes – y compris dans le développement et l'utilisation de nouveaux algorithmes et modèles mathématiques – devront être menées à bien avec autant de vigilance que de transparence.

Les soins de santé évoluent à mesure que se développent les dossiers médicaux électroniques et les applications mobiles

À mesure que sont mises à profit les possibilités offertes par les TIC, on assiste dans tous les pays à une profonde transformation du secteur de la santé. L'un des objectifs clés qui donnent forme à ce processus de transformation est d'améliorer l'efficacité, la productivité et la qualité des soins. De plus en plus d'éléments laissent à penser que les TIC sont essentielles pour améliorer l'accès aux services de santé, particulièrement dans les zones rurales et isolées où les ressources et les compétences en matière de soins de santé sont souvent rares voire inexistantes, et qu'elles favorisent le développement de nouveaux modèles de prestation des soins (OCDE et BID, 2016).

Les dossiers médicaux électroniques offrent les bases de fonctionnalités avancées permettant d'améliorer la coordination et la gestion clinique

Une étude menée en 2016 par l'OCDE auprès de 30 pays de la zone OCDE a montré que la plupart d'entre eux investissent aujourd'hui dans le développement des dossiers médicaux électroniques (DME) (OCDE, 2017b). Vingt-trois pays ont indiqué avoir engagé la mise en place d'un système DME à l'échelle nationale. Ils étaient par ailleurs dix-huit à revendiquer la mise en œuvre d'un mécanisme de partage avancé des dossiers médicaux avec un système d'envergure nationale conçu pour prendre en charge tous les patients ne disposant que d'un seul DME. Quelques pays seulement disposent réellement d'un système DME national, même si certains aspects essentiels du partage d'informations s'appliquent uniquement à une échelle infranationale – circonscrits au sein de régions, provinces, États ou encore réseaux d'organisations de santé (comme en Autriche, au Canada, en Espagne, en Suède et en Suisse). À l'exception du Canada, tous ont mis en place (ou commencé à mettre en place) un modèle d'échange national d'informations permettant le partage d'éléments clés sur l'ensemble du pays. Sept pays ont toutefois indiqué n'avoir pour le moment aucune intention de mettre en place un système DME national (le Chili, la Croatie, le Danemark, les États-Unis, le Japon, le Mexique et la République tchèque). En Croatie et au Danemark, on retrouve certains aspects d'un modèle de partage de dossiers relativement bien développé

au niveau national. Dans les autres pays, les dispositions de partage varient grandement entre les régions et les organisations de santé.

Des données concrètes solides permettent aujourd'hui de montrer que l'introduction des DME peut notamment contribuer à la réduction des erreurs de prescription et à une meilleure coordination des soins. La mise en œuvre d'un tel système est toutefois connue pour sa grande complexité et son coût particulièrement élevé. Les pays qui investissent dans le développement d'un système d'informations de santé sont ainsi confrontés à un certain nombre de difficultés aussi bien techniques que financières. Seule une poignée de pays sont aujourd'hui parvenus à atteindre un haut niveau d'intégration et à tirer pleinement parti des possibilités offertes par l'extraction de données basée sur les DME à des fins de recherche, d'analyse statistique et autres utilisations secondaires. Les systèmes de soins de santé ont encore tendance à conserver les données dans des structures cloisonnées et à les analyser séparément. L'établissement de normes et l'interopérabilité sont des défis majeurs qu'il importe de relever pour tirer pleinement parti du potentiel des DME.

Avec l'augmentation du nombre d'utilisateurs de smartphones et d'appareils portables, les applications mobiles de santé s'imposent de loin comme le segment des systèmes de soins basés sur les TIC connaissant la plus forte croissance

Les technologies mobiles sont à l'origine d'un grand nombre de modalités intelligentes permettant aux patients d'interagir directement avec les systèmes et les professionnels de santé. Ces technologies assurent un retour d'informations en temps réel particulièrement utile à toutes les étapes du parcours de soins (prévention, diagnostic, traitement et suivi). Dans la mesure où les services de santé sur mobile ont l'avantage de faibles coûts marginaux et d'une grande disponibilité, ils sont de nature à atteindre un nombre important de patients entre les rendez-vous cliniques sur site. C'est peut-être dans les pays à revenu faible et intermédiaire que le potentiel est le plus grand pour étendre l'accès aux soins de santé au moyen des technologies mobiles dans les zones rurales et isolées. Ainsi, l'Afrique du Sud, le Ghana, le Kenya et la Tanzanie sont parvenus à intégrer l'utilisation des téléphones mobiles dans les systèmes de santé de proximité (Columbia University, 2011).

En 2015, l'Organisation mondiale de la santé a réalisé une étude sur les activités de santé en ligne et les applications mobiles de santé au niveau national auprès de 125 pays. Plus de 80 % d'entre eux avaient déjà mis en place des applications mobiles de santé parrainées par l'État. Les différents projets de ce type consistaient à l'origine à compléter les programmes et services existants à l'échelle locale ou nationale (graphique 5.9).

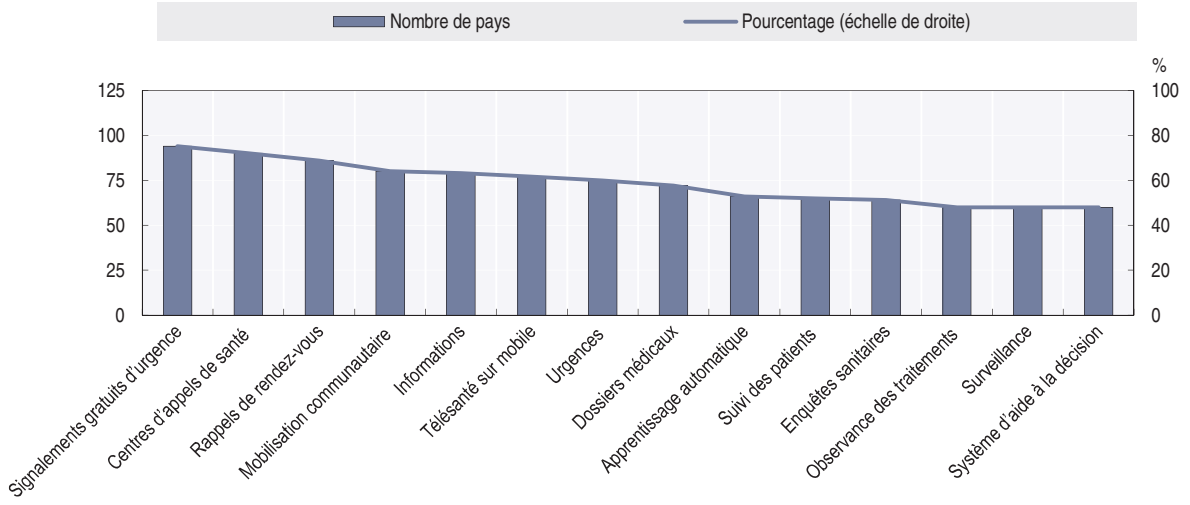
L'utilité des applications mobiles de santé est largement reconnue en ce qui concerne la gestion des maladies non transmissibles comme le diabète ou les maladies cardiaques, ainsi que des autres maladies nécessitant des interactions en continu. Les services de santé sur mobile peuvent également aider à compenser les déficiences physiques, sensorielles et cognitives des populations âgées, leur permettant de vivre plus longtemps en bonne santé et de réduire les taux d'hospitalisation.

La multiplication rapide des programmes pilotes de santé sur mobile et le développement d'applications de bien-être et de santé se sont imposés comme des défis de taille pour les décideurs

Les applications mobiles de santé se trouvent aujourd'hui à un point critique de leur évolution. D'abord, les projets et programmes pilotes n'étaient à l'origine pas conçus dans une optique de déploiement à grande échelle, mais plutôt afin de tester leur faisabilité. Cette

situation a engendré des problèmes de morcellement des financements, de court-termisme des partenariats et d'absence d'intégration dans les systèmes de santé traditionnels. Nombreuses furent les premières expérimentations financées par les opérateurs, les pouvoirs publics, les organisations non gouvernementales et autres organismes intéressés.

Graphique 5.9. **Adoption des programmes d'applications mobiles de santé par type, 2015**



Note : Ces résultats intègrent les réponses de plus de 600 experts de la santé en ligne répartis dans 125 pays.

Source : OMS (2016), *Atlas of eHealth Country Profiles: The Use of eHealth in Support of Universal Health Coverage: Based on the Findings of the Third Global Survey on eHealth 2015*, *http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204523/1/9789241565219_eng.pdf?ua=1* (consulté le 12 avril 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659671*

Ensuite, les applications de santé et de bien-être (à l'exception de celles classées dans la catégorie des dispositifs médicaux) restent encore non réglementées dans leur majorité, ce qui soulève des inquiétudes quant à leur sécurité et leur efficacité. Par ailleurs, pour fonctionner normalement, ces applications peuvent parfois nécessiter un volume important de données personnelles, ce qui pose de fait un certain nombre de problèmes de confidentialité et de sécurité. Même si dans de nombreux pays, comme les États-Unis, les lois régissant la protection des consommateurs permettraient de lutter contre les pratiques trompeuses et déloyales s'appuyant sur les applications de santé, les stratégies de gouvernance des données et les politiques relatives aux applications mobiles de santé y afférentes font partie des priorités des pays cherchant à tirer le meilleur parti possible des technologies mobiles à des fins d'amélioration des résultats en matière de santé. Différentes initiatives visant à combler les manques dans les pratiques d'évaluation ont commencé à être mises en place. Les programmes d'homologation des applications médicales, consistant en une évaluation formelle ou un examen par les pairs, sont un exemple des évolutions récentes destinées à assurer une validation clinique en termes de sécurité et de qualité, à renforcer la confiance et à promouvoir l'adoption de ces applications par les patients et les professionnels. Des codes de conduite ou de pratiques non contraignants sont également développés pour encourager une meilleure prise de conscience et des comportements plus vertueux dans le secteur privé.

En 2013, le Boston Consulting Group recensait 500 projets d'applications mobiles de santé et, en 2015, on évaluait à environ 500 millions le nombre de patients dans le monde qui utilisaient ce type d'applications. D'après une estimation, plus de 165 000 applications

mobiles de santé (Apple et Android) étaient disponibles en 2015 – ce nombre ayant doublé depuis 2013 (IMS Institute for Healthcare Informatics, 2015). Les recettes annuelles du marché de ces applications devraient atteindre plus de 26 milliards USD en 2017, contre 2.4 milliards USD en 2013 (research2guidance, 2014).

Aux États-Unis, un quart des adultes déclaraient en 2014 utiliser au moins une application de suivi médical, et en 2013 un tiers des médecins avaient conseillé l'utilisation d'une telle application à un patient (Comstock, 2014). L'évolution rapide des applications et des plateformes applicatives, associée à leur intégration avec d'autres produits, ouvre la voie à de nouvelles possibilités mais aussi à de nouveaux risques potentiels. Certaines questions subsistent toutefois concernant les points suivants :

- la sûreté et l'efficacité cliniques
- la confidentialité et la sécurité (de nombreuses applications de santé et d'exercice physique ont accès à des données physiologiques sensibles amassées par les capteurs des téléphones mobiles et autres dispositifs, notamment portables)
- le fort taux de renouvellement des applications (près de 90 % d'entre elles ne sont plus utilisées au bout de six mois et 80 % ne génèrent pas assez de recettes pour être véritablement rentables).

Des travaux récents montrent également que malgré le large éventail d'applications couvrant un grand nombre de pathologies, seule une minorité semblent réellement répondre aux besoins des patients qui pourraient en tirer le plus grand bénéfice, et présenter une utilité clinique (Singh et al., 2016).

La transformation numérique touche même les secteurs traditionnels comme l'agriculture

La production industrielle connaît actuellement une phase de transformation, favorisée par l'association de l'interconnexion croissante des machines, des inventaires et des biens assurée par l'IdO ; des capacités des logiciels intégrés aux machines ; de l'analyse d'importants volumes de données numériques (« données massives ») générées par les capteurs ; et de la grande disponibilité des capacités de traitement rendues possibles par l'infonuagique. La transformation qui s'ensuit, décrite par certains comme l'« industrie 4.0 » (Jasperneite, 2012), ne touche pas uniquement le secteur manufacturier, mais a déjà profondément bouleversé des secteurs traditionnels comme l'agriculture. Les agriculteurs génèrent ainsi aujourd'hui d'importants volumes de données numériques que des sociétés comme John Deere et DuPont Pioneer peuvent exploiter par le biais de nouveaux services informatiques s'appuyant sur les données (Noyes, 2014). Les capteurs qui équipent les derniers équipements John Deere peuvent par exemple aider les agriculteurs à gérer leur parc de véhicules, réduire le temps d'immobilisation des tracteurs et faire des économies en termes de consommation de ressources (Big Data Startups, 2013). On estime ainsi que l'« industrie 4.0 » pourrait augmenter la valeur ajoutée de l'agriculture allemande de 3 milliards EUR supplémentaires (1.17 %) d'ici à 2025 (BITKOM et Fraunhofer, 2014)[7].

L'agriculture de précision a révolutionné le secteur agricole grâce à l'analytique des données massives

L'analytique des données massives a permis l'émergence de l'agriculture de précision, laquelle offre d'importants gains de productivité par une optimisation des ressources agricoles. Cela se traduit notamment par des économies en termes de semences, d'engrais

et d'irrigation, ainsi que par des gains de temps pour les agriculteurs (encadré 5.1). Les estimations des effets sur la productivité dépendent des types de gains pris en considération. Une étude indique par exemple que l'agriculture de précision pourrait augmenter le rendement des cultures de maïs aux États-Unis de 12.5 à 25 boisseaux par hectare, et ainsi améliorer les bénéfices d'environ 250 USD par hectare (dans une période où les recettes brutes moins les coûts non fonciers s'élevaient à 875 USD par hectare) (Noyes, 2014). On pourrait estimer par extrapolation que les bienfaits économiques de l'agriculture de précision représenteraient chaque année aux États-Unis environ 12 milliards USD, ce qui amène la part de l'agriculture dans le PIB américain à plus ou moins 7 % de la valeur ajoutée totale (soit 177 milliards USD)[8]. Les études dans lesquelles sont exclus les gains de temps pour les agriculteurs prévoient une augmentation plus modeste des bienfaits par hectare offerts par l'agriculture de précision. À titre d'exemple, Schimmelpfennig et Ebel (2016) estimaient à 36.25 USD par hectare la hausse des bénéfices pour les agriculteurs. Une étude similaire se penchait sur les mêmes facteurs d'augmentation de l'efficacité offerts par l'agriculture de précision pour des exploitations agricoles de taille différente[9], et en particulier le contrôle automatique de section et de rang, s'appuyant sur la géolocalisation pour éviter une utilisation excessive d'intrants, comme les engrais et les produits phytosanitaires (John Deere, 2015). Les économies réalisées par les exploitants de cultures de maïs (semblables aux cultures en rangs espacés examinées plus tôt) étaient estimées à hauteur de 2.5 USD à 37.5 USD par hectare.

L'agriculture pourrait bientôt être en grande partie automatisée et ne nécessiter l'intervention que d'un nombre limité de travailleurs

Le recours aux machines autonomes pour les activités agricoles est déjà très répandu dans certains pays. Aux États-Unis, dans l'élevage bovin, on utilise ce type de machine pour traire les vaches, distribuer la nourriture et nettoyer les étables sans aucune intervention humaine. Le robot de traite de Lely, par exemple, ajuste automatiquement les processus de traite et d'alimentation afin d'optimiser la production de lait de chaque vache. Selon certaines études, les activités agricoles devraient à terme pouvoir se passer de toute intervention humaine.

Cela mènerait à une situation où les entreprises agricoles n'auraient alors plus qu'un rôle de gestionnaires locaux d'exploitation, de cheptel et de données. Elles pourraient ainsi uniquement contrôler les activités situées au bout de la chaîne de valeur, à l'instar de ce qui se fait actuellement dans le cadre de l'agriculture contractuelle[10]. Les producteurs de denrées alimentaires, les détaillants et même les clients finaux pourraient interagir directement avec le réseau constitué autour d'un agriculteur, comme ses fournisseurs de semences, ses machines intelligentes (autonomes), ses vétérinaires, etc. Dans ce cas de figure, le travail de l'agriculteur serait assimilable à celui d'un prestataire chargé de s'assurer que les interactions entre l'offre et la demande du système agricole sont gérées de manière équilibrée. Un autre scénario est toutefois possible : les agriculteurs pourraient profiter des données et capacités offertes par les technologies analytiques, et adapter les processus à leur excellente connaissance des particularités de l'agriculture locale.

L'IdO permettant déjà l'intégration de systèmes physiques, il encouragera également l'intégration de systèmes vivants (végétaux, animaux et humains y compris) à ces systèmes physiques[11]. Une telle intégration pourrait encore renforcer les capacités humaines. Les applications fondées sur la réalité augmentée, par exemple, ont la capacité de fournir aux agriculteurs des informations en temps réel et d'améliorer ainsi les processus décisionnels et les méthodes de travail. Des instructions pourraient ainsi être directement affichées dans le

champ de vision des agriculteurs grâce à des lunettes de réalité augmentée. La disponibilité d'informations en temps réel pourrait quant à elle permettre aux agriculteurs d'améliorer la planification des quarts de travail. Comme le précise l'OCDE (2017a), il existe toutefois un risque que cette intégration conduise à une déshumanisation de la production, y compris dans le secteur agricole. Dans le cadre de processus de production hautement automatisés, l'intégration et l'interaction entre humains et systèmes autonomes sont déjà une réalité, notamment pour des tâches ne pouvant être accomplies sans l'intelligence humaine et pour lesquelles aucun algorithme abordable n'existe encore, reléguant plus les travailleurs à un rôle de ressource qu'à celui de réels utilisateurs de systèmes IdO.

Encadré 5.1. **Agriculture de précision et données massives : le cas John Deere**

L'agriculture de précision offre aux agriculteurs une analyse en temps quasi réel des données clés relatives à leurs champs. À l'origine, John Deere est entré sur ce marché en proposant une solution de cartographie de rendement et de simples contrôleurs d'application variable, puis en introduisant une technologie de guidage automatisé (AutoTrac[1]). Ces produits de base ont depuis été améliorés dans le cadre de la création de véhicules agricoles capables de communiquer entre eux. Depuis le départ, John Deere s'appuie sur les données de géolocalisation du système mondial de radiorepérage (Global Positioning System ou GPS) pour concevoir ses équipements. John Deere a ensuite développé des fonctionnalités « filaires » afin de connecter les machines agricoles entre elles, mais aussi au centre des opérations MyJohnDeere, présenté par la société comme un portail d'outils en ligne rassemblant les informations relatives à une exploitation, auquel les agriculteurs peuvent accéder où et quand ils en ont besoin (Arthur, 2016).

Pour la prise en charge des véhicules déployés sur le terrain, John Deere a développé une solution de télégestion sans fil pour ses équipements agricoles, s'appuyant à cette fin sur des réseaux interconnectés de communication par satellite et cellulaires, ainsi que des solutions radio et wi-fi propriétaires. Ces avancées technologiques ont permis de réduire le temps nécessaire aux récoltes ou à la réalisation de nombreuses autres tâches. Par exemple, les véhicules automoteurs programmables de John Deere ont la capacité d'ensemencer et de moissonner 200 à 240 hectares par jour (dans le cadre d'un déploiement d'au moins deux véhicules), bien loin des 40 à 60 hectares pouvant être traités par un seul exploitant. John Deere est par ailleurs à l'origine d'une innovation notable en matière d'ensemencement, par l'association de son semoir ExactEmerge et de la technologie AutoTrac, permettant d'augmenter la surface ensemencée dans des conditions optimales. Grâce à ce système de suivi amélioré et à son semoir innovant, il serait désormais possible d'augmenter la surface traitée par jour de 240 à plus de 320 hectares. Les opérations de moissonnage pourraient également s'avérer bien plus efficaces si les véhicules intégraient la technologie AutoTrac.

S'appuyant sur l'association d'un système GPS et de différents capteurs, les tracteurs John Deere sont non seulement capables de se déplacer de manière autonome, mais ils tirent également parti de systèmes d'analyse. Ces dispositifs permettent aux véhicules de planter, arroser et moissonner avec une précision de 2 centimètres, et sont capables de communiquer entre eux. John Deere estime à 100 000 le nombre de machines connectées qu'elle compte à travers le monde. Les cabines de tracteur disposent également d'une connectivité wi-fi permettant la communication avec les dispositifs mobiles et autres systèmes de capteurs embarqués, ainsi que d'autres réseaux radio pour les communications mobiles entre véhicules. Ces technologies permettent aux agriculteurs de synchroniser leurs activités et de partager des données avec leurs homologues.

Grâce aux appareils interconnectés et aux capteurs intelligents qui forment ce réseau de communication, John Deere a pu améliorer l'analytique des données en combinant les données de base et de performance générées par ses équipements avec des données de terrain géoréférencées. Après avoir été collectées et transmises au centre des opérations John Deere, ces données combinées sont intégrées à une base de données plus large comprenant également des informations environnementales. John Deere peut ensuite associer les informations envoyées par les agriculteurs aux données environnementales (climatiques, météorologiques et sur la qualité du sol), ainsi qu'aux données sur les rendements effectifs.

Encadré 5.1. **Agriculture de précision et données massives : le cas John Deere** *(suite)*

Cela permet ainsi aux agriculteurs d'identifier les parcelles de terrain les plus productives. Grâce à l'analytique des données, John Deere aide les agriculteurs à optimiser le rendement de leurs exploitations, dans la mesure où ils peuvent utiliser les données disponibles pour déterminer les meilleurs lieu et moment où chaque véhicule devra effectuer des opérations d'ensemencement, de fertilisation, de pulvérisation et de moissonnage sur une surface à partir d'un mètre sur trois (Jahangir Mohammed, 2014).

En 2011, John Deere a renforcé sa stratégie à long terme de développement de produits intégrés s'appuyant sur les données. Cette décision s'est également traduite par une augmentation des investissements en recherche et développement (R-D) à hauteur de 5.5 % du chiffre d'affaires net, contre 4 % à 5 % pour ses concurrents. En misant ainsi sur l'innovation, John Deere a pu maintenir un taux de croissance annuel composé de 5 % en termes de productivité des salariés (taux mesuré en ventes par salarié) au cours des 30 dernières années (John Deere, 2016). Pour affermir ses positions dans ce domaine, John Deere a également fait l'acquisition de différentes sociétés considérées comme des pionnières de l'agriculture de précision, dont Precision Planting (Agweb, 2015), une entreprise leader sur le marché des technologies d'ensemencement proposant également des capteurs et du matériel spécialisé, et Monosem, un constructeur français d'équipements pour semoirs. John Deere recrute également des chercheurs en données afin d'améliorer ses capacités d'analyse des données massives. Ces experts se verront confier les tâches suivantes : 1) identifier les données, sources et applications pertinentes ; 2) utiliser les techniques d'exploration des données massives (détection des formes, analyse graphique ou statistique, etc.) visant à mettre au jour des enseignements cachés[2] ; 3) déployer des processus de collecte de données, mais aussi développer l'infrastructure et les cadres suffisants pour prendre en charge les analyses ; et 4) utiliser des langages de parallélisme permettant la mise en œuvre des applications.

John Deere devrait profiter d'une expansion considérable du marché, tout comme les entreprises du même secteur proposant aux agriculteurs des véhicules automoteurs et des systèmes d'agriculture de précision. D'après certaines prévisions, le marché mondial de l'agriculture de précision devrait augmenter de 4.92 milliards USD d'ici à 2020, ce qui correspond à un taux de croissance annuel composé de presque 12 % sur la période 2015-20. L'agriculture de précision constitue aujourd'hui un marché mondial de 2.8 milliards USD (Mordor Intelligence, 2016). Sur ce volume annuel, la part du marché américain représente entre 1 et 1.2 milliard USD. Sur la base des estimations réalisées pour les cultures en rangs espacés et les exploitations de maïs et de soja (dont deux tiers des surfaces sont gérées en agriculture de précision), les ventes enregistrées par John Deere en matière d'agriculture de précision constitueraient selon les évaluations les plus prudentes environ un quart des ventes totales sur le marché américain, soit entre 250 et 350 millions USD[3].

1. AutoTrac Vision tire parti d'une caméra montée sur le châssis pour détecter les plants précoces de maïs, de soja et de coton. Cette technologie permet aux agriculteurs d'éviter d'endommager les récoltes sous le passage des roues du pulvérisateur, même en cas de mauvais alignement du semoir (John Deere, 2017).

2. Cette description provient d'une offre d'emploi pour un poste de chercheur en données, publiée par John Deere sur le site web suivant : *https://www.glassdoor.com/Job/jobs.htm?suggestCount=0&suggestChosen=false&clickSource=searchBtn&typed*.

3. D'après une prévision de marché, l'agriculture de précision engloberait un certain nombre de technologies combinées – notamment des systèmes de guidage, de télédétection et d'application variable –, qui prendraient principalement la forme de systèmes de guidage par GPS, de systèmes d'information géographique (SIG) et de systèmes de positionnement par satellite (Global Navigation Satellite System ou GNSS). Cette prévision de marché estime que les systèmes de suivi et de cartographie gagneraient en importance, et que les applications informatiques (pour la gestion des cultures, des exploitations et des conditions météorologiques) connaîtraient un développement plus rapide pendant la période considérée (Mordor Intelligence, 2016).

Source : OCDE (2017a), *La prochaine révolution de la production : conséquences pour les pouvoirs publics et les entreprises*, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264280793-fr*.

Certains obstacles à la réutilisation, au partage et au couplage des données existent encore dans le secteur agricole

Les obstacles à la réutilisation, au partage et au couplage des données prennent des formes multiples. Il peut ainsi s'agir de barrières techniques, comme des problèmes de lisibilité des données par les machines d'une plateforme à l'autre. Des contraintes légales

peuvent également empêcher la réutilisation, le partage et le couplage des données. Citons par exemple les « clauses de blocage de données » figurant dans de nombreux accords de service, notamment lorsque ces provisions peuvent être utilisées pour imposer au client des frais supplémentaires ou le rendre captif de son fournisseur actuel (Becker, 2012)[12]. Ce problème est par ailleurs renforcé par les enjeux liés au concept de propriété des données. Par comparaison avec d'autres biens incorporels, différentes autorisations complexes sont généralement associées aux données en fonction des parties prenantes. Lorsque des données sont considérées comme revêtant un caractère personnel, la question de leur propriété pose des difficultés, dans la mesure où la plupart des dispositions de protection de la vie privée accordent un droit de contrôle explicite sur ces données à la personne concernée, empêchant la restriction de ces données par le maître du fichier (voir par exemple OCDE [2013b], paragraphe 13). Toutefois, même dans le cas où les données ne revêtent pas de caractère personnel, des polémiques sont apparues sur la question de la gouvernance des données, comme dans une récente affaire opposant les agriculteurs et certains des principaux fournisseurs de technologies d'agriculture de précision (dont John Deere, DuPont Pioneer et Monsanto) (encadré 5.2).

Encadré 5.2. **Des polémiques sur la propriété des données aux principes de gouvernance : le cas des données agricoles**

L'agriculture s'appuie désormais à tel point sur les données que la capacité qu'ont les agriculteurs d'accéder aux données agricoles et de les utiliser est devenue un facteur déterminant dans la réussite de leurs exploitations. Les principaux fournisseurs de technologies spécialisées dans l'agriculture de précision (ou « fournisseurs de technologies agricoles »), comme John Deere, DuPont Pioneer ou Monsanto, ont marqué leur prise de conscience de cette tendance en cherchant à tirer parti de l'internet des objets par l'intégration de capteurs dans leurs derniers équipements. Cette stratégie leur a permis de générer d'importants volumes de données, représentant une source d'informations essentielle pour les entreprises du secteur des biotechnologies visant à optimiser les cultures transgéniques, mais aussi pour les sociétés d'assurance des récoltes et les négociants sur les marchés des produits agricoles.

Le contrôle de ces données par les principaux fournisseurs de technologies agricoles a soulevé un certain nombre de controverses quant aux préjudices potentiels dont seraient victimes les agriculteurs en termes de discrimination et d'exploitation financière. Pour les agriculteurs, les avantages des équipements à forte intensité de données sont également devenus moins évidents, et certains s'inquiétaient que les agriculteurs voient leur rôle se réduire au simple statut de gestionnaires d'exploitation, de cheptel et d'équipement, agissant en tant que prestataires de services veillant à ce que les interactions entre l'offre et la demande du système agricole soient gérées de manière équilibrée. Le rôle des agriculteurs est devenu encore plus incertain en raison des doutes entourant la question de la propriété des données (Banham, 2014).

En avril 2014, les principaux fournisseurs de technologies spécialisées dans l'agriculture de précision se sont entretenus avec l'American Farm Bureau Federation (Fédération agricole américaine) afin d'étudier l'avenir de la gouvernance des données agricoles. La question de la propriété des données était au centre des débats. Ces discussions ont donné lieu à l'établissement d'une charte définissant les principes de confidentialité et de sécurité des données agricoles (*Privacy and Security Principles for Farm Data*) signée par 37 organisations (en date du 3 mars 2016). Les principes suivants ont servi de base aux débats sur la gouvernance des données :

- **Propriété** : « Nous estimons que les agriculteurs sont propriétaires des informations générées dans le cadre de leurs activités agricoles. Il est toutefois de la responsabilité des agriculteurs de s'accorder sur les modalités d'utilisation et de partage des données avec les autres parties prenantes ayant un intérêt économique dans leurs activités (locataires, bailleurs, coopératives, propriétaires de matériel d'agriculture de précision, fournisseurs de technologies agricoles, etc.). Les agriculteurs sous contrat avec un fournisseur

Encadré 5.2. **Des polémiques sur la propriété des données aux principes de gouvernance : le cas des données agricoles** *(suite)*

de technologies agricoles doivent s'assurer que seules les données dont ils sont propriétaires ou qu'ils ont l'autorisation d'utiliser sont incluses dans le compte établi avec leur fournisseur de technologies agricoles. »

- **Collecte, accès et contrôle** : « La collecte des données, l'accès aux données et leur utilisation par un fournisseur de technologies agricoles ne doivent être accordés qu'en cas de consentement explicite des agriculteurs. Ce consentement prendra la forme d'un accord contractuel, signé manuellement ou numériquement. »
- **Notification** : « Les agriculteurs doivent être avisés en cas de collecte de leurs données et informés de la manière dont les données recueillies seront utilisées et diffusées. Cette notification doit pouvoir être facilement accessible et disponible dans un format communément utilisé. »
- **Transparence** : « Les fournisseurs de technologies agricoles doivent porter à la connaissance des agriculteurs les fins auxquelles leurs données seront collectées et exploitées. Ils doivent par ailleurs informer les agriculteurs de la procédure mise en place pour les contacter en cas de question ou de réclamation, des types de tiers à qui ces données seront divulguées et des possibilités qu'ils proposent pour limiter l'utilisation et la diffusion de ces données. »
- **Portabilité** : « Dans le cadre d'un accord et d'une politique de rétention, les agriculteurs doivent être en mesure de récupérer leurs données à des fins de conservation ou d'utilisation avec d'autres systèmes, à l'exception des données ayant été anonymisées ou agrégées de telle sorte qu'elles ne soient plus identifiables. Les agriculteurs doivent pouvoir récupérer facilement les données qui n'auraient été ni anonymisées ni agrégées, et ce, à leur entière discrétion. »
- **Limitations d'exploitation, de vente et de divulgation** : « Un fournisseur de technologies agricoles ne devra ni vendre ni divulguer à un tiers des données non agrégées, sans avoir au préalable établi un engagement juridiquement contraignant reprenant les mêmes conditions que celles du contrat établi entre l'agriculteur et lui-même. Les agriculteurs doivent être avertis de tout projet de vente et avoir la possibilité d'exercer une option de retrait ou d'exiger la suppression de leurs données avant la finalisation de cette vente. […] Si l'accord établi entre le tiers et le fournisseur de technologies agricoles n'est pas le même que celui qui lie ce dernier à l'agriculteur, ces nouvelles conditions doivent être soumises à l'agriculteur pour approbation. »
- **Rétention et disponibilité des données** : « Tout fournisseur de technologies agricoles devra procéder à la suppression, à la destruction sécurisée ou au renvoi des données agricoles d'origine sur le compte de l'agriculteur, à la demande de ce dernier ou après un délai préétabli. Le fournisseur doit prévoir une clause permettant aux agriculteurs d'accéder aux données qu'il conserve pendant la période de rétention des données. Les fournisseurs de technologies agricoles doivent proposer aux agriculteurs des informations sur les politiques de rétention et de mise à disposition des données personnelles, et sur les procédures d'élimination de ces dernières, mais aussi leur communiquer les exigences applicables aux données dans le cadre des politiques et procédures susmentionnées. »
- **Activités illégales ou anticoncurrentielles** : « Les fournisseurs de technologies agricoles ne doivent en aucun cas utiliser les données collectées à des fins illégales ou anticoncurrentielles, telle l'exploitation de ces données à des fins de spéculation sur les marchés des produits agricoles. »
- **Mesures de sécurité et de responsabilité** : « Le fournisseur de technologies agricoles doit définir clairement les conditions de responsabilité. Des dispositions de protection suffisantes doivent être mises en place afin de protéger les données agricoles contre des risques potentiels, comme la perte, l'accès non autorisé, la destruction, l'exploitation, la modification ou la divulgation. Des politiques de notification et d'intervention doivent être définies en cas d'atteinte à la sécurité des données. »

Sources : Banham, R. (2014), « Who owns farmers' big data? », *www.forbes.com/sites/emc/2014/07/08/who-owns-farmers-big-data* (consulté le 4 mai 2017) ; American Farm Bureau Federation (s.d.), « Privacy and Security Principles for Farm Data », *www.fb.org/issues/technology/data-privacy/privacy-and-security-principles-for-farm-data* (consulté le 21 juin 2017).

Les pouvoirs publics reconnaissent les possibilités qu'offrent les technologies numériques, mais peuvent encore progresser dans leur exploitation

Les technologies numériques représentent un potentiel important pour le secteur public, notamment pour améliorer les prestations de services ou créer de la valeur pour les particuliers et les entreprises. En 2017, « Renforcer les services de l'administration électronique » se classait à la première place des 15 objectifs d'action en faveur du développement de l'économie et de la société numériques (voir tableau 1.1, chapitre 1). Cette priorité fait écho au potentiel encore exploitable dans de nombreux pays pour une amélioration des prestations de services de l'administration électronique, comme illustré par le taux d'adoption de ces services par les particuliers (graphique 5.10) et par la mise à disposition des données publiques en accès libre (graphique 5.11). Bien que l'expression « administration électronique » reste employée dans de nombreux pays, ceux de l'OCDE se sont engagés en 2014 à délaisser la notion restrictive de « services de l'administration électronique » au profit du développement d'un plan plus large en faveur d'un « gouvernement numérique » (encadré 5.3).

Encadré 5.3. **De l'administration électronique au gouvernement numérique**

La Recommandation du Conseil de l'OCDE sur les stratégies numériques gouvernementales (2014) définit d'une part l'« administration électronique » comme l'utilisation par les pouvoirs publics des technologies de l'information et des communications (TIC) – et notamment de l'internet – afin d'améliorer les prestations des pouvoirs publics ; et d'autre part le « gouvernement numérique » comme l'exploitation des technologies numériques (en tant que partie intégrante des stratégies de modernisation des pouvoirs publics) afin de créer de la valeur publique. Les gouvernements numériques s'appuient sur un écosystème numérique gouvernemental constitué d'acteurs publics, d'organisations non gouvernementales, d'entreprises, d'associations citoyennes et de particuliers assurant la production de données, services et contenus, et le libre accès à ces derniers, par une interaction directe avec les pouvoirs publics.

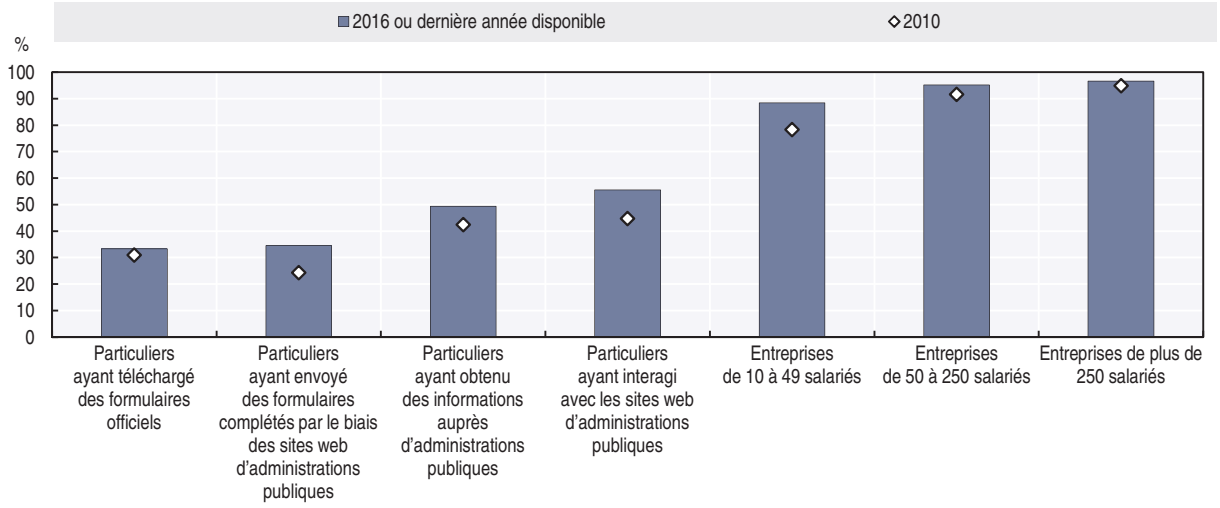
Source : OCDE (2014b), *Recommandation du Conseil sur les stratégies numériques gouvernementales*, *www.oecd.org/gov/digital-government/Recommendation-digital-government-strategies.pdf*.

Malgré une légère augmentation de l'utilisation des services de l'administration électronique, il existe une marge d'amélioration, notamment chez les particuliers

Les particuliers et les entreprises sont les principaux utilisateurs des services de l'administration électronique. Or malgré une légère augmentation de l'utilisation de ces services, une marge d'amélioration reste possible, notamment pour les particuliers. Le chapitre 4 (voir graphique 4.15) montre que l'utilisation des services de l'administration électronique par les particuliers en 2016 s'est développée de façon relativement inégale dans les pays de l'OCDE, puisque moins de 25 % des particuliers ont recours aux sites web des pouvoirs publics au Chili, en Italie et au Mexique contre plus de 80 % au Danemark, en Islande et en Norvège. Bien que les interactions avec les administrations publiques par le biais de l'internet aient connu une hausse entre 2010 et 2016, la part des particuliers qui ne profitent pas de cette évolution reste importante (graphique 5.10). Même si les données disponibles sur les entreprises sont moins récentes, elles montrent toutefois une croissance des interactions avec les administrations publiques depuis 2010, puisque 95 % des grandes entreprises et 88 % des petites entreprises ont interagi avec ces administrations en 2013 (graphique 5.10).

Graphique 5.10. **Utilisation des services de l'administration électronique par les particuliers et les entreprises dans les pays de l'OCDE**

En pourcentage des particuliers et des entreprises ayant utilisé l'internet pour leurs contacts avec les administrations publiques



Note : Les dernières données disponibles pour les entreprises datent de 2013.

Sources : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* ; OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (sources consultées en juin 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659690

L'utilisation des informations du secteur public peut aussi bien profiter aux particuliers et aux entreprises qu'aux pouvoirs publics

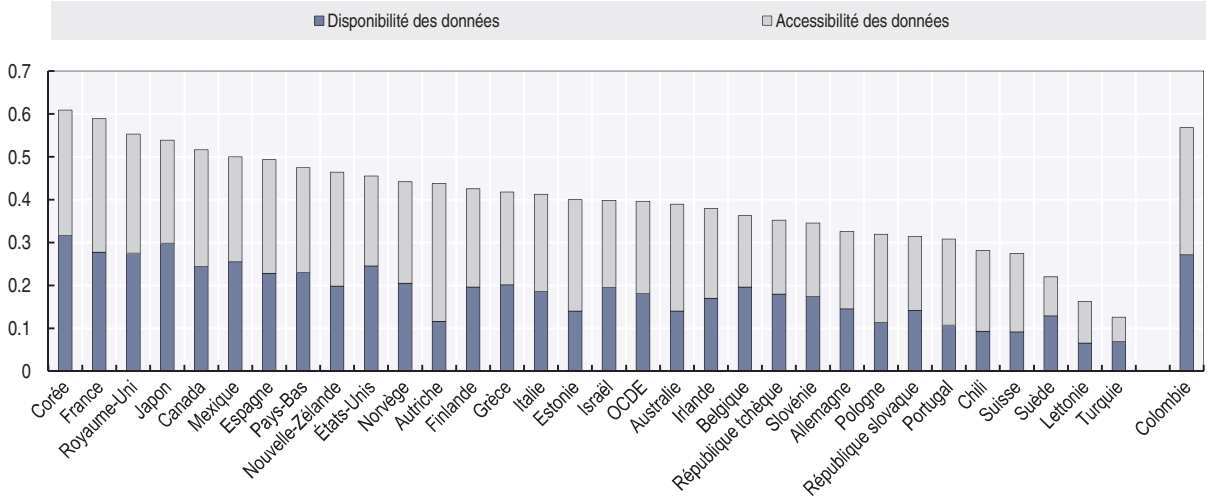
Le secteur public est l'un des principaux secteurs à forte intensité de données de l'économie. Son importance au sein de l'écosystème des données est double : premièrement en tant qu'utilisateur de données et de technologies analytiques, et deuxièmement en tant que producteur de données pouvant être recyclées pour des produits et processus innovants ou améliorés dans tous les aspects de l'économie. L'accès libre à la fois aux ISP et aux données publiques ouvertes – un sous-ensemble des ISP –, et leur réutilisation, aussi bien au sein qu'en dehors du secteur public, peuvent générer de la valeur pour les particuliers et stimuler l'innovation des entreprises et des pouvoirs publics (OCDE, 2015c) :

- **Pour les particuliers**, les ISP et les données publiques ouvertes peuvent s'avérer précieuses, notamment lorsqu'elles sont utilisées pour améliorer la responsabilité à l'égard du public, en encourageant la transparence et en permettant une surveillance renforcée des procédures, ainsi que lorsqu'elles donnent aux particuliers la possibilité de prendre des décisions avisées. De manière plus générale, cette participation en ligne des particuliers peut renforcer la participation des citoyens à la vie publique et aux processus d'élaboration des politiques publiques, et ainsi augmenter les chances qu'ils y contribuent activement.
- **Pour les entreprises**, un accès aux ISP et aux données publiques ouvertes peut stimuler le développement de nouveaux services, produits et marchés, qui parfois viennent compléter ou améliorer l'offre de services publics existante par le biais de solutions plus réactives et mieux adaptées aux besoins des citoyens.
- **Pour les pouvoirs publics**, l'utilisation des ISP peut accroître l'efficacité du secteur dans son ensemble. Elle permet le décloisonnement et le développement de la collaboration des organismes et des agences (en interne ou d'une entité à l'autre). Si ces informations sont

disponibles dans des formats permettant leur réutilisation et leur couplage, l'utilisation des ISP permet également une prise en charge de l'analytique des données dans le secteur public et une amélioration des processus décisionnels et de surveillance.

Rendre les données du secteur public à la fois disponibles et accessibles en ligne reste une condition essentielle à l'exploitation réussie du potentiel des ISP pour les particuliers, les entreprises et les pouvoirs publics. Les données collectées dans le cadre de l'Enquête sur l'ouverture des données publiques conduite par l'OCDE montrent que la disponibilité et l'accessibilité des données publiques ouvertes dans les pays de l'OCDE varient sensiblement entre les pays les plus avancés comme la Corée, la France et la Grande-Bretagne, et les pays où la marge de progression est importante, comme la Turquie, la Lettonie et la Suède (graphique 5.11).

Graphique 5.11. **Disponibilité et accessibilité des données publiques ouvertes, 2017**



Note : La « disponibilité des données » et l' « accessibilité des données » sont deux des trois dimensions de l'indice composite *OURdata* de l'OCDE (1 = max.), lequel inclut également l'« appui des pouvoirs publics à la réutilisation » des données. La « disponibilité des données » englobe des informations sur le contenu de la politique d'ouverture par défaut, sur l'engagement des parties prenantes pour faire de la mise à disposition des données une priorité, et sur l'accès aux données publiques ouvertes stratégiques sur les portails nationaux (par exemple : résultats des élections nationales, dépenses publiques ou dernier recensement). L'« accessibilité des données » englobe des informations sur la disponibilité d'exigences formelles et sur leur mise en œuvre, notamment pour ce qui concerne la publication des données publiques ouvertes soumises à une licence automatique, dans des formats ouverts (c'est-à-dire non propriétaires) et accompagnées de métadonnées descriptives ; ainsi que sur l'engagement des parties prenantes quant à la qualité des données. Ces données proviennent de l'Enquête sur l'ouverture des données publiques réalisée en novembre et décembre 2016 par l'OCDE. Les participants à cette enquête étaient dans leur grande majorité des directeurs des systèmes d'information de pays de l'OCDE. Les réponses correspondent à une évaluation propre à chaque pays des pratiques et procédures mises en place en matière de données publiques ouvertes. Les données concernent uniquement les pouvoirs publics centraux ou fédéraux, et excluent les pratiques relatives aux données publiques ouvertes à l'échelon local ou d'un État.

Source : Calculs de l'auteur, d'après OCDE (2017c), *Panorama des administrations publiques 2017*, *http://dx.doi.org/10.1787/gov_glance-2017-fr*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659709*

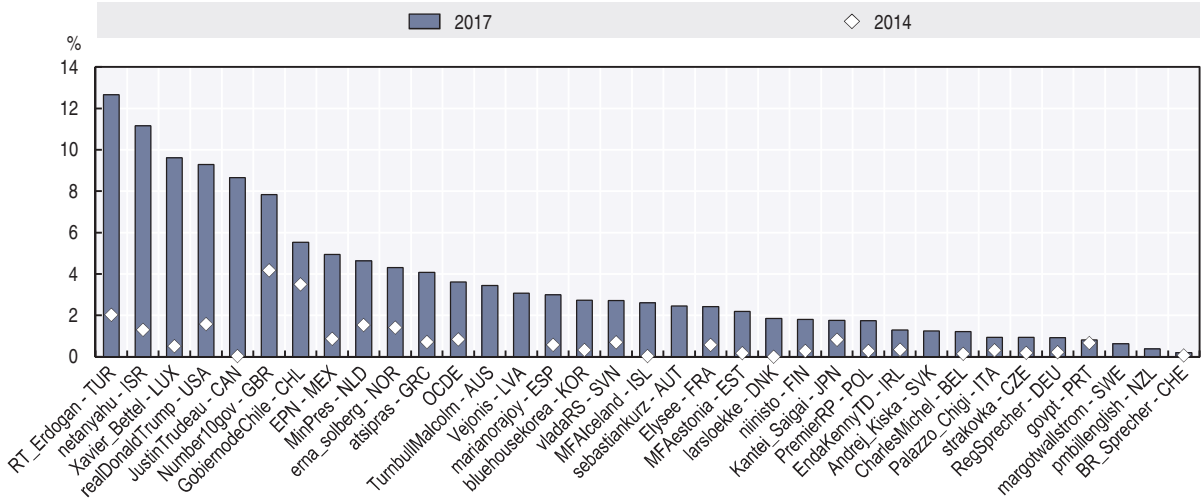
Les pouvoirs publics utilisent de plus en plus les médias sociaux pour communiquer directement avec les citoyens

Twitter est devenu un outil très largement utilisé par les responsables publics souhaitant communiquer directement avec les citoyens. L'utilisation de Twitter par les pouvoirs publics et le recours à de tels outils de communication par les citoyens ont connu un essor spectaculaire au cours des dernières années. En 2014, les cabinets des plus hautes instances de l'exécutif (chef de l'État, chef du gouvernement, voire l'ensemble de l'appareil

gouvernemental) de 28 pays de l'OCDE disposaient déjà d'un compte Twitter (OCDE, 2015c), et en 2016 tous les gouvernements – à l'exception de la Hongrie – disposaient d'au moins un compte actif. Sur cette période, le nombre d'abonnés en proportion de la population totale a augmenté de manière significative dans presque tous les pays (graphique 5.12). Lorsque ces mesures ont été réalisées mi-2016, le président des États-Unis enregistrait le plus grand nombre d'abonnés, à hauteur de 23 % de la population américaine, suivi du président turc et du Premier ministre israélien, respectivement en deuxième et troisième place. Tous les détenteurs de comptes ne sont pas nécessairement aussi actifs les uns que les autres : la fréquence moyenne de *tweets* par compte oscille entre plus de 12 par jour (Ilves Tomas, Estonie) à moins de 1 par semaine (Sauli Niinistö, Finlande). D'importants écarts apparaissent également dans le nombre moyen de *retweets* par *tweet*, allant de 1 572 aux États-Unis (Barack Obama) et 1 298 en Turquie (Recep Tayyip Erdoğan) à 1.3 au Portugal (República Portuguesa) et en Slovénie (Vlada R. Slovenije).

Graphique 5.12. **Responsables publics les plus suivis sur Twitter, 2017**

Abonnés, en pourcentage de la population totale



Note : Ce graphique prend en compte les abonnés du compte Twitter officiel de chaque pays à leur niveau le plus élevé en mai 2017. Aucun compte officiel vérifié n'était référencé pour la Hongrie à cette période.

Sources : Burson-Marsteller (2017), « Twiplomacy study 2017 », *http://twiplomacy.com/blog/twiplomacy-study-2017/* (consulté le 22 juin 2017) ; Burson-Marsteller (2014), « Twiplomacy study 2014 », *http://twiplomacy.com/blog/twiplomacy-study-2014* (consulté le 13 avril 2017) ; UNDESA (2017), « World Population Prospects 2017 », *https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659728*

Les villes saisissent les opportunités offertes par les applications numériques et visent à exploiter le potentiel de l'innovation fondée sur les données

Les applications numériques améliorent l'efficacité des secteurs urbains

Les villes font de plus en plus appel aux applications numériques, par exemple dans le cadre de leurs réseaux électrique et de transport. L'utilisation de ces applications se traduit notamment par une exploitation plus efficace des systèmes mis en place grâce à une amélioration du rapprochement entre l'offre et la demande. Cela peut prendre la forme d'une application mobile déterminant le meilleur itinéraire d'un point A à un point B, tout en prenant en compte les différents modes de transport disponibles et les conditions de

circulation, ou encore d'un compteur d'électricité intelligent informant en temps réel les ménages et les entreprises des tarifs en fonction de l'offre et de la demande sur le réseau électrique – le système d'offre et de demande devenant ainsi parfaitement transparent, ce qui permet de lisser les pointes de demande en la répartissant dans l'espace (dans les transports en particulier) et le temps (aussi bien dans les transports que pour l'électricité). Cela se traduit ainsi par une baisse de l'encombrement des routes et une réduction des exigences de charge de base dans l'approvisionnement d'électricité. De leur côté, les habitants gagnent du temps sur leurs trajets et font des économies (financières et en termes d'émissions) sur leur consommation d'électricité. Différents autres secteurs, comme celui de la gestion de l'eau ou des déchets, tirent également parti des bienfaits des applications numériques (encadré 5.4). Par ailleurs, les données recueillies par les applications et capteurs intégrés aux infrastructures urbaines peuvent être utilisées pour améliorer encore davantage les fonctionnalités de ces dernières.

Encadré 5.4. **Potentiel d'efficacité des applications numériques dans les secteurs urbains**

On estime que les réseaux électriques intelligents devraient permettre des économies d'énergie pour les foyers et les entreprises, notamment s'ils sont associés à des systèmes de gestion de l'énergie pour particuliers et entreprises. Grâce aux compteurs intelligents, les ménages européens devraient économiser 10 % par an sur leur consommation d'énergie (e-control, 2011). Aux États-Unis, les économies générées par les réseaux intelligents sont évaluées à 4.5 fois le montant des investissements nécessaires à leur mise en œuvre (400 milliards USD) (EPRI, 2011).

L'innovation fondée sur les données dans les systèmes de transport peut permettre aux utilisateurs de réaliser des gains de temps et des économies, tout en réduisant la pollution et les émissions de carbone dans les villes. Le système de trafic intelligent (Intelligent Traffic System) de Londres devrait réduire la congestion au cœur de la ville d'environ 8 % par an entre 2014 et 2018 (TfL, 2011). L'utilisation des données ouvertes dans les transports (par exemple sous la forme d'applications fournissant des informations en temps réel sur les tarifs, les trajets multimodaux et les conditions de circulation) pourrait représenter chaque année l'équivalent de 720 milliards USD à 920 milliards USD (McKinsey Global Institute, 2013). Le système de péage de congestion instauré à Stockholm a réduit la circulation de 22 % (100 000 voyageurs par jour) et les émissions de CO_2 de 14 % (25 000 tonnes par an) dans le centre-ville au terme des sept mois qu'a duré la période d'expérimentation de ce système (KTH, 2010).

Le covoiturage et l'autopartage peuvent également contribuer à réduire la consommation de ressources et modifier les schémas de mobilité au sein des villes. Le Forum international des transports a estimé que seulement 10 % des voitures seraient nécessaires si l'on mettait en place un scénario combinant des transports publics à haute capacité et des « TaxiBots » sans chauffeur (véhicules autonomes en utilisation partagée) (FIT, 2014). D'ici à 2020, les systèmes de partage de véhicules garés librement devraient générer des recettes annuelles estimées à 1.4 milliard EUR dans les villes de plus de 500 000 habitants de la zone OCDE (Civity, 2014).

Les améliorations basées sur le numérique dans les systèmes d'alimentation en eau peuvent limiter les pertes et réduire les coûts de fonctionnement et d'entretien. On estime que les réseaux d'eau intelligents devraient permettre aux compagnies des eaux d'économiser à l'échelle mondiale entre 7.1 milliards USD et 12.5 milliards USD chaque année, par la mise en place de techniques intelligentes de contrôle de la qualité de l'eau, de fonctionnement et de maintenance du réseau, d'analytique des données pour la gestion des dépenses en capital, mais aussi de gestion des fuites et de la pression dans les réseaux de distribution d'eau (Sensus, 2012 ; Ministère des Entreprises, de l'Innovation et des Compétences du Royaume-Uni, 2013).

Encadré 5.4. **Potentiel d'efficacité des applications numériques dans les secteurs urbains** *(suite)*

Des stratégies globales et s'appuyant sur les données pour la réduction des déchets, le recyclage, la réutilisation des matériaux et la valorisation énergétique peuvent à la fois permettre des économies et réduire les émissions de carbone. La stratégie Beyond Waste (Au-delà des déchets) adoptée par l'État de New York devrait permettre une économie d'énergie représentant la consommation annuelle de 2.6 millions de foyers (plus de 295 millions de gigajoules) et une réduction des émissions de gaz à effet de serre pour la ville de New York d'environ 20 millions de tonnes métriques par an (New York Department of Environmental Conservation, 2014).

Sources : e-control (2011), « Next steps for smart grids: Europe's future electricity system will save money and energy », *www.e-control.at/documents/20903/-/-/633895a3-d5d0-4866-865c-26b785bd1d0d* ; EPRI (2011), « Estimating the costs and benefits of the smart grid », *https://www.smartgrid.gov/files/Estimating_Costs_Benefits_Smart_Grid_Preliminary_Estimate_In_201103.pdf* ; TfL (2011), « London's intelligent traffic system », *www.impacts.org/euroconference/barcelona2011/Presentations/11_Keith_Gardner_presentation_Barcelona_v2.pdf* ; McKinsey Global Institute (2013), « Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity », *www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation* ; KTH (2010), « Congestion charges which save lives », *www.kth.se/en/forskning/sarskilda-forskningssatsningar/sra/trenop/trangselskatten-som-raddar-liv-1.51816* (consulté le 4 novembre 2014) ; FIT (2014), « Urban mobility: System upgrade », *www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf* ; Civity (2014), « Urban mobility in transition? » ; UK Department for Business Innovation and Skills (2013), « The smart city market: Opportunities for the UK », *https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/249423/bis-13-1217-smart-city-market-opportunties-uk.pdf* » ; New York Department of Environmental Conservation (2014), « Climate smart waste management », *www.dec.ny.gov/energy/57186.html* (consulté le 4 novembre 2014).

Au-delà d'une simple amélioration des différents systèmes urbains, de nouvelles synergies peuvent apparaître grâce à une intégration plus étroite des systèmes sur l'ensemble des secteurs. Une ville est assimilable à un « système de systèmes », au sein duquel les TIC et les flux urbains numérisés peuvent créer le potentiel pour une intégration poussée des systèmes (CEPS, 2014). Le réseau électrique est un bon exemple de système connaissant une intégration progressive avec les systèmes urbains grâce aux TIC et aux échanges d'informations en temps réel. Ces « réseaux électriques intelligents » permettent non seulement une meilleure gestion de l'offre et de la demande par le biais de compteurs intelligents, mais disposent également d'un fort potentiel d'intégration avec d'autres systèmes urbains, comme celui des transports. Un réseau intelligent peut par exemple intégrer des véhicules électriques à des fins de génération et de stockage de l'énergie afin de lisser la demande de pointe et équilibrer les fluctuations en termes de fourniture d'énergie renouvelable, permettant ainsi d'atteindre des niveaux d'efficacité auparavant inimaginables avec ces systèmes pris séparément (OCDE, 2012a ; Heinen et al., 2011). De plus en plus répandues grâce à l'IdO, les communications de machine à machine permettent une intégration encore plus complète, en ce sens qu'elles peuvent aider à décloisonner de nombreux systèmes, flux et activités segmentés, au sein des villes et même au-delà.

Les villes se transforment en pôles d'innovation fondée sur les données

La production et la collecte croissantes de données peuvent transformer les villes en banc d'essai à grande échelle pour l'innovation fondée sur les données. Contrairement à de nombreuses autres innovations en matière de produits et processus, les innovations touchant les systèmes à grande échelle (comme dans les transports ou l'énergie) nécessitent la mise en place d'expérimentations et d'essais dans des dimensions proportionnelles, et si possible en conditions réelles. Conscientes qu'elles présentaient le cadre idéal pour ces expérimentations et souhaitant en tirer le meilleur parti, les villes ont commencé à se présenter comme des « laboratoires d'innovation ouverte », à l'instar des 340 villes européennes membres du European Network of Living Labs (réseau européen de laboratoires d'innovation ouverte).

Cet organisme définit les laboratoires urbains d'innovation ouverte selon quatre axes : la co-création par les utilisateurs et les producteurs ; l'exploration des utilisations, des comportements et des possibilités de marché qui font leur apparition ; l'expérimentation par la mise en œuvre de scénarios en situation réelle par une communauté d'utilisateurs pilotes ; et l'évaluation de concepts, produits et services (Schaffers et al., 2011 ; ENoLL, 2014). De nombreux laboratoires urbains d'innovation ouverte concentrent leurs efforts sur la création d'un environnement favorable pour l'innovation fondée sur les données en mettant en place les infrastructures et cadres institutionnels nécessaires pour soutenir et attirer les créateurs et les investisseurs. Le secteur privé a également pris conscience que les villes constituaient des environnements idéaux pour l'innovation fondée sur les données. Les accélérateurs de start-ups Startupbootcamp installés dans différentes villes européennes se concentrent sur l'innovation fondée sur les données dans la téléphonie mobile, la communication en champ proche (CCP), la santé et le commerce électronique. Des entreprises du secteur de l'informatique, dont Microsoft, ont créé leurs propres incubateurs à Londres, New York et Tel Aviv, par exemple (Startupbootcamp, 2014 ; Microsoft Ventures, 2017). Outre les infrastructures techniques et institutionnelles, l'accès aux données est une condition essentielle au développement dans les villes de l'innovation fondée sur les données (encadré 5.5).

Encadré 5.5. **Portail de données ouvertes urbaines**

Ces dernières années, de nombreuses villes de la zone OCDE ont lancé leur propre portail de données ouvertes, et plus particulièrement aux États-Unis et en Europe. Un inventaire des données ouvertes urbaines (*City Open Data Census*) a été mis en place pour fournir des métadonnées sur les villes américaines ouvrant l'accès à leurs différents ensembles de données, notamment sur la criminalité, le budget, les permis de démolition, le plan d'occupation des sols, les transports, etc. (Open Knowledge Foundation, 2017). Le Portail européen de données récolte les métadonnées des données publiques disponibles en Europe, dont environ 90 000 ensembles de données de régions et villes différentes (Portail européen de données, 2017).

Dans la plupart des cas, les villes publient des données structurées (croisées) dans des formats lisibles par machine afin de simplifier leur utilisation privée ou commerciale. Néanmoins, à l'heure actuelle, le nombre de villes proposant des interfaces de programmation reste limité. En l'absence de normes régissant les portails de données ouvertes, de nombreuses villes exploitent des plateformes ou logiciels libres, comme CKAN ou Socrata.

Sources : Open Knowledge Foundation (2017), « US City Open Data Census », *http://us-city.census.okfn.org* (consulté le 20 juin 2017) ; Portail européen de données (2017), « Jeux de données », *www.europeandataportal.eu/data/fr/dataset?groups=regions-and-cities* (consulté le 20 juin 2017) ; Open Cities (2013), « WP4 – Open data », *http://opencities.net/node/68* (consulté le 19 septembre 2014).

Ouvrir l'accès aux données peut s'avérer particulièrement difficile, et ce, à plusieurs titres. Par exemple, il convient de s'interroger sur le type de données que les villes devraient pouvoir collecter, ainsi que sur les contenus qu'elles pourraient ensuite publier. Des questions d'intérêts, de valeur et de cadres réglementaires peuvent influencer le choix de recueillir ou non des données spécifiques, puis de les publier (Kitchin, 2014). Une restriction de certains modes d'utilisation peut par ailleurs s'appliquer en fonction des règles de protection des données ou des protocoles administratifs mis en place. La gestion des données constitue une autre de ces difficultés, en ce sens que pour être efficace, elle requiert non seulement les infrastructures techniques et les compétences humaines nécessaires, mais surtout un

cadre organisationnel et juridique réellement adapté à la collecte, au stockage, au traitement et à la publication des données.

Les décisions prises au niveau municipal s'appuient de plus en plus sur les données massives et l'analytique des données

Pour améliorer leur efficacité, les administrations municipales exploitent de plus en plus des données en ligne et participatives relatives aux conditions et activités urbaines. Des applications mobiles comme SeeClickFix permettent aux administrés de signaler directement aux services municipaux tout dépôt d'ordures, nid de poule, lampadaire défectueux et autres problèmes urbains de ce type grâce à leur smartphone. D'autres applications, à l'instar de StreetBump à Boston, renvoient automatiquement les informations collectées par les smartphones des conducteurs sur les conditions des routes. Enfin, il existe également des applications comme Cycle Track qui informent les services de planification des transports sur les schémas de mobilité des cyclistes. Toutes ces données peuvent être utilisées par les municipalités pour mieux cibler les opérations de maintenance et les investissements, et par là même améliorer les services. Associées aux données en ligne, provenant notamment des médias sociaux, les informations participatives se voient de plus en plus utilisées par les services de police municipale à des fins d'analytique prédictive des données et de prise de décision préventive. Ainsi, les services de police de Los Angeles, Chicago, Memphis, Philadelphie et Rotterdam travaillent sur le développement de leur capacité analytique à partir d'importants ensembles de données, afin de renforcer l'efficacité des techniques de prévision policière. L'un des objectifs est d'identifier les potentielles zones à forte criminalité et de déployer les ressources nécessaires pour empêcher les crimes de se produire plutôt que d'intervenir *a posteriori*. Il convient de noter que ni l'efficacité ni les répercussions en termes de protection de la vie privée de telles pratiques n'ont encore été évaluées de manière approfondie.

Les administrations infranationales procèdent également à des expérimentations tirant parti des technologies numériques pour améliorer la conception et l'efficacité des politiques publiques. Par exemple, lorsque les informations disponibles sont suffisantes, une tarification volumétrique peut être mise en place pour la facturation d'eau et d'électricité. Cette approche s'est révélée particulièrement efficace puisqu'elle s'est traduite par une baisse de la consommation de ressources des ménages (OCDE, 2012b). Une expérimentation visant à réduire la consommation d'énergie dans les municipalités suisses a révélé que les incitations par réseaux sociaux étaient jusqu'à quatre fois plus efficaces que les modèles incitatifs traditionnels. Ainsi, plutôt que de récompenser ou de pénaliser financièrement les utilisateurs en fonction de leur propre comportement (incitation directe), les incitations par réseaux sociaux récompensaient les amis de ceux qui adoptaient des comportements vertueux (Pentland, 2014). Bien que cette approche d'encouragement indirect puisse avoir des effets positifs, d'aucuns s'interrogent sur le risque qu'elle porte atteinte aux valeurs de ceux qui en font l'objet (Frischmann, 2014).

L'augmentation des volumes de données et des capacités de traitement remettent également la modélisation urbaine au cœur des questions d'urbanisme, puisqu'elle est de nature à améliorer l'affectation des ressources dans les zones urbaines. La modélisation urbaine a fait son apparition il y a plus de 50 ans, mais son succès avait à l'époque été limité du fait de ses imperfections, notamment en raison du faible volume de données disponibles et d'une puissance de calcul insuffisante. Elle doit toutefois son retour à l'émergence des systèmes d'information géographique dans les années 90 et 2000, ainsi qu'à un basculement de la modélisation de systèmes d'équilibre agrégés vers des systèmes

de systèmes évolutifs complexes soutenus par la dynamique urbaine (Eunoia, 2012 ; Jin et Wegener, 2013). La modélisation urbaine promet aujourd'hui de nouvelles possibilités par le biais de la grande variété des données qu'elle génère, de données géoréférencées et participatives ou recueillies par télédétection aux données issues des réseaux sociaux, de la délivrance intelligente de titres de transport et des transactions par téléphone mobile ou carte bancaire. Soutenues par une puissance de calcul toujours plus importante, notamment à travers l'infonuagique, les données massives peuvent être utilisées dans des opérations de modélisation complexes, par exemple dans la planification intégrée des transports et de l'occupation des sols (Serras et al., 2014). La modélisation et la simulation urbaines à forte intensité de données sont toutes deux exploitées pour mener à bien des études théoriques, dans le cadre du projet européen Eunoia par exemple, mais aussi pour appuyer des processus décisionnels concrets, comme l'illustre le projet LakeSim développé à Chicago, qui fait une place importante à la modélisation informatique pour mieux comprendre les répercussions de différentes solutions de conception, d'ingénierie et d'urbanisation (UCCD, 2012).

La transformation numérique de l'emploi et du commerce

Cette section aborde les effets de la transformation numérique sur l'emploi dans les différents secteurs d'activité, ainsi que sur l'organisation du travail dans plusieurs marchés de services. Elle démontre ainsi que l'investissement dans les TIC a entraîné des pertes d'emploi dans certains secteurs, mais aussi la création d'emplois dans d'autres. Dans la plupart des pays, la demande de main-d'œuvre a augmenté dans la culture, la construction, les loisirs et autres services, et dans une moindre mesure, dans l'administration, la santé, les soins à la personne, l'énergie et l'agriculture. Une baisse a toutefois été observée dans le secteur manufacturier, le commerce, les services aux entreprises, les transports et l'hébergement. Parallèlement à cela, un nombre croissant de personnes travaillent dans les secteurs de l'hébergement, des transports ou autres services par le biais de plateformes en ligne, à des postes caractérisés par leur flexibilité et leur statut temporaire ou partiel.

La seconde partie de cette section traite de la manière dont le numérique transforme le commerce dans son ensemble, et notamment les échanges de services. Elle démontre ainsi que les exportations de produits manufacturés dépendent à divers degrés des biens et services TIC, et que les pays dont la valeur ajoutée des produits TIC représente une part importante des exportations de produits manufacturés ne comptent pas nécessairement dans leurs exportations une part importante de valeur ajoutée pour les services TIC, et inversement. Cette partie met également en évidence que des services efficaces, et en particulier les services TIC, permettent de stimuler la productivité, les échanges et la compétitivité dans tous les aspects de l'économie, mais aussi que des restrictions touchant le commerce (notamment des services de télécommunications et informatiques) sont toujours en vigueur dans certains pays.

La transformation numérique bouleverse l'emploi dans tous les secteurs et marchés

L'investissement dans les TIC a entraîné des pertes d'emploi dans certains secteurs, mais aussi la création d'emplois dans d'autres

Il est largement admis que l'économie numérique a la capacité d'améliorer la productivité, les revenus et le bien-être social. D'aucuns s'interrogent toutefois de plus en plus sur l'influence que les vagues successives d'investissement dans les technologies numériques ont pu avoir sur les pertes d'emploi, la stagnation des salaires et les inégalités croissantes de rémunération.

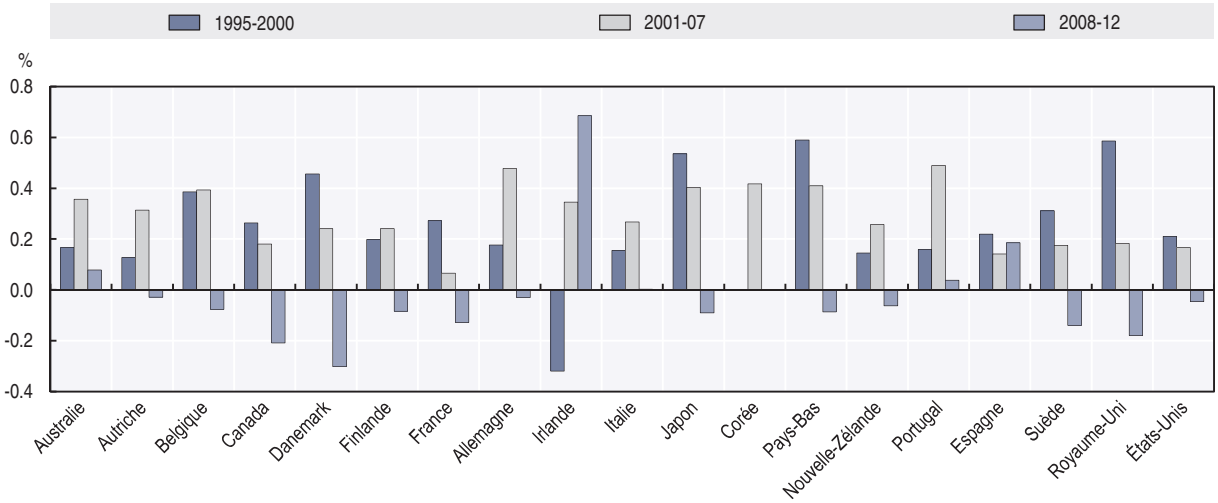
Rétrospectivement, il convient de noter que les principales innovations technologiques ont toujours provoqué d'importants bouleversements sur le marché du travail. En augmentant la productivité de la main-d'œuvre, l'innovation permet de produire toujours plus de biens et services avec un nombre réduit de travailleurs, ouvrant ainsi la voie à un risque de chômage technologique dans certains secteurs ou professions. L'innovation permet toutefois de créer de nouvelles possibilités d'emplois dans différents secteurs et dans les marchés émergents qu'elle a fait naître.

Bien que les nouvelles technologies rendent certains emplois obsolètes, elles entraînent par ailleurs une demande plus forte pour d'autres types d'emplois (Autor, 2015). L'histoire économique est jalonnée de tels exemples. Dans les années 20, les voitures particulières ont signé la fin du transport à cheval et des professions associées. Dans le même temps, les secteurs de l'hébergement en bord de route et de la restauration rapide se sont immédiatement développés pour répondre aux besoins des automobilistes (Jackson, 1993). La multiplication des distributeurs automatiques de billets s'est traduite par une augmentation des embauches dans le secteur bancaire, et ce, en réduisant les dépenses opérationnelles dans les agences locales et en libérant du temps pour le personnel qui pouvait alors proposer aux clients des services plus variés et plus complexes (Bessen, 2015). Les revenus supérieurs proposés dans les secteurs des hautes technologies peuvent également entraîner une augmentation de la demande et de l'emploi dans les services de basse technologie, comme la restauration, le nettoyage et autres services à la personne (Mazzolari et Ragusa, 2013 ; Moretti, 2012).

Le graphique 5.13 présente les effets estimés de l'investissement dans les TIC sur la demande de main-d'œuvre entre 1995 et 2012. Les TIC ont entraîné une augmentation de la demande de main-d'œuvre dans la plupart des pays de l'OCDE à partir du milieu des années 90, et ce, jusqu'en 2007, mais ont globalement provoqué une baisse de la demande de main-d'œuvre par la suite. Dans la mesure où les investissements se sont ralentis à la suite de la crise de 2007, les effets de substitution de la main-d'œuvre dus aux investissements passés dans les TIC ont plus que contrebalancé l'augmentation de la demande de main-d'œuvre générée par les nouveaux investissements dans les TIC.

Graphique 5.13. **Estimation des créations d'emploi imputables à l'augmentation du capital TIC**

Taux moyens annuels



Source : OCDE (2016e), « ICTs and jobs : Complements or substitutes? », *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklzplhg-en*.

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659747*

Dans la plupart des pays, les secteurs où la demande de main-d'œuvre a le plus profité de la transformation numérique sont la culture, la construction, les loisirs et autres services, et dans une moindre mesure l'administration, la santé, les soins à la personne, l'énergie et l'agriculture. Dans tous les autres secteurs, la transformation numérique a entraîné une baisse de la demande de main-d'œuvre, notamment dans le secteur manufacturier, le commerce, les services aux entreprises, les transports et l'hébergement (OCDE, 2016e).

Par ailleurs, selon plusieurs études, sous l'effet des développements permanents de l'IA et des données massives, les tâches réalisées aujourd'hui par les humains pourraient être à brève échéance en grande partie exécutées par des machines (Frey et Osborne, 2013 ; Elliot, 2014). Certains scénarios (FIT, 2017) prévoient que d'ici à 2030 plus de 2 millions de chauffeurs routiers aux États-Unis et en Europe pourraient être remplacés par des véhicules autonomes. Selon des travaux récents réalisés par l'OCDE (Arntz, Gregory et Zierahn, 2016), les répercussions de l'automatisation sur l'emploi seraient plus limitées. Marcolin, Miroudot et Squicciarini (2016) considèrent par ailleurs que renforcer la présence des TIC dans les différents secteurs pourrait augmenter le nombre d'emplois dans la plupart des professions, mais malheureusement pas dans toutes : les activités répétitives (autrement dit les tâches successives simples à codifier) disparaissent généralement à mesure que l'intégration de TIC progresse. L'ampleur des suppressions d'emploi provoquées par ces évolutions technologiques dépendra non seulement des technologies elles-mêmes, mais aussi des préférences des consommateurs et d'autres facteurs propres à ce marché. À titre d'exemple, la plupart des opérations effectuées par le personnel bancaire peuvent déjà être réalisées automatiquement grâce aux TIC, mais de nombreux utilisateurs préfèrent encore négocier un prêt avec un interlocuteur humain plutôt que par le biais d'un algorithme. Une nouvelle vague d'innovations génératrices d'économies de main-d'œuvre devrait néanmoins se répandre dans les sociétés et économies de l'OCDE au cours des prochaines années (OCDE, 2017a).

L'influence qu'auront les avancées technologiques de rupture sur les marchés du travail est actuellement sujette à controverse. D'aucuns estiment que les technologies numériques sont plus enclines à générer des économies de main-d'œuvre que d'autres technologies majeures par le passé, de sorte que le numérique tendrait à remplacer la main-d'œuvre humaine à une échelle encore jamais vue (Brynjolfsson et McAfee, 2011). D'autres (Gordon, 2012 ; OCDE, 2015d) mettent en avant que la productivité a connu une croissance moins rapide ces 10 à 15 dernières années qu'au cours des années 60 – période de plein emploi –, et prévoient une croissance atone de la productivité dans les années à venir (Gordon, 2016).

Les technologies numériques ont également tendance à venir remplacer les travailleurs humains dans l'accomplissement d'opérations manuelles ou cognitives simples et suivant des règles explicites (autrement dit, des tâches « répétitives »). À l'inverse, les ordinateurs viennent uniquement en appui des travailleurs dans la réalisation d'activités de communication complexes ou basées sur la résolution de problèmes (tâches « non répétitives »). Les tâches non répétitives peuvent aussi bien être associées à des emplois intellectuels se situant à l'extrémité supérieure de l'échelle des salaires (par exemple à des postes hautement qualifiés ou de direction) ou à des emplois manuels à l'extrémité inférieure de l'échelle des salaires (personnel d'entretien ménager, par exemple). Les travailleurs accomplissant des tâches manuelles ou cognitives compatibles avec l'automatisation ou la codification (comptabilité, surveillance des processus, traitement de l'information, etc.) se concentrent quant à eux au milieu de cette échelle des salaires. Si l'on considère que les tâches répétitives et non répétitives constituent réellement des

substituts imparfaits, la pénétration des technologies numériques augmente la demande d'emplois pour les tâches non répétitives au détriment des emplois consacrés à des tâches répétitives (Autor, 2013).

Selon différentes études, il apparaît que la polarisation de l'emploi aux États-Unis et en Europe s'explique par une baisse de la demande d'emplois répétitifs (Autor, Katz et Kearney, 2006 ; Autor, Katz et Kearney, 2008 ; Goos et al., 2011 ; Van Reenen, 2011 ; Autor et Dorn, 2013 ; Hynninen, Ojala et Pehkonen, 2013). Parmi ces études, une seule (Michaels, Natrajz et Van Reenen, 2014) établit néanmoins un lien direct entre l'utilisation des TIC et la demande de compétences.

Une analyse de l'OCDE fait apparaître que les TIC ont contribué à un creusement des inégalités, mais qu'elles n'ont – pour le moment – entraîné aucune augmentation tendancielle du chômage. D'après l'OCDE (2016e), dans les périodes où la demande de main-d'œuvre a baissé sous l'effet des TIC, cette baisse s'est révélée plus importante pour les travailleurs moyennement qualifiés que pour les travailleurs peu ou hautement qualifiés. Ce constat corrobore l'argument de la polarisation de l'emploi – selon lequel les TIC feraient augmenter la demande de profils peu ou hautement qualifiés et baisser la demande de profils moyennement qualifiés – mais cela signifierait alors que cette polarisation ne serait que temporaire.

Bien que l'on ignore encore ses effets réels sur la polarisation, il est largement admis que le basculement de tâches répétitives vers des tâches non répétitives devrait rester une caractéristique pérenne de la demande de main-d'œuvre dans l'économie numérique. Une autre analyse de l'OCDE montre également qu'à mesure que l'utilisation croissante des technologies numériques transforme les modèles économiques et l'organisation des entreprises, les compétences complémentaires (traitement de l'information, développement de l'autonomie, résolution de problèmes, communication, etc.) gagnent en importance (OCDE, 2016f).

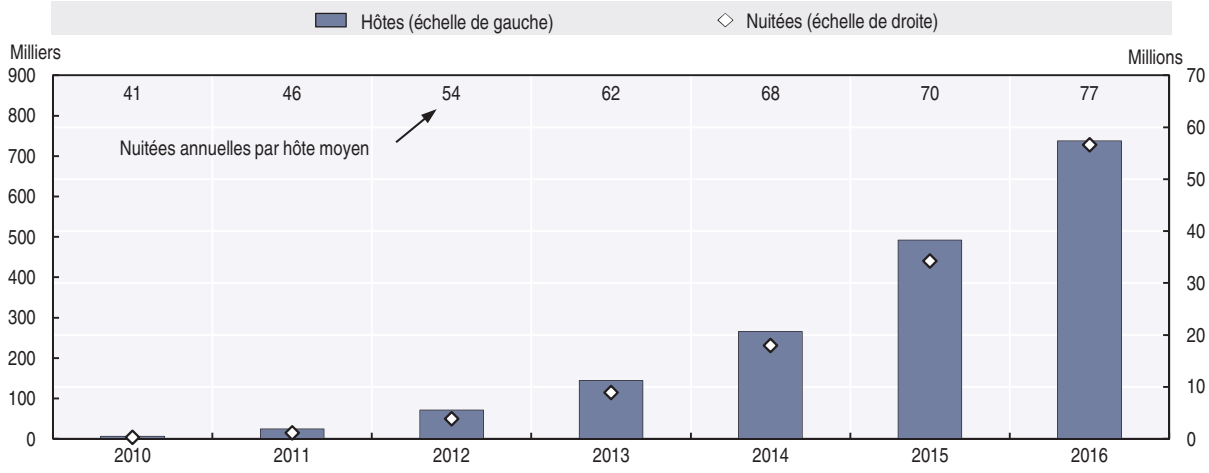
De nouvelles formes de travail apparaissent dans les services fournis par le biais de plateformes en ligne

Au cours des dix dernières années, les plateformes en ligne ont connu une croissance exponentielle dans différents marchés de services, et notamment ceux proposant des services aux particuliers. Cela inclut les services fournis matériellement, et même souvent localement, comme l'hébergement, les transports, les services à la personne ou de proximité, ainsi que les services fournis sous forme numérique, principalement par l'internet, allant de la saisie des données et du soutien administratif à la conception graphique et au codage, en passant par le conseil juridique ou d'entreprise (OCDE, 2016c). La plupart de ces services peuvent être proposés de manière individuelle et créer ainsi des possibilités de travail et de revenus aussi bien pour les particuliers et que pour les professionnels.

Les plateformes en ligne connaissant les croissances les plus rapides au cours de ces dernières années appartiennent aux marchés de l'hébergement et des services de mobilité. Cet essor s'explique notamment par l'abondance d'actifs privés que les particuliers peuvent monnayer grâce aux technologies numériques. Citons par exemple l'espace qui peut être exploité en tant qu'offre d'hébergement. Dans la zone OCDE, un ménage de 4 personnes dispose de presque 7 pièces pour vivre, avec en tête une moyenne de 2.5 pièces par personne au Canada (OCDE, 2015e). Le nombre d'hôtes et de nuitées Airbnb a ainsi augmenté de manière spectaculaire au cours des dernières années (graphique 5.14). Le cas des automobiles constitue un autre exemple parlant. Le deuxième plus gros poste de dépenses des ménages

allemands (après le couple alimentation et logement) est le transport, dont les voitures (13 %), alors que celles-ci restent généralement inutilisées pendant 23 heures par jour (DESTATIS, 2015 ; FIT, 2014). Le transport de point à point comme Uber et les plateformes de covoiturage comme BlaBlaCar ont élargi la taille de leurs marchés et connu une forte croissance au cours des dernières années. L'essor spectaculaire de la demande pour ce type de service s'explique également par les tarifs pratiqués. Les personnes proposant des services s'appuyant sur l'exploitation d'actifs privés, et la plupart du temps sans avoir à se soumettre à des réglementations trop contraignantes, sont plus enclines à pratiquer des tarifs inférieurs à ceux des fournisseurs de services traditionnels (hôtels ou taxis, par exemple) pour des prestations équivalentes.

Graphique 5.14. **Hôtes et nuitées Airbnb aux États-Unis et sur les principaux marchés européens**



Note : Les principaux marchés européens incluent l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et le Royaume-Uni. Le nombre d'hôtes repris dans ce graphique correspond aux hôtes ayant effectivement hébergé des clients.

Source : Airbnb (2017), « Airbnb data for OECD study ».

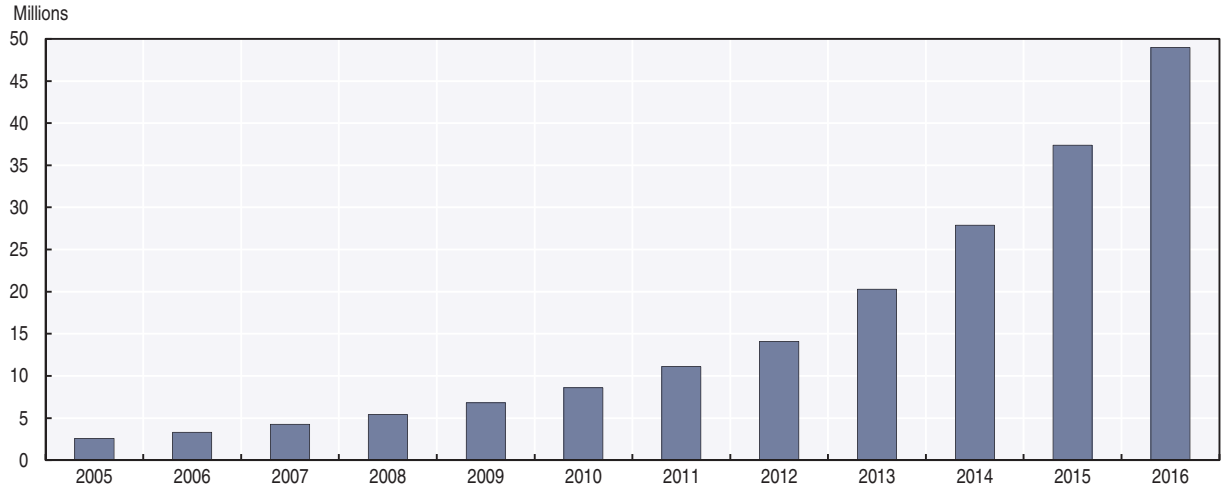
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659766

Les plateformes en ligne se sont également développées dans les marchés sur lesquels les services sont fournis sous forme numérique. Upwork et Freelancer font partie des plus importantes plateformes de ce type. Celles-ci assurent la mise en relation de l'offre et de la demande pour un grand nombre de services principalement à destination des professionnels, de la saisie de données et du soutien administratif à la conception et à la traduction, en passant par le codage ou encore le conseil juridique ou d'entreprise. À elles deux, ces plateformes affichaient en 2016 un nombre d'utilisateurs estimé à 49 millions (graphique 5.15). Fin 2016, Freelancer avait enregistré 10.2 millions d'offres d'emploi, pour une valeur de 3 milliards USD depuis sa création en 2000 (Freelancer, 2017).

Sur ces marchés de plateformes, les utilisateurs peuvent acheter et vendre des biens et services, en principe depuis n'importe où dans le monde, même si les différences de prix, de devise, de langue, de fuseau horaire et autres facteurs (comme la culture) peuvent également favoriser l'emploi de travailleurs locaux, quitte à passer par une plateforme. Les échanges internationaux montrent clairement un déséquilibre en faveur, d'une part, des acheteurs originaires de pays à revenu élevé et, d'autre part, des fournisseurs établis dans des pays à faible revenu. Sur la base des données fournies par Upwork, Agrawal et al. (2015) ont découvert que le nombre d'employeurs était 10 fois plus important dans les pays à

revenu élevé que dans les pays à faible revenu, et qu'à l'inverse le nombre de fournisseurs était 4.5 fois plus important dans les pays à faible revenu que dans les pays à revenu élevé. Sur la plateforme Freelancer, les pays affichant le plus grand nombre d'employeurs étaient également des pays à revenu élevé (selon un classement en part de projets achevés en 2015), soit les États-Unis, l'Australie, le Royaume-Uni, l'Inde, le Canada et l'Allemagne (Freelancer, 2016a). Sur Upwork, les États-Unis – qui disposent d'un marché intérieur important et où la plateforme est bien développée – apparaissent en tête non seulement des dépenses par employeur, mais aussi des bénéfices par travailleur indépendant (Upwork, 2015).

Graphique 5.15. **Utilisateurs inscrits sur les plateformes Upwork et Freelancer**



Note : Ce graphique inclut des valeurs extrapolées pour Upwork sur la base des taux de croissance annuels les plus récents. Le nombre d'utilisateurs inscrits correspond à la somme des utilisateurs enregistrés sur les deux plateformes.

Source : Estimations de l'OCDE fondées sur les données fournies par Upwork (2015), « Online work report 2014 », *http://elance-odesk.com/online-work-report-global* (consulté le 3 novembre 2015) et Freelancer (2016b), « Freelancer data for OECD study ».

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659785*

Seuls quelques pays ont pour le moment saisi l'ampleur du succès des plateformes en ligne auprès des particuliers. Au Canada, entre novembre 2015 et octobre 2016, 7 % de la population des 18 ans et plus a fait appel à un service de transport avec chauffeur de pair à pair (*peer-to-peer* ou P2P) et 4.2 % a utilisé des services d'hébergement privé. Sur la même période, 0.3 % de cette population proposait des services de transport avec chauffeur de P2P et 0.2 % des services d'hébergement privé (Statistique Canada, 2017). Au Danemark, 3.3 % de la population des 16 ans et plus avait utilisé l'internet à titre privé pour proposer à la location une chambre, un appartement, une maison ou une villa par le biais d'une page web dédiée ou d'une plateforme en ligne (comme Airbnb) au cours de l'année précédente ; 10 % avait par ailleurs loué un tel hébergement au Danemark et 21 % un hébergement à l'étranger. Les services de covoiturage ou d'autopartage étaient utilisés par 6 % de la population à l'intérieur du Danemark et par 2 % à l'étranger (Statistics Denmark, 2015).

D'autres enseignements peuvent être tirés des études privées disponibles, même si les différences de méthodologie ne permettent pas de les comparer de manière optimale. Ainsi, 72 % des adultes aux États-Unis ont utilisé au moins un des 11 services partagés et à la demande sélectionnés, et les travailleurs proposant des services par le biais de plateformes en ligne (comme Uber ou Task Rabbit) représentaient 0.5 % de tous les travailleurs américains en 2015 (Smith, 2016 ; Katz et Krueger, 2016). En Europe, 17 % des particuliers ont eu au moins

une fois recours à des services de plateformes collaboratives, et parmi ce groupe d'utilisateurs 32 % proposaient eux-mêmes des services (5 % au total) (Eurobaromètre, 2016). En Suède et au Royaume-Uni, respectivement 12 % et 11 % des adultes indiquent avoir travaillé via une plateforme de l'« économie du partage » (Eurobaromètre, 2016 ; Uni Europa, 2016 ; Huws et Joyce, 2016).

Le travail sur les marchés de plateformes tend à se caractériser par sa flexibilité et son statut temporaire ou partiel

Les conditions d'exercice (lieu, horaires et modalités) des personnes qui travaillent dans les marchés de plateformes de services sont généralement différentes de celles d'emplois à temps plein, et ressemblent plus souvent à des formes atypiques de travail, qu'il s'agisse de travail temporaire, irrégulier ou à temps partiel, et de situations d'emplois multiples. Pour certains travailleurs, cette évolution peut être synonyme de nouvelles possibilités, mais aussi représenter pour d'autres de réelles difficultés. Certaines personnes – comme les étudiants, les retraités, les femmes non autorisées à travailler dans leur pays ou les personnes souffrant d'un handicap physique en télétravail – tirent pleinement parti de cette grande flexibilité, que ce soit en termes d'horaires ou de lieu de travail. Pour d'autres, ce manque de stabilité dans leur emploi peut poser certains problèmes, notamment les travailleurs indépendants dont les revenus proviennent principalement de leur activité sur les plateformes, par exemple au niveau de leur protection sociale, de leur assurance maladie, de leur formation ou du développement de leur carrière (OCDE, 2016c).

La nature flexible et irrégulière du travail assuré via les plateformes ne fait aucun doute dans la plupart des marchés pour lesquels des données sont disponibles. Ainsi, dans les principaux marchés d'Airbnb, les hôtes assuraient en 2016 en moyenne 72 nuitées, et la durée moyenne des séjours était de 4 nuits, ce qui montre que cette forme d'hébergement aurait plus tendance à être proposée de manière intermittente. La même année, les gains annuels d'un hôte dans les principaux marchés d'Airbnb s'élevaient à 3 400 USD en moyenne – une somme faisant plus probablement office de complément de revenus (Airbnb, 2017). Dans le cas d'Uber, les chauffeurs américains et australiens travaillaient en moyenne respectivement 20 heures et 19 heures par semaine (Hall et Krueger, 2015 ; Deloitte, 2016). En France et au Royaume-Uni, les chauffeurs Uber affichent une moyenne hebdomadaire plus élevée, avec 27 heures de travail (Uber, 2016a, 2016b ; Landier, Szomoru et Thesmar, 2016 ; Ifop, 2016). La valeur moyenne des services fournis sur la plateforme Freelancer est de 156 USD, ce qui met en évidence une prestation de service principalement constituée de tâches de faible ampleur, correspondant ainsi plus généralement à du travail intermittent (Freelancer, 2016b).

Il n'est donc pas étonnant que la plupart des travailleurs exerçant sur les marchés de plateformes soient par conséquent des travailleurs à temps partiel ou des personnes cumulant plusieurs activités. Aux États-Unis par exemple, les entrepreneurs indépendants – statut de prédilection de la plupart des chauffeurs Uber professionnels – travaillent soit pour compléter les revenus de leur emploi à temps plein (25 %), pour exercer une activité parallèle (25 %), pour compléter une activité saisonnière (20 %) (par exemple dans le secteur du bâtiment) ou pour investir (8 %) (Bloomberg, 2015 ; 38 % des participants à cette étude étaient des étudiants). Par ailleurs, entre 79 % et 83 % du travail à la demande aux États-Unis est en réalité exercé sous la forme de travail à temps partiel (Intuit, 2015 ; MBO, 2015). Alors qu'en Australie et aux États-Unis les chauffeurs Uber ont tendance à travailler à temps partiel, ils sont en France seulement 11 % à exercer une autre activité en complément de leur emploi de chauffeur, et 8 % travaillent pour Uber en parallèle d'un emploi à temps

plein (Ifop, 2016). Au Royaume-Uni, seuls 24 % des travailleurs passant par des plateformes participatives gagneraient la moitié de leurs revenus par le biais des plateformes en ligne, et 5 % des travailleurs la totalité de leurs revenus (RFS, 2015 ; Huws et Joyce, 2016).

Dans le cas des États-Unis, les profils de revenus peuvent être analysés de manière plus approfondie si l'on prend en compte une étude réalisée par une grande banque américaine sur la base des données d'environ 6 millions de clients (JPMorgan Chase & Co. Institute, 2016). En faisant la distinction entre les plateformes de main-d'œuvre (comme Uber) et les plateformes de capital (comme Airbnb), cette étude a démontré que les gains moyens des activités gérées par des plateformes pour un mois donné représentaient une part importante du revenu total d'un travailleur pour ce mois-là (tableau 5.2), et que ces gains avaient tendance soit à compenser les baisses des revenus non issus des plateformes (phénomène particulièrement vrai pour les services à forte intensité de main-d'œuvre), soit à venir compléter les revenus non issus des plateformes (particulièrement vrai pour les services à forte intensité de capital). La probabilité que les gains issus des plateformes de main-d'œuvre remplacent les revenus non issus de ces plateformes est d'autant plus renforcée par le fait que ces revenus s'avèrent plus élevés lorsque les gains non issus des plateformes sont faibles.

Tableau 5.2. **Marchés de plateformes aux États-Unis : collaboration et recettes**

	Plateformes de main-d'œuvre	Plateformes de capital
Part des mois affichant des gains issus de plateformes[1]	56 %	32 %
Gains mensuels moyens issus de plateformes[2]	533 USD	314 USD
Part des gains issus de plateformes dans le total des revenus[2]	33 %	20 %
Personnes disposant d'un emploi traditionnel avant de s'orienter vers les plateformes	77 %	75 %
Personnes disposant d'un emploi traditionnel après avoir entamé une collaboration avec des plateformes	66 %	61 %
Travailleurs utilisant plusieurs plateformes[3]	14 %	1 %

1. Faisant suite à un taux d'activité supérieur au cours des quatre premiers mois de collaboration avec une plateforme.
2. Au cours des mois où les individus collaboraient de manière active avec une plateforme.
3. Pour le mois de septembre 2015. Cette étude a été réalisée sur la base des données de 260 000 particuliers enregistrant des gains pour leurs activités sur au moins une des 30 plateformes sélectionnées, sur un échantillon de 6 millions de clients disposant d'un compte bancaire actif (affichant au moins 5 débits par mois) entre octobre 2012 et septembre 2015.

Source : JPMorgan Chase & Co. Institute (2016), « Paychecks, paydays, and the online platform economy », *www.jpmorganchase.com/corporate/institute/document/jpmc-institute-volatility-2-report.pdf*.

La même étude indique par ailleurs que les personnes ayant commencé à travailler dans des marchés de plateformes sont moins enclines à occuper des emplois traditionnels, mais qu'elles ne dépendent pas pour autant des plateformes sur la durée. Le tableau 5.2 montre que le nombre d'individus continuant d'occuper des postes traditionnels après avoir commencé à travailler dans un marché de plateformes est moins élevé que le nombre de personnes occupant des postes traditionnels avant d'entrer sur ce type de marché. Néanmoins, une fois que ces individus travaillent activement sur une plateforme, leur dépendance aux recettes issues de celle-ci ne semble pas augmenter particulièrement. Il apparaît d'ailleurs que la fréquence de ces recettes et leur part dans le revenu total des individus restent stables sur la durée (soit 36 mois dans le cadre de cette étude).

La transformation numérique révolutionne le commerce dans son ensemble, et notamment les échanges de services

L'ouverture progressive des échanges multilatéraux et l'émergence qui s'ensuit des chaînes de valeur mondiales ont entraîné de profondes mutations structurelles dans l'économie. Ces chaînes de valeur mondiales, nées d'une plus grande ouverture des échanges et d'une baisse significative du coût des TIC, ont ouvert la voie à de nouvelles possibilités en matière de mise à niveau rapide des technologies, de partage des connaissances et de développement des compétences. Elles ont également favorisé la spécialisation, augmentant ainsi la disponibilité et la diversification des biens et services intermédiaires à des prix inférieurs. Les travaux de l'OCDE ont mis en évidence le rôle essentiel des importations dans l'accélération de la croissance de la productivité intérieure et dans l'amélioration de la compétitivité à l'export des entreprises. Certains obstacles aux importations peuvent empêcher les entreprises d'accéder aux biens et services dont elles ont besoin pour affronter la concurrence internationale (OCDE, 2016g).

Les technologies numériques et la libre circulation des données ont contribué à la croissance des échanges non seulement en réduisant les coûts commerciaux mais aussi en donnant aux entreprises la possibilité de fragmenter la production sur plusieurs pays par le biais de chaînes de valeur mondiales. Cela s'est traduit par une augmentation de la participation aux échanges internationaux, notamment des petites entreprises et dans les secteurs généralement considérés comme non exportateurs. Un accès renforcé aux technologies numériques (y compris à l'internet et aux télécommunications mobiles) peut participer au processus d'internationalisation et permettre à certaines entreprises d'acquérir une « vocation mondiale ». L'internet réduit de manière importante les coûts de prospection (aussi bien au niveau local que mondial), ainsi que le coût d'entrée sur les marchés internationaux. La transformation numérique peut permettre aux entreprises, et notamment aux PME, qui éprouvent généralement des difficultés à pénétrer les marchés internationaux, de sous-traiter les activités coûteuses auprès de partenaires étrangers plus efficaces. Les entreprises s'appuyant sur les nouvelles technologies (PME comprises) sont ainsi davantage susceptibles d'exporter, de commercer avec des destinations différentes et de prospérer sur les marchés.

Les technologies numériques et l'internet ont des répercussions incontestables sur les échanges de services. Ces derniers prennent de plus en plus la forme de données et d'informations transmises à travers les frontières, à l'instar des services infonuagiques proposés aux clients d'un autre pays. Ces services numériques peuvent ainsi être fournis presque gratuitement vers n'importe quelle destination disposant d'un accès à l'internet, ce qui obligera les décideurs à prendre conscience de l'impact des restrictions appliquées aux flux de données transfrontaliers.

Les technologies numériques ont par ailleurs rendu possible une montée en puissance des services, ce qui souligne à quel point l'économie devient dépendante des marchés de services. Cela est notamment visible dans les échanges de produits manufacturés, où les services gagnent en importance en tant qu'éléments d'appui, par exemple lorsque les entreprises ont recours à des services spécialisés de transport et de communication pour coordonner les chaînes de valeur mondiales, ou lorsqu'elles utilisent des services à forte intensité de connaissances pour améliorer les processus de production. En outre, les entreprises manufacturières intègrent de plus en plus à leurs offres de base des services représentant une certaine valeur ajoutée pour leurs clients (phénomène de « servicisation »).

John Deere, par exemple, propose aux agriculteurs des fonctions d'analyse en temps quasi réel des données clés relatives à leur exploitation par le biais d'équipements agricoles intégrés (encadré 5.1). Ces évolutions contribuent à l'intensification des échanges de biens et services, mais la servicisation soulève également des questions sur les engagements qui doivent s'appliquer dans le cadre des règles fixées par l'Organisation mondiale du commerce, laquelle distingue de fait les échanges de biens (couverts par l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce) et les échanges de services (qui font l'objet de l'Accord général sur le commerce des services).

Dans cet environnement en constante évolution, les décideurs s'interrogent de plus en plus sur les moyens de concrétiser les possibilités offertes par la transformation numérique et de faire en sorte qu'elles soient partagées de manière inclusive. Le monde du commerce essaie ainsi de comprendre par quels biais le numérique transforme les échanges internationaux. Parallèlement à cela, et notamment en raison de la nature changeante de la transformation numérique, une définition commune des « échanges numériques » a été établie. L'OCDE travaille actuellement sur un cadre d'analyse spécifique aux « échanges numériques » afin d'aider la recherche, d'accompagner les efforts d'amélioration en matière de mesure des échanges dans un monde numérique, et de permettre une meilleure identification des conséquences pour l'action des pouvoirs publics (OCDE, à paraître). Même s'il faudra du temps pour mettre au point des mesures solides et concrètes, certaines statistiques existantes permettent déjà d'étudier différents aspects des échanges à l'ère du numérique.

Les exportations manufacturières dépendent à divers degrés des biens et services TIC

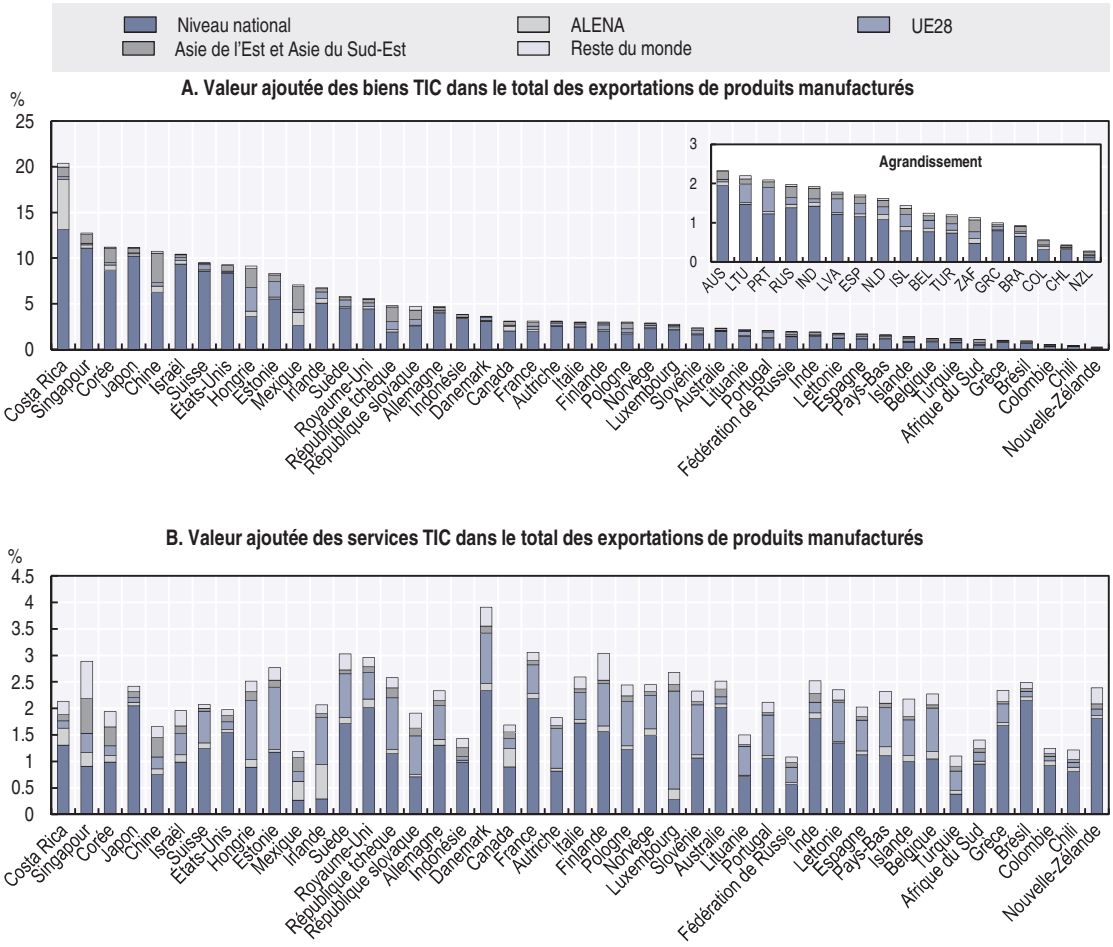
Les données disponibles sur le commerce des biens et services TIC montrent bien l'apport du secteur des TIC à la production de biens manufacturés. D'après la base de données de l'OCDE sur les échanges en valeur ajoutée (*Trade in Value-Added* [TiVA]), le secteur des TIC (biens et services) représentait 6.7 % de la valeur ajoutée totale intégrée dans les exportations manufacturières des pays de l'OCDE en 2011[13]. Cette part s'avère légèrement supérieure (6.9 %) si l'on inclut différentes économies partenaires de l'OCDE[14]. Le contenu relevant des TIC dans les exportations présente d'importantes variations selon les économies, de 22.5 % au Costa Rica et plus de 12 % notamment à Singapour et au Japon, à moins de 3 % en Nouvelle-Zélande et au Chili. Sur la valeur ajoutée totale des TIC dans les exportations de produits manufacturés des pays de l'OCDE, environ deux tiers proviennent des biens TIC manufacturés, c'est-à-dire d'ordinateurs et d'articles électroniques et optiques (4.4 % de la valeur ajoutée totale). Quant aux services TIC (dont les services aux entreprises, informatiques, postaux ou de télécommunications), ils représentent globalement les 2.3 % restants. Si l'on se penche uniquement sur les économies partenaires de l'OCDE, l'importance relative des biens TIC reste plus élevée, à hauteur de 5.8 % sur les 7.5 % de la valeur ajoutée des TIC intégrée aux exportations.

Les pays dont la valeur ajoutée des produits TIC représente une part importante des exportations manufacturières ne comptent pas nécessairement dans leurs exportations une part importante de valeur ajoutée pour les services TIC, et inversement (graphique 5.16)[15]. Parmi les pays considérés, ceux affichant le contenu manufacturier de TIC le plus important dans leurs exportations sont le Costa Rica (20.4 %), Singapour (12.7 %), la Corée et le Japon (tous deux à 11.2 %). De leur côté, la Nouvelle-Zélande et le Chili enregistrent les plus faibles taux de valeur ajoutée pour le contenu manufacturier de TIC dans leurs

exportations, respectivement à hauteur de 0.3 % et 0.4 %. Le Danemark est le pays qui affiche le plus haut taux de contenu en services TIC dans ses exportations (3.9 %). Enfin, la Fédération de Russie et la Turquie (toutes deux à 1.1 %) enregistrent quant à elles la part la plus faible de valeur ajoutée des services TIC. Dans l'ensemble, les écarts entre ces différents pays s'avèrent moins marqués pour les services TIC intégrés que pour les biens TIC.

Graphique 5.16. **Biens et services TIC dans les exportations manufacturières**

Par pays ou région d'origine de la valeur ajoutée, 2011



Note : Partie A : ALENA = Accord de libre-échange nord-américain. Les biens TIC sont estimés en prenant en compte les divisions 30, 32 et 33 de la CITI rév. 3. L'Asie de l'Est et l'Asie du Sud-Est regroupent les pays suivants : Brunéi Darussalam ; Cambodge ; Corée ; Hong Kong, Chine ; Indonésie ; Japon ; Malaisie ; Philippines ; République populaire de Chine (reprise sous l'appellation « Chine » dans le graphique) ; Singapour ; Taipei chinois ; Thaïlande et Viet Nam.

Partie B : ALENA = Accord de libre-échange nord-américain. Les services TIC sont estimés en prenant en compte les divisions 64 et 72 de la CITI rév. 3. L'Asie de l'Est et l'Asie du Sud-Est regroupent les pays suivants : Brunéi Darussalam ; Cambodge ; Corée ; Hong Kong, Chine ; Indonésie ; Japon ; Malaisie ; Philippines ; République populaire de Chine (reprise sous l'appellation « Chine » dans le graphique) ; Singapour ; Taipei chinois ; Thaïlande et Viet Nam.

Source : OCDE, « Origin of value added in gross exports (by source economy and industry) », *Mesurer les échanges en valeur ajoutée* (base de données), *http://oe.cd/tiva* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659804*

Le graphique 5.16 propose une décomposition plus fine du contenu en valeur ajoutée des TIC par origine. Dans l'ensemble, les pays de l'OCDE et les économies partenaires prises en compte réalisent environ deux tiers du contenu en valeur ajoutée des TIC

dans les exportations au niveau national et un tiers en provenance de l'étranger. Les pays dont la valeur ajoutée des TIC dans les exportations au niveau national est la plus élevée (souvent synonyme de marchés intérieurs de grande taille) sont le Japon (90 % de la valeur ajoutée totale des TIC intégrée aux exportations) et les États-Unis (88 %). Le Mexique (35 %) et la Hongrie (39 %) affichent une part de valeur ajoutée des TIC dans les exportations au niveau national relativement faible, faisant écho à une part de contenus relevant des TIC dans les exportations depuis l'étranger relativement importante[16].

Les services (TIC et autres) sont essentiels à l'économie, mais d'importantes restrictions sont toujours en vigueur dans certains pays

Les échanges de services ont fortement gagné en importance dans le débat mondial sur les politiques publiques. D'après la base de données *TiVA* de l'OCDE sur les échanges en valeur ajoutée, les services représentent quasiment la moitié des exportations mondiales en termes de valeur ajoutée. Les transports, la logistique, la finance, les communications et autres services professionnels et à l'intention des entreprises s'avèrent primordiaux pour les échanges de biens transnationaux et la bonne coordination des chaînes de valeur mondiales.

Des services efficaces, et en particulier les services TIC, permettent de stimuler la productivité, les échanges et la compétitivité dans l'ensemble de l'économie, qu'il s'agisse de la production manufacturière ou des services. Les études montrent que les restrictions qui touchent notamment au commerce de services informatiques et de télécommunications ont des effets négatifs sur les échanges de produits manufacturés (Nordås et Rouzet, 2015). L'augmentation du nombre de connexions à l'internet est corrélée avec l'augmentation des exportations de produits de marque à des prix supérieurs dans différents secteurs de la production manufacturière, et en particulier celui des appareils électroniques. D'après certaines estimations, une augmentation de 10 % de la densité des télécommunications entraînerait une hausse de 2 % à 4 % des prix à l'exportation dans le secteur de l'électronique, ainsi qu'une intensification des échanges intra-branche dans ce secteur de 7 % à 9 %, suivant la densité d'origine (OCDE, 2014c).

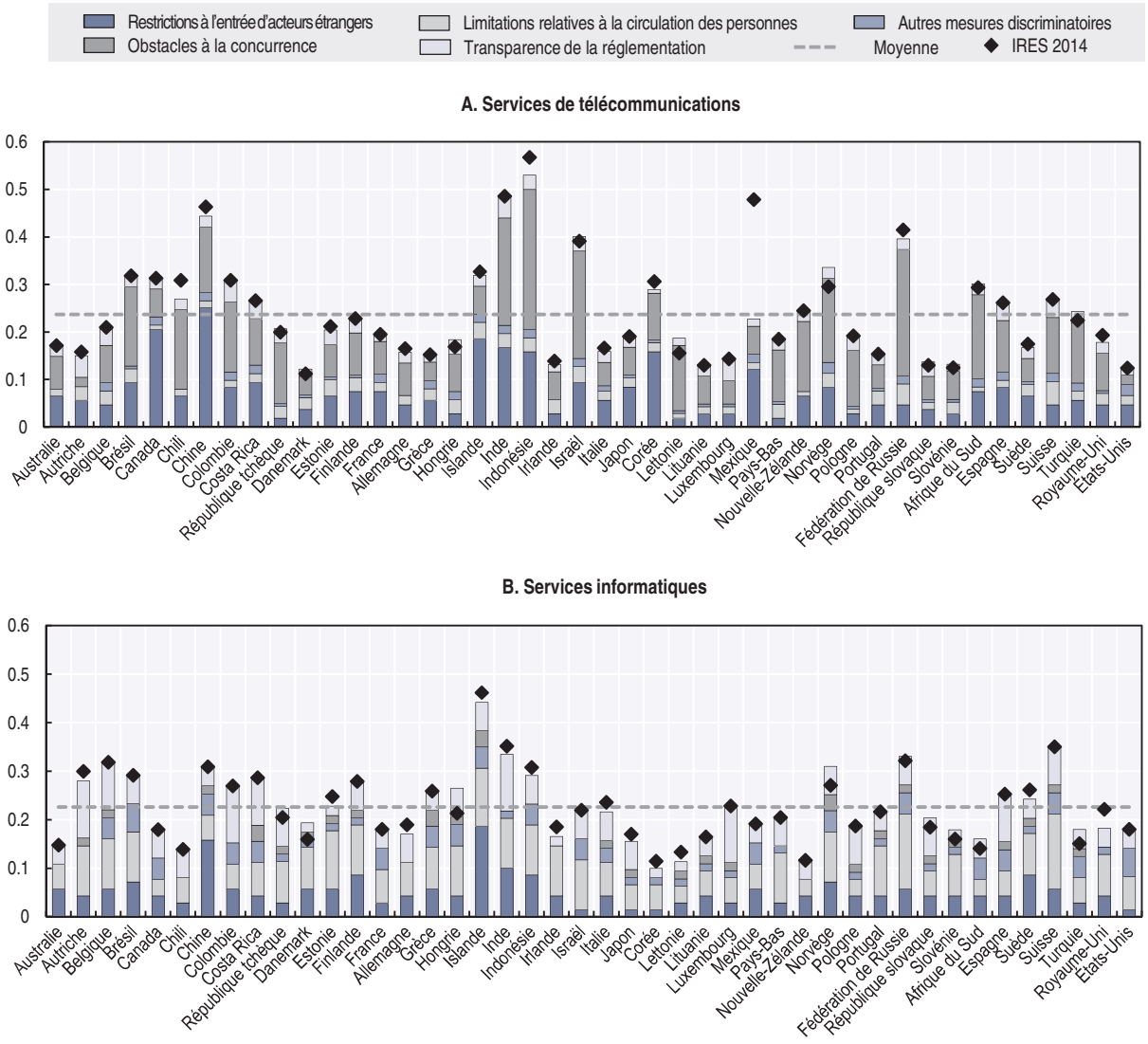
L'Indice de restrictivité des échanges de services (IRES) de l'OCDE se concentre sur différentes industries de services particulièrement importantes en termes d'échanges dans un monde de plus en plus imprégné par le numérique (comme les services informatiques et de télécommunications), ainsi que sur des secteurs faisant partie intégrante des chaînes de l'offre qui sous-tendent ces échanges (comme les services financiers, logistiques ou de distribution)[17]. Pour les services de télécommunications (graphique 5.17, partie A), l'IRES montre que les restrictions à l'entrée d'acteurs étrangers et les obstacles à la concurrence restent très présents dans de nombreux pays. Certaines des restrictions les plus courantes sont les limitations à la participation étrangère au capital, la détention par l'État des principaux fournisseurs, les procédures d'examen des investissements étrangers, et les obligations de nationalité ou de résidence pour les administrateurs ou responsables.

Dans la mesure où les télécommunications sont une industrie de réseau à forte intensité de capital, l'accès à des installations essentielles et les frais de changement de prestataire pourraient jouer en faveur des entreprises déjà en place. Ces imperfections du marché peuvent représenter d'importants obstacles à l'entrée, même en l'absence de restrictions

explicites en ce sens. L'instauration d'une réglementation favorable à la concurrence est par conséquent considérée comme un problème de politique commerciale dans les télécommunications, lequel est abordé dans le « Document de référence des services de télécommunication » de l'Organisation mondiale du commerce, ainsi que dans un certain nombre d'accords commerciaux régionaux. L'absence d'une réglementation favorable à la concurrence est considérée comme un obstacle supplémentaire dans les situations où un opérateur existant jouit d'une position dominante sur le marché.

Graphique 5.17. **Indice de restrictivité des échanges de services de l'OCDE, 2016**

1 = Restrictivité maximale



Note : L'Indice de restrictivité des échanges de services (IRES) définit des valeurs entre 0 et 1, sachant que 1 correspond à une restrictivité maximale. Ces valeurs sont calculées à partir de la base de données sur les réglementations de l'IRES, laquelle enregistre des mesures fondées sur le principe de la nation la plus favorisée. Les accords commerciaux préférentiels sont ignorés. L'exactitude des données a été validée par les pays de l'OCDE et la Fédération de Russie. Chine = République populaire de Chine.

Source : OCDE, *Indice de restrictivité des échanges de services (IRES)* (base de données), *www.oecd.org/tad/services-trade/services-trade-restrictiveness-index.htm* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659823

L'IRES simplifie également le suivi de l'évolution des politiques publiques sur la durée. Si l'on compare la situation avec celle de 2014, il apparaît que différents pays ont engagé des réformes significatives en la matière. Le Mexique, par exemple, a supprimé les restrictions aux participations étrangères et mis en œuvre une réglementation *ex ante* favorable à la concurrence[18]. Les analyses réalisées font apparaître un lien étroit entre les restrictions aux échanges de services dans le secteur des télécommunications et la densité des réseaux de télécommunications. Autrement dit, plus les marchés des télécommunications sont ouverts, plus le secteur manufacturier sera compétitif (Nordås et Rouzet, 2015 ; OCDE, 2014c).

Dans le cas des services informatiques (graphique 5.17, partie B), les restrictions commerciales les plus courantes sont celles qui s'appliquent à l'ensemble de l'économie et entravent la création d'entreprises de services informatiques dans l'économie d'accueil (restrictions sur les formes juridiques, obligations de résidence pour les administrateurs, procédures d'examen des investissements, etc.). Bien que les services informatiques puissent facilement être échangés à l'échelle mondiale, ces opérations sont généralement accompagnées de visites sur site dans les locaux des clients, que ce soit dans le cadre de déplacements professionnels à des fins de soutien technique, ou encore de missions plus longues destinées par exemple à adapter un logiciel aux besoins d'un client ou à dispenser des formations. Les limitations relatives à la circulation des personnes jouent un rôle important dans les notes de l'IRES, puisqu'elles comptent pour presque 35 % du score total pour ce secteur. D'après l'IRES, 8 pays ont mis en place des quotas pour au moins une des 3 catégories d'individus concernés (personnes transférées au sein d'une entreprise, prestataires de services contractuels et prestataires de services indépendants), alors que 37 pays procèdent à un examen des besoins économiques pour les séjours de 3 à 6 mois. La durée des séjours est fixée à 3 ans maximum dans 34 pays.

Sur la période 2014-16, 13 pays sont parvenus à réduire leur score (baisse de la restrictivité) et 9 se sont vu affecter un score plus élevé (augmentation de la restrictivité). Ces modifications s'expliquent en grande partie par la mise en œuvre de réformes touchant l'ensemble de l'économie. Dans la plupart des cas, la baisse des scores est la conséquence d'une amélioration des procédures administratives. Pour les scores ayant augmenté, cette évolution est principalement due à une limitation plus stricte de la circulation des personnes.

Notes

1. Ces caractéristiques de volume, de vitesse et de variété sont regroupées sous l'appellation des « 3 V » des données massives. Cependant, cette définition repose sur des propriétés techniques liées à l'évolution des méthodes de stockage et de traitement des données les plus récentes et qui, par conséquent, sont en état de flux constant. D'aucuns revendiquent l'existence d'un quatrième « V » pour « valeur », laquelle correspondrait à la valeur économique et sociale croissante des données (OCDE, 2013a).

2. Ces estimations ne doivent toutefois pas être généralisées, et ce, pour différentes raisons. D'abord, les effets présumés de l'innovation fondée sur les données varient selon les secteurs et dépendent de facteurs complémentaires, comme la disponibilité des compétences et des savoir-faire, mais aussi la disponibilité et la qualité – soit la pertinence et le caractère opportun – des données utilisées. Par ailleurs, le principal défaut de ces études est qu'elles sont souvent marquées par un certain manque de rigueur. Il n'est par exemple pas précisé si les entreprises ayant recours à l'innovation fondée sur les données sont devenues plus productives de ce fait ou si elles étaient déjà plus productives que les autres. En outre, ces études envisagent rarement l'éventualité où certaines entreprises auraient observé une baisse de leur productivité due à l'innovation fondée sur les données, et ainsi choisi de suspendre leurs investissements dans ces technologies.

3. Alors que les entreprises de l'internet figurant parmi les 250 premières entreprises du secteur des TIC généraient en moyenne plus de 1 million USD de recettes annuelles par salarié en 2012 et plus de 800 000 USD en 2013, les autres entreprises de ce classement généraient quant à elles entre 200 000 USD (sociétés de services informatiques) et 500 000 USD (sociétés de logiciels) (OCDE, 2015a).

4. Comme l'expliquent Mayer-Schönberger et Cukier (2013), mettre un élément en données signifie le transposer sous forme de chiffres, de sorte à pouvoir le classifier et l'analyser.

5. Le cas de Thomson Reuters est un excellent exemple. Cette société est passée d'une solution de gestion interne des données à une plateforme d'information collaborative fondée sur les données ouvertes, dans le but de renforcer la relation avec les clients, améliorer la qualité des données et stimuler l'adoption des produits existants (Open Data Institute, 2016). Par cette approche, Thomson Reuters a également pu optimiser la valeur d'option de ses données et des produits connexes, malgré le haut niveau d'incertitude quant à l'éventuelle future valeur marchande de ces produits. Comme l'indique Dan Meisner, directeur des Services de données pour les entreprises (Enterprise Data Services), les clients attribuent à ces données une très forte valeur, mais d'un point de vue commercial, déterminer cette valeur est tout sauf évident (Open Data Institute, 2016).

6. Voir par exemple *http://edison-project.eu*.

7. Cela représente une croissance moyenne en glissement annuel de 1.7 %. Cette capacité de croissance découle de la somme de la valeur ajoutée supplémentaire estimée pour les secteurs du génie mécanique (23 milliards EUR à un taux de croissance en glissement annuel de 2.21 %), électrique (13 milliards EUR, + 2.21 %), automobile (15 milliards EUR, + 1.53 %), chimique (12 milliards EUR, + 2.21 %), agricole (3 milliards EUR, + 1.17 %) et des TIC (14 milliards EUR, + 1.17 %).

8. Cette estimation se base sur les données de valeur ajoutée par secteur fournies par le Bureau d'analyse économique américain, dans la base de données *GDP by industry* (PIB par secteur) : *www.bea.gov/iTable/iTable.cfm?ReqID=51&step=1#reqid=51&step=51&isuri=1&5114=a&5102=1*.

9. Cette étude de l'université de Fort Hays State utilise un outil mathématique d'évaluation. Un total de 1 445 champs répartis dans trois États différents ont été examinés, représentant l'équivalent de 54 938 hectares.

10. L'agriculture contractuelle peut être définie comme une production agricole mise en œuvre sur la base d'un accord entre un acheteur et des agriculteurs, déterminant les conditions relatives à la production et à la vente de produits issus de l'agriculture. Généralement, un agriculteur s'engage à fournir une quantité définie d'un produit agricole spécifique (FAO, 2012).

11. On estime que d'ici à 2030, 8 milliards de personnes et jusqu'à 25 milliards d'appareils « intelligents » seront interconnectés au sein d'un immense réseau d'informations, ouvrant la voie à l'émergence d'un superorganisme intelligent exploitant l'internet comme un système nerveux numérique mondial (Radermacher et Beyers, 2007 ; O'Reilly, 2014).

12. D'après Becker (2012), les clauses de blocage sont utilisées lorsqu'un contrat unissant un prestataire de services infonuagiques et un client est résilié de façon irrégulière par ce client, afin de permettre au prestataire de conserver ces données jusqu'à ce que ledit client se soit acquitté des frais de résiliation applicables ou ait indemnisé le prestataire pour le manque à gagner occasionné par le paiement de dommages et intérêts. Néanmoins, dans certains cas, ces dispositions de blocage des données peuvent être exploitées pour imposer à un client des frais supplémentaires ou le dissuader de changer de prestataire.

13. En 2008, l'OCDE mettait à jour sa classification originale des biens et services TIC (datant de 2003), proposant que l'appellation « TIC » soit réservée aux biens et services lorsqu'ils sont essentiellement destinés à remplir des fonctions de traitement et de communication de l'information par des moyens électroniques, y compris la transmission et l'affichage. Cette classification s'appuie sur des définitions existantes du secteur des TIC et s'applique donc directement aux statistiques officielles. Les différences entre les classifications de 2008 et de 2003 résident principalement dans les modifications sous-jacentes de la classification par industrie détaillées par l'OCDE (2009). Dans la mesure où de nombreuses bases de données statistiques utilisent encore les anciennes classifications par industrie, la définition de 2003 reste parfois utilisée. Voir CNUCED (2009) pour un examen approfondi.

14. Les pays partenaires de l'OCDE inclus dans ce cas sont l'Afrique du Sud, le Brésil, la Colombie, le Costa Rica, la Fédération de Russie, l'Inde, l'Indonésie, la Lituanie, la République populaire de Chine et Singapour.

15. La part réelle de la valeur ajoutée des services TIC intégrée aux exportations peut être supérieure à celle indiquée dans le graphique. Cela s'explique par le fait que la totalité de la valeur ajoutée générée par les entreprises en interne est attribuée au principal secteur d'activité de chaque entreprise. Ainsi, bien que les services TIC externalisés soient pris en compte dans le graphique, les mêmes types de services produits en interne ne le sont pas. Les écarts entre les pays peuvent par conséquent refléter des différences de degrés d'externalisation et ne pas correspondre exactement à leurs niveaux réels d'utilisation de services TIC.

16. Les analyses montrent qu'une part de marché intérieur importante dans la valeur ajoutée reflète en partie la taille du marché national, l'existence de pratiques restrictives en matière d'échanges, un certain éloignement des pôles d'activité économique et une spécialisation sectorielle du pays. Cette caractéristique ne devrait pas nécessairement être réduite à une question de compétitivité.

17. Les restrictions applicables aux échanges de services dans des secteurs particuliers soutenant le commerce dans le monde numérique (comme les télécommunications et les services informatiques) affectent non seulement ces secteurs, mais également d'autres secteurs qui exploitent ces services. Par exemple, les restrictions aux transferts de données peuvent avoir des répercussions sur la fourniture des services financiers.

18. De plus amples détails sur les scores de l'IRES pour le secteur des télécommunications sont disponibles dans le document « STRI Sector Brief : Telecommunications », *www.oecd.org/tad/services-trade/STRI_telecommunications.pdf*.

Références

Agrawal, A. et al. (2015), « Digitization and the contract labour market: A research agenda », chapitre 8 in Goldfarb, A., S. Greenstein et C. Tucker (dir. pub.), *Economic Analysis of the Digital Economy*, pp. 219-250, *www.nber.org/chapters/c12988*.

Agweb (2015), « John Deere to purchase precision planting », *Agweb*, 4 novembre, *www.agweb.com/article/john-deere-to-purchase-precision-planting-naa-agwebcom-editors* (consulté le 13 avril 2017).

Airbnb (2017), « Airbnb data for OECD study », données internes, Paris.

American Farm Bureau Federation (sans date), « Privacy and security principles for farm data », *www.fb.org/issues/technology/data-privacy/privacy-and-security-principles-for-farm-data* (consulté le 21 juin 2017).

Arntz, M., T. Gregory et U. Zierahn (2016), « The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en*.

Arthur, L. (2016), « Getting the right team on the field: Creating an advantage by connecting people, equipment, technology, and insights », présentation, John Deere, *https://infoag.org/presentations/2215.pdf*.

Autor, D.H. (2015), « Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, n° 3, été, pp. 3-30, *http://dx.doi.org/10.1257/jep.29.3.3*.

Autor, D.H. (2013), « The "task approach" to labor markets: An overview », *Journal for Labour Market Research*, vol. 46, n° 3, pp. 185-199.

Autor, D.H. et D. Dorn (2013), « The growth of low-skill service jobs and the polarization of the U.S. labor market », *American Economic Review*, vol. 103, n° 5, pp. 1 553-1 597, *www.jstor.org/stable/42920623*.

Autor, D.H., L.F. Katz et M.S. Kearney (2008), « Trends in US wage inequality: Revising the revisionists », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 90, n° 2, pp. 300-323.

Autor, D.H., L.F. Katz et M.S. Kearney (2006), « The polarization of the U.S. labor market », *American Economic Review*, vol. 96, n° 2, pp. 189-194, *http://dx.doi.org/10.1257/000282806777212620*.

Bakhshi, H., A. Bravo-Biosca et J. Mateos-Garcia (2014), « Inside the datavores: Estimating the effect of data and online analytics on firm performance », Nesta, *www.nesta.org.uk/sites/default/files/inside_the_datavores_technical_report.pdf* (consulté le 13 mai 2015).

Banham, R. (2014), « Who owns farmers' big data? », ForbesBrandVoice, 8 juillet, *www.forbes.com/sites/emc/2014/07/08/who-owns-farmers-big-data* (consulté le 4 mai 2017).

Barua, A., D. Mani et R. Mukherjee (2013), « Impacts of effective data on business innovation and growth », chapitre 2 d'une étude en trois parties, University of Texas, Austin (consulté le 20 mai 2015).

Becker, M.B. (2012), « Interoperability case study: Cloud computing », *The Berkman Center for Internet & Society Research Publication*, n° 2012-11, avril, *http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2046987*.

Bessen, J.E. (2015), « How Computer Automation Affects Occupations: Technology, Jobs, and Skills », *Boston Univ. School of Law, Law and Economics Research Paper* n° 15-49, *http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2690435*.

Big Data Startups (2013), « Walmart is making big data part of its DNA », *www.bigdata-startups.com/BigData-startup/walmart-making-big-data-part-dna* (consulté le 13 avril 2017).

BITKOM et Fraunhofer (2014), « Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland » [Industrie 4.0 – Potentiel macroéconomique de l'Allemagne], *www.bitkom.org/files/documents/Studie_Industrie_4.0.pdf*.

Blanchenay, P. et al. (à paraître), « Cross-country evidence on business dynamics over the last decade: From boom to gloom? », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris.

Bloomberg (2015), « The sharing economy », Bloomberg Briefs, juin, *https://newsletters.briefs.bloomberg.com/document/4vz1acbgfrxz8uwan9/front* (consulté le 3 novembre 2015).

Brynjolfsson, E. et al. (2008), « Scale without mass: Business process replication and industry dynamics », *Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Research Paper*, n° 07-016, *http://ebusiness.mit.edu/research/papers/2008.09_Brynjolfsson_McAfee_Sorell_Zhu_Scale%20Without%20Mass_285.pdf*.

Brynjolfsson, E., L.M. Hitt et H.H. Kim (2011), « Strength in numbers: How does data-driven decisionmaking affect firm performance? », Social Science Research Network, *http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1819486*.

Brynjolfsson, E. et A. McAfee (2011), *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Digital Frontier Press, Lexington, Massachussetts.

Burson-Marsteller (2017), « Twiplomacy study 2017 », *http://twiplomacy.com/blog/twiplomacy-study-2017* (consulté le 22 juin 2017).

Burson-Marsteller (2014), « Twiplomacy study 2014 », *http://twiplomacy.com/blog/twiplomacy-study-2014* (consulté le 13 avril 2017).

Byrne, D. et C. Corrado (2016), « ICT asset prices: Marshaling evidence into new measures », *Conference Board Economics Program Working Paper Series*, n° 16-06.

CB Insights (2015), « Startups valued at more than $1 bn », repris par *The Economist*, 25 juillet.

CEPS (2014), « Shaping the integrated infrastructures of cities », présentation lors de l'atelier IEC CEPS « Orchestrating Smart City Efficiency », Centre for European Policy Studies.

Civity (2014), « Urban mobility in transition? », *matters*, n° 1, Civity Management Consultants, Berlin.

CNUCED (2009), « Manuel pour la production de statistiques sur l'économie de l'information », UNCTAD/SDTE/ECB/2007/2/REV.1, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, Nations Unies, New York et Genève, *http://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/sdteecb20072rev1_fr.pdf*.

Coase, R.H. (1960), « The problem of social cost », *The Journal of Law and Economics*, vol. III, pp. 1-44, *http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sres.3850090105/abstract*.

Coase, R.H. (1937), « The nature of the firm », *Economica*, New Series, vol. 4, n° 16, novembre, pp. 386-405, *http://dx.doi.org/10.2307/2626876*.

Columbia University (2011), « One million community health workers », Technical Task Force Report, The Earth Institute, Columbia University, *www.millenniumvillages.org/uploads/ReportPaper/1mCHW_TechnicalTaskForceReport.pdf*.

Comstock, J. (2014), « Survey: 32 percent of mobile device owners use fitness apps », mobi health news, 29 janvier, *www.mobihealthnews.com/29358/survey-32-percent-of-mobile-device-owners-use-fitness-apps* (consulté le 12 avril 2017).

DAES (2017), *World Population Prospects: The 2015 Revision*, édition DVD, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population, New York.

Davidson, P. (2012), « 3-D printing could remake US manufacturing », *USA Today*, 10 juillet, *http://usatoday30.usatoday.com/money/industries/manufacturing/story/2012-07-10/digital-manufacturing/56135298/1*.

Deloitte (2016), « Economic effects of ridesharing in Australia », Uber and Deloitte Access Economics, *https://www2.deloitte.com/au/en/pages/economics/articles/economic-effects-ridesharing-australia-uber.html*.

DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2015), « Private Konsumausgaben – Deutschland » [Dépenses de la consommation privée – Allemagne], page web, *www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/Konsumausgaben/Tabellen/PrivateKonsumausgaben.html* (consulté le 21 juin 2017).

Elliot, S.W. (2014), « Anticipating a luddite revival », *Issues in Science and Technology*, vol. XXX/3, printemps, *http://issues.org/30-3/stuart* (consulté le 23 mai 2016).

ENoLL (2014), « About ENoLL », page internet, *www.openlivinglabs.eu/aboutus*.

EPRI (Electric Power Research Institute) (2011), « Estimating the costs and benefits of the smart grid », Electric Power Research Institute, Palo Alto, Californie, *https://www.smartgrid.gov/files/Estimating_Costs_Benefits_Smart_Grid_Preliminary_Estimate_In_201103.pdf*.

Eunoia (2012), « Urban models for transportation and spatial planning: State-of-the-art and future challenges », EUNOIA Consortium, *www.nommon-files.es/working_papers/EUNOIA_PositionPaper_Oct2012.pdf*.

Eurobaromètre (2016), « Flash Eurobarometer 438: The use of collaborative platforms », Union européenne, *https://data.europa.eu/euodp/fr/data/dataset/S2112_438_ENG* (consulté le 13 avril 2017).

e-control (2011), « Next steps for smart grids: Europe's future electricity system will save money and energy », communiqué de presse, *www.e-control.at/documents/20903/-/-/633895a3-d5d0-4866-865c-26b785bd1d0d* (consulté le 29 août 2017).

FAO (2012), « Guiding Principles for Responsible Contract Farming Operations », Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, *www.fao.org/docrep/016/i2858e/i2858e.pdf*.

FIT (2017), « Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport », Forum international des transports, *https://www.itf-oecd.org/managing-transition-driverless-road-freight-transport*.

FIT (2014), « Urban Mobility: System Upgrade », Forum international des transports et Comité de partenariat d'entreprise, *www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf*.

Fortune (2015), « The unicorn list », Fortune.com, *http://fortune.com/unicorns* (consulté le 3 novembre 2015).

Freelancer (2017), « 2016 Annual Report », *www.freelancer.com/investor* (consulté le 23 juin 2017).

Freelancer (2016a), « Freelancer Limited – FY 2015 full year results presentation », *https://www.freelancer.com/files/download/27609216/FLN%20FY15%20Results%20Presentation.pdf*.

Freelancer (2016b), « Freelancer data for OECD study », données internes.

Frey, C.B. et M.A. Osborne (2013), « The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? », *OMS Working Papers*, Oxford Martin Programme on the Impact of Future Technology, *www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf*.

Frischmann, B.M. (2014), « Human-focused turing tests: A framework for judging nudging and techno-social engineering of human beings », *Cardozo Legal Studies Research Papers*, n° 441, *http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2499760*.

Goos, G. et al. (2011), *The Future of the Internet*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 431-447, *www.springer.com/la/book/9783642208973#aboutBook*.

Gordon, R.J. (2016), *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living Since the Civil War*, Princeton Press, Princeton, New Jersey.

Gordon, R.J. (2012), « Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds », *CEPR Policy Insight*, n° 63, *www.cepr.org/sites/default/files/policy_insights/PolicyInsight63.pdf*.

Hall, J. et A. Krueger (2015), « An analysis of the labor market for Uber's driver-partners in the United States », Working Papers, Princeton University, Industrial Relations Section, n° 587, *http://dataspace.princeton.edu/jspui/handle/88435/dsp010z708z67d* (consulté le 3 novembre 2015).

Heinen, S. et al. (2011), « Impact of smart grid technologies on peak load to 2050 », *IEA Energy Papers*, n° 2011/11, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5kg5dlknt48s-en*.

Huws, U. et S. Joyce (2016), « Size of the UK's "gig economy" », Crowd Working Survey, février, *www.feps-europe.eu/assets/a82bcd12-fb97-43a6-9346-24242695a183/crowd-workingsurveypdf.pdf*.

Hynninen, S.-M., J. Ojala et J. Pehkonen (2013), « Technological change and wage premiums: Historical evidence from linked employer-employee data », *Labour Economics*, vol. 24/C, pp. 1-11, *https://doi.org/10.1016/j.labeco.2013.05.006*.

Ifop (2016), « Enquête auprès des partenaires chauffeurs actifs sur Uber », Ifop et Uber, *www.ifop.com/?option=com_publication&type=poll&id=3277* (consulté le 22 février 2016).

IMS Institute for Healthcare Informatics (2015), « IMS Health Study: Patient Options Expand as Mobile Healthcare Apps Address Wellness and Chronic Disease Treatment Needs », *www.imshealth.com/en/about-us/news/ims-health-study:-patient-options-expand-as-mobile-healthcare-apps-address-wellness-and-chronic-disease-treatment-needs* (consulté le 17 août 2017).

Intuit (2015), « Intuit forecast: 7.6 million people in on-demand economy by 2020 », BusinessWire, *www.businesswire.com/news/home/20150813005317/en* (consulté le 3 novembre 2015).

Jackson, K. (1993), « The world's first motel rests upon its memories », *Seattle Times*, 25 avril, *http://community.seattletimes.nwsource.com/archive/?date=19930425&slug=1697701*.

Jahangir Mohammed, J. (2014), « Surprise: Agriculture is doing more with IoT innovation than most other industries », Venturebeat, 7 décembre, *http://venturebeat.com/2014/12/07/surprise-agriculture-is-doing-more-with-iot-innovation-than-most-other-industries* (consulté le 13 avril 2017).

Jasperneite, J. (2012), « Was hinter Begriffen wie Industrie 4.0 steckt » [Signification de notions telles que l'Industrie 4.0], computer-automation.de, 19 décembre, *www.computer-automation.de/steuerungsebene/steuern-regeln/artikel/93559/0* (consulté le 13 avril 2017).

Jin, Y. et M. Wegener (2013), « Beyond equilibrium », *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 40, n° 6, pp. 951-954, *http://dx.doi.org/10.1068/b4006ge*.

John Deere (2017), « AutoTrac Vision », *www.deere.com/en_US/products/equipment/ag_* management_solutions/guidance/auto-trac-vision/auto-trac-vision.page (consulté le 17 mars 2017).

John Deere (2016), « John Deere – Committed to those linked to the land: investor presentation », pp. 11-12, *www.deere.com/en_US/docs/Corporate/investor_relations/pdf/presentationswebcasts/strategy_presentation-rev.pdf*.

John Deere (2015), « The payoff from precision agriculture », John Deere, 7 août, *https://johndeerejournal.com/2015/08/the-payoff-from-precision-agriculture* (consulté le 3 octobre 2016).

JPMorgan Chase & Co. Institute (2016), « Paychecks, paydays, and the online platform economy », JPMorgan Chase & Co., *www.jpmorganchase.com/corporate/institute/document/jpmc-institute-volatility-2-report.pdf*.

Katz, L.F. et A.B. Krueger (2016), « The rise and nature of alternative work arrangements in the United States, 1995-2015 », *NBER Working Papers*, n° 22 667, *http://dx.doi.org/10.3386/w22667*.

Kitchin, R. (2014), « The real-time city? Big data and smart urbanism », *GeoJournal*, n° 79/1, pp. 1-14, *http://dx.doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8*.

Kleiner Perkins (2017), « Internet trends 2017 », présentation de Mary Meeker, 31 mai, *www.kpcb.com/internet-trends* (consulté le 28 août 2017).

KPCB (2015), « Internet trends », présentation de Mary Meeker, 27 mai, *www.kpcb.com/blog/2015-internet-trends* (consulté le 28 août 2017).

KTH (2010), « Congestion charges which save lives », page web, *www.kth.se/en/forskning/sarskilda-forskningssatsningar/sra/trenop/trangselskatten-som-raddar-liv-1.51816* (consulté le 4 novembre 2014).

Landier, A., D. Szomoru et D. Thesmar (2016), « Working in the on-demand economy: An analysis of Uber driver-partners in France », article publié sur le blog d'Uber, *https://drive.google.com/a/uber.com/file/d/0B1s08BdVqCgrZWZrQnVWNUFPNFE/view?pref=2&%20pli=1* (consulté le 9 mars 2016).

Marcolin, L., S. Miroudot et M. Squicciarini (2016), « Routine jobs, employment and technological innovation in global value chains », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, n° 2016/01, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jm5dcz2d26j-en*.

Manyika, J. et al. (2011), « Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity », McKinsey & Company, *www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation* (consulté le 19 septembre 2014).

Mayer-Schönberger, V. et K. Cukier (2013), *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think*, John Murray, Londres.

Mazzolari, F. et G. Ragusa (2013), « Spillovers from high-skill consumption to low-skill labor markets », *Review of Economics and Statistics*, vol. 95, n° 1, pp. 74-86, *http://dx.doi.org/10.1162/REST_a_00234*.

MBO (2015), « Independent workers and the on-demand economy », MBO Partners, Herndon, Virginie, *http://info.mbopartners.com/rs/mbo/images/On-Demand-Economy-2014.pdf* (consulté le 3 novembre 2015).

McCracken, H. (2014), « How Gmail happened: The inside story of its launch 10 years ago », *Time Magazine*, 1er avril, *http://time.com/43263/gmail-10th-anniversary/*.

McKinsey Global Institute (2013), « Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy », McKinsey & Company, *www.mckinsey.com/business-functions/digitalmckinsey/our-insights/disruptive-technologies*.

Michaels, G., A. Natrajz et J. Van Reenen (2014), « Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over 25 years », *Review of Economics and Statistics*, vol. 96, n° 1, pp. 60-77, *http://dx.doi.org/10.1162/REST_a_00366*.

Microsoft Ventures (2017), « Microsoft Ventures locations », page web, *www.microsoftventures.com* (consulté le 29 août 2017).

Ministère des Entreprises, de l'Innovation et des Compétences du Royaume-Uni (2013), « The smart city market: Opportunities for the UK », *Bis Research Paper*, n° 136, Ministère des Entreprises, de l'Innovation et des Compétences, Londres, *https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/249423/bis-13-1217-smart-city-market-opportunties-uk.pdf*.

Mordor Intelligence (2016), « Global precision farming market: By technology, application and geography market shares, forecasts and trends (2015-2020) », mars, *www.mordorintelligence.com/industry-reports/precision-farming-market?gclid=Cj0KEQjw7LS6BRDo2Iz23au25OQBEiQAQa6hwK_VYHWSIw7Z_WCx8TEd8lUOfqO3T5xJnApB-f49fokaAh_28P8HAQ* (consulté le 13 avril 2017).

Moretti, E. (2012), *The New Geography of Jobs*, Mariner Books, Houghton Mifflin Harcourt, Boston, MA et New York, NY.

New York Department of Environmental Conservation (2014), « Climate smart waste management », Department of Environmental Conservation, New York State, *www.dec.ny.gov/energy/57186.html* (consulté le 4 novembre 2014).

Nordås, H.K. et D. Rouzet (2015), « The impact of services trade restrictiveness on trade flows: First estimates », *OECD Trade Policy Papers*, n° 178, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5js6ds9b6kjb-en*.

Noyes, K. (2014), « Cropping up on every farm: Big data technology », *Fortune*, 30 mai, *http://fortune.com/2014/05/30/cropping-up-on-every-farm-big-data-technology* (consulté le 13 avril 2017).

OCDE (à paraître), « Digital trade: Developing a framework for analysis », *OECD Trade Policy Papers*, Éditions OCDE, Paris.

OCDE (2017a), *La prochaine révolution de la production : conséquences pour les pouvoirs publics et les entreprises*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264280793-fr*.

OCDE (2017b), *New Health Technologies: Managing Access, Value and Sustainability*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264266438-en*.

OCDE (2017c), *Panorama des administrations publiques 2017*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/gov_glance-2017-fr*.

OCDE (2016a), « Stimulating digital innovation for growth and inclusiveness: The role of policies for the successful diffusion of ICT », *OECD Digital Economy Papers*, n° 256, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwqvhg3l31-en*.

OCDE (2016b), *Panorama de l'entrepreneuriat 2016*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264266346-fr*.

OCDE (2016c), « New forms of work in the digital economy », *OECD Digital Economy Papers*, n° 260, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklt820x-en*.

OCDE (2016d), « Research ethics and new forms of data for social and economic research », *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n° 34, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jln7vnpxs32-en*.

OCDE (2016e), « ICTs and jobs: Complements or substitutes? », *OECD Digital Economy Papers*, n° 259, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklzplhg-en*.

OCDE (2016f), « New skills for the digital economy », *OECD Digital Economy Papers*, n° 258, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnkm2fc9x-en*.

OCDE (2016g), « Using foreign factors to enhance domestic export performance: A focus on Southeast Asia », *OECD Trade Policy Papers*, n° 191, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlpq82v1jxw-en*.

OCDE (2015a), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en*.

OCDE (2015b), « Making open science a reality », *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n° 25, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en*.

OCDE (2015c), *Panorama des administrations publiques 2015*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/gov_glance-2015-fr*.

OCDE (2015d), « The future of productivity », note d'orientation, OCDE, Paris, *www.oecd.org/eco/growth/The-future-of-productivity-policy-note-juillet-2015.pdf*.

OCDE (2015e), « Logement », L'indicateur du vivre mieux, *www.oecdbetterlifeindex.org/topics/housing* (consulté le 3 novembre 2015).

OCDE (2014a), *Panorama de l'entrepreneuriat 2014*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/entrepreneur_aag-2014-fr*.

OCDE (2014b), *Recommandation du Conseil sur les stratégies numériques gouvernementales*, OCDE, Paris, *http://acts.oecd.org/Instruments/Recommandation* du Conseil sur les stratégies numériques gouvernementales.

OCDE (2014c), « Services Trade Restrictiveness Index: Policy brief », OCDE, Paris, *www.oecd.org/tad/services-trade/STRI%20Policy%20Brief_ENG.pdf*.

OCDE (2013a), *Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264193307-en*.

OCDE (2013b), *Lignes directrices régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel*, OCDE, Paris, *www.oecd.org/fr/sti/ieconomie/lignesdirectricesregissantlaprotectiondelaviepriveeetlesfluxtransfrontieresdedonneesdecaracterepersonnel.htm*.

OCDE (2012a), « ICT applications for the smart grid: Opportunities and policy implications », *OECD Digital Economy Papers*, n° 190, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5k9h2q8v9bln-en*.

OCDE (2012b), *OECD Territorial Reviews: The Chicago Tri-State Metropolitan Area, United States 2012*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264170315-en*.

OCDE (2009), « Information economy product definitions based on the Central Product Classification (Version 2) », OCDE, Paris, *www.oecd.org/science/sci-tech/42978297.pdf*.

OCDE et BID (Banque interaméricaine de développement) (2016), *Broadband Policies for Latin America and the Caribbean: A Digital Economy Toolkit*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264251823-en*.

OCDE et Banque mondiale (2015), « Inclusive global value chains: Policy options in trade and complementary areas for GVC integration by small and medium enterprises and low-income developing countries », OCDE et Banque mondiale, Washington, DC.

OMS (2016), *Atlas of eHealth Country Profiles: The Use of eHealth in Support of Universal Health Coverage: Based on the Findings of the Third Global Survey on eHealth 2015*, Organisation mondiale de la santé, Genève, *http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204523/1/9789241565219_eng.pdf?ua=1* (consulté le 12 avril 2017).

Open Cities (2013), « WP4 – Open data », page internet, *http://opencities.net/node/68* (consulté le 19 septembre 2014).

Open Data Institute (2016), « Open enterprise: How three big businesses create value with open innovation », *ODI White Paper*, n° 5, *https://theodi.org/open-enterprise-big-business*.

Open Knowledge Foundation (2017), « US City Open Data Census », page internet, *http://us-city.census.okfn.org* (consulté le 20 juin 2017).

O'Reilly, T. (2014), « IoTH: The Internet of things and humans », O'Reilly Radar, *http://radar.oreilly.com/2014/04/ioth-the-internet-of-things-and-humans.html* (consulté le 21 avril 2017).

Parmar, R. et al. (2014), « The new patterns of innovation », *Harvard Business Review*, janvier-février, *https://hbr.org/2014/01/the-new-patterns-of-innovation* (consulté le 15 mars 2017).

Pentland, A. (2014), *Social Physics: How Good Ideas Spread – The Lessons from a New Science*, Pengusous press, Cambridge.

Portail européen des données (2017), « Datasets », *https://www.europeandataportal.eu/data/fr/dataset?groups=regions-and-cities* (consulté le 20 juin 2017).

Radermacher, F.J. et B. Beyers (2007), *Welt mit Zukunft – Überleben im 21. Jahrhundert* [L'Avenir du monde – Survivre au xxie siècle], Murmann Verlag, Hambourg (2nde édition de *Welt mit Zukunft – Die Ökosoziale Perspektive*, 2001).

research2guidance (2014), « Fourth annual study on mHealth app publishing », research2guidance, *http://research2guidance.com/r2g/mHealth-App-Developer-Economics-2014.pdf*.

RFS (Request for Startup) (2015), « 2015 1099 Economy Workforce Report », site internet RFS, *https://gumroad.com/l/rfsreport* (consulté le 29 août 2017).

Schaffers, H. et al. (2011), « Smart cities and the future Internet: Towards cooperation frameworks for open innovation », in Goos, G. et al. (2011), *The Future of the Internet*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 431-447, *www.springer.com/la/book/9783642208973#aboutBook*.

Schimmelpfennig, D. et R. Ebel (2016), « Sequential adoption and cost savings from precision agriculture », *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 41, n° 1, pp. 97-115, *http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2714959*.

Sensus (2012), « Water 20/20 », Sensus, *https://fr.slideshare.net/SensusItalia/sensus-water-2020* (consulté le 29 août 2017).

Serras, J. et al. (2014), « Urban planning and big data: Taking LUTi models to the next level? », page internet, Nordregio, *www.nordregio.se/en/Metameny/Nordregio-News/2014/Planning-Tools-for-Urban-Sustainability/Reflection* (consulté le 19 septembre 2014).

Singh, K. et al. (2016), « Developing a framework for evaluating the patient engagement, quality, and safety of mobile health applications », *Issues Brief*, The Commonwealth Fund, *www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26934758* (consulté le 12 avril 2017).

Smith, A. (2016), « Shared, collaborative and on demand: The new digital economy », Pew Research Center, 19 mai, *www.pewinternet.org/2016/05/19/the-new-digital-economy* (consulté le 23 mai 2016).

Spiezia, V. (2011), « Are ICT users more innovative?: An analysis of ICT-enabled innovation in OECD firms », *OECD Journal: Economic Studies*, vol. 2011, n° 1, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/eco_studies-2011-5kg2d2hkn6vg*.

Startupbootcamp (2014), « Startupbootcamp Accelerator Programs », page web, *www.startupbootcamp.org/accelerator.html* (consulté le 19 septembre 2014).

Statistique Canada (2017), « L'économie du partage au Canada », page web, *www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/170228/dq170228b-fra.htm* (consulté le 30 mars 2017).

Statistics Denmark (2015), « Sharing economy: Results 2015 », *www.dst.dk* (consulté le 30 mars 2017).

Tambe, P. (2014), « Big data investment, skills, and firm value », *Management Science*, *http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2294077* (consulté le 13 avril 2017).

TfL (Transport for London) (2011), « London's intelligent traffic system », présentation du directeur de la stratégie, Surface Transport, Transport for London, Londres, *www.impacts.org/euroconference/barcelona2011/Presentations/11_Keith_Gardner_presentation_Barcelona_v2.pdf*.

The Economist (2014), « Tech Startups: A Cambrian moment », *The Economist*, 18 janvier, *https://www.economist.com/news/special-report/21593580-cheap-and-ubiquitous-building-blocks-digital-products-and-services-have-caused* (consulté le 30 août 2017).

Uber (2016a), « New survey: Drivers choose Uber for its flexibility and convenience », Uber Newsroom, 7 décembre, *https://newsroom.uber.com/driver-partner-survey* (consulté le 8 mars 2016).

Uber (2016b), « An open letter to the mayor on congestion in London », Uber Newsroom, *https://newsroom.uber.com/uk/open-letter* (consulté le 8 mars 2016).

UCCD (Urban Center for Computation and Data) (2012), « LakeSim: A prototype workflow framework for coupling urban design and computational modeling tools », Urban Center for Computation and Data, site internet, *www.urbanccd.org/research-tools/* (consulté le 29 août 2017).

Uni Europa (2016), « Size of Sweden's "gig economy" revealed for the first time: Around 700,000 crowd workers in Sweden », Uni Europa, site internet, *www.uni-europa.org/wp-content/uploads/2016/03/crowd-working-survey-swedenpdf.pdf*.

Upwork (2015), « Online work report 2014 », page internet, *http://elance-odesk.com/online-work-report-global* (consulté le 3 novembre 2015).

Van Reenen, J. (2011), « Wage inequality, technology and trade: 21st century evidence », *Labour Economics*, vol. 18, n° 6, pp. 730-741, *https://doi.org/10.1016/j.labeco.2011.05.006*.

Chapitre 6

Risque numérique et confiance

La confiance est à la base de la plupart des relations et transactions numériques et dépend de la perception et de la gestion du risque. Ce chapitre s'intéresse aux inquiétudes qui nuisent à la confiance, notamment celles qui concernent le respect de la vie privée et la sécurité numérique, dans la mesure où elles font obstacle à l'adoption des technologies numériques ; il analyse l'évolution des incidents touchant ces deux domaines et des fraudes en ligne, et étudie comment renforcer la confiance dans l'économie numérique, y compris par la protection des consommateurs. Les politiques et réglementations visant à améliorer la confiance dans l'économie numérique sont étudiées au chapitre 2.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Introduction

Le développement de la connectivité et des activités économiques à forte intensité de données – en particulier celles qui reposent sur de grands flux de données (les données massives) ainsi que sur le recours généralisé à la connectivité mobile et l'utilisation émergente de l'internet pour connecter des ordinateurs et des appareils équipés de capteurs (l'internet des objets, IdO) – sont à même de favoriser l'innovation dans les produits, les procédés, les services et les marchés, et d'aider à relever des défis économiques et sociaux de grande ampleur. Ces évolutions se sont accompagnées d'un changement dans l'échelle et la portée d'un certain nombre de risques, liés notamment à la sécurité numérique et au respect de la vie privée, ce qui pourrait avoir des conséquences notables sur les activités sociales et économiques. Par ailleurs, à mesure que de nouveaux modèles économiques font leur apparition pour tirer profit des possibilités émergentes, les consommateurs peuvent avoir de plus en plus de difficultés à se repérer dans un marché du commerce électronique toujours plus complexe. Cette combinaison souligne la nécessité de faire évoluer les politiques et les pratiques de façon à susciter et à entretenir la confiance.

Les incidents de sécurité numérique sont certes délicats à mesurer, mais il semblerait que leur technicité, leur fréquence et leur ampleur soient en augmentation. Ils peuvent toucher la réputation d'une organisation, ses finances et même ses actifs corporels, sapant sa compétitivité, sa capacité à innover et sa place sur le marché. Les individus peuvent subir des préjudices matériels, économiques et même physiques, mais aussi immatériels, tels qu'une atteinte à leur réputation ou une intrusion dans leur vie privée. En outre, les incidents de sécurité numérique sont parfois source de coûts importants pour l'économie dans son ensemble, en perte de confiance notamment, et ces coûts ne se limitent pas aux organisations concernées, mais s'étendent à tous les secteurs. En mai 2017, des ordinateurs de plus de 150 pays ont été infectés par le rançongiciel WannaCry, un logiciel malveillant qui bloquait l'accès de ses victimes à leurs données tant qu'une rançon n'avait pas été payée. Cette attaque a sérieusement perturbé le fonctionnement d'organisations du monde entier, telles que le Service national de santé (National Health Service) du Royaume-Uni ou l'opérateur espagnol Telefónica, le logisticien américain FedEx et la Deutsche Bahn (BBC, 2017 ; Wong et Solon, 2017). Des entreprises manufacturières, comme Nissan Motor et Renault, ont même dû interrompre momentanément la production sur plusieurs de leurs sites (Sharman, 2017).

L'interdépendance croissante des activités à forte intensité de données ajoute à la complexité, à l'instabilité et à la dépendance des infrastructures et des processus existants. En particulier, l'extension de la portée géographique des services numériques et leur réticularité toujours plus vaste, au-delà du contrôle d'une instance et d'une organisation unique, remettent en cause les cadres de gouvernance actuels des entreprises et des administrations. Lorsque ces services numériques font partie de réseaux d'infrastructures vitales, on se trouve face à un risque croissant que les défaillances systémiques s'accumulent, avec de multiples incidences sur la société, ce qui fait de ce risque, dans une économie

numérique, un enjeu interterritorial, intersectoriel et multipartite. Ce qui se passe dans une petite entreprise peut avoir une incidence sur une plus grande et sur tous les autres acteurs d'une chaîne de valeur ; l'action d'un acteur (individu ou groupe) peut se répercuter sur de nombreux autres. Cela étant, il est incontestable que les organisations, publiques comme privées, tirent profit d'une réticularité accrue – moteur d'innovation, d'efficience et de performance. L'écosystème que représente une chaîne de valeur peut aussi servir à prévenir le risque de sécurité numérique en imposant, par exemple, un certain niveau de gestion de ce risque à tous les acteurs d'une chaîne logistique.

La confiance est essentielle dans des situations d'incertitude et d'interdépendance (Mayer, Davis et Schoorman, 1995), et il est manifeste que l'environnement numérique réunit ces deux aspects. Mais, alors que les technologies numériques évoluent rapidement, les politiques et les pratiques qui en découlent en matière de confiance font trop souvent l'hypothèse d'un monde statique. En 2016, l'internet des objets, les données massives et l'intelligence artificielle (IA) étaient considérés par les responsables politiques comme les défis majeurs à relever pour définir des cadres d'action favorables (voir chapitre 2). Aux taux de croissance actuels, on estime qu'à l'horizon 2020, il y aura 50 milliards d'« objets » connectés à l'internet (OCDE, 2016a). Des entreprises comme Amazon, Apple et Google ont déjà beaucoup avancé pour offrir des services fondés sur l'intelligence artificielle, comme l'utilisation de la reconnaissance vocale dans l'interaction avec les machines, et Facebook a lancé une opération d'IA, intitulée DeepText, qui vise à comprendre les grands traits des échanges et les centres d'intérêt d'utilisateurs individuels.

Les avantages potentiels de ces évolutions technologiques sont importants, mais celles-ci peuvent aussi s'accompagner de nouveaux risques susceptibles de saper la confiance dans les nouvelles technologies et dans l'économie numérique tout entière. Les données analysées dans le présent chapitre indiquent que les utilisateurs (particuliers et entreprises, et notamment les petites et moyennes entreprises [PME]) sont de plus en plus inquiets des risques qui les menacent dans ce nouvel environnement numérique. Une enquête du Centre for International Governance Innovation (CIGI) et d'Ipsos sur la sécurité en ligne et la confiance à l'égard de l'internet, réalisée en 2014 auprès des internautes de 24 pays, constate que 64 % des répondants sont plus préoccupés par la protection de leur vie privée qu'ils ne l'étaient l'année précédente. Ce qui est peut-être plus frappant encore, c'est qu'ils doutent d'avoir le contrôle de leurs données personnelles.

On examine ici les évolutions liées aux risques numériques et à la confiance dans cet environnement, en s'intéressant tout particulièrement aux enjeux suivants : 1) sécurité numérique ; 2) respect de la vie privée et 3) protection des consommateurs. Les risques numériques à prendre en compte pour la protection de la propriété intellectuelle ou d'autres risques auxquels les entreprises doivent faire face, comme les risques de verrouillage technologique ou ceux liés aux investissements dans les technologies de l'information et des communications (TIC), sortent du cadre du présent chapitre. Celui-ci est organisé de la façon suivante :

- La première section montre que les inquiétudes qui minent la confiance, en particulier celles qui concernent les risques d'atteinte à la vie privée et de sécurité numérique, font souvent obstacle à l'adoption des technologies et applications numériques, comme l'infonuagique, le commerce électronique et les services publics en ligne destinés à la fois aux particuliers (y compris aux consommateurs) et aux entreprises (notamment aux PME).

- La deuxième section analyse ensuite l'évolution des incidents qui constituent des atteintes à la sécurité numérique et à la vie privée, et celle de la fraude en ligne, ainsi que leurs effets sur le plan social et économique. Elle examine parallèlement dans quelle mesure les inquiétudes mises en évidence à la section précédente sont justifiées.
- La troisième section étudie les tendances concernant la façon d'instaurer et de renforcer des relations de confiance, du point de vue des individus (y compris des consommateurs) et des entreprises. Ces moyens peuvent être, par exemple, des avis publiés en ligne de façon transparente, pour les consommateurs, ou des pratiques de gestion du risque, pour les entreprises. En revanche, cette section n'aborde pas le rôle des politiques publiques visant à améliorer la confiance dans l'économie numérique, qui est examiné au chapitre 2.

Les principales constatations de ce chapitre indiquent que l'intensité croissante de l'utilisation des TIC est source de risques accrus pour les entreprises et les particuliers sur le plan de la sécurité numérique et du respect de la vie privée. Les PME, en particulier, doivent adopter des pratiques de gestion du risque de sécurité numérique ou renforcer celles déjà en place. Dans le même temps, les inquiétudes des consommateurs quant au respect de leur vie privée viennent s'ajouter aux craintes qu'ils nourrissaient déjà à propos de la cyberfraude, des mécanismes de recours et de la qualité des produits vendus en ligne, ce qui pourrait limiter la confiance et ralentir la croissance du commerce électronique entre entreprises et consommateurs (B2C). Plus généralement, les préoccupations relatives à la sécurité numérique et au respect de la vie privée freinent l'adoption des TIC et réduisent les débouchés commerciaux qu'offrent ces technologies. Enfin, les nouveaux marchés des plateformes mettant en relation les particuliers créent des problèmes de confiance, mais ouvrent aussi des possibilités d'y remédier.

Rôle des risques numériques et de la confiance dans l'adoption des technologies et applications numériques

La progression continue de l'accès des consommateurs et des entreprises à l'internet haut débit, en particulier au moyen des appareils mobiles et de leurs applications, a ouvert de nouveaux débouchés. Ainsi, on observe une nette progression de l'utilisation de services infonuagiques parmi les internautes (chapitre 4). La proportion d'individus qui utilisent les services de l'administration électronique (c'est-à-dire qui visitent les sites mis en place par les pouvoirs publics ou interagissent avec ceux-ci en ligne) a également augmenté ces dernières années. Quant au commerce électronique, il n'a cessé de progresser avec l'utilisation de l'internet (OCDE, 2014), et ce, plus rapidement que l'ensemble du commerce de détail (encadré 6.1).

L'utilisation des technologies numériques varie néanmoins dans une très large mesure selon les individus et les entreprises, et selon les pays, notamment lorsque l'on considère les plateformes les plus avancées (chapitre 4 ; OCDE, 2016b). La majorité des individus et des entreprises emploient encore ces technologies pour des applications assez simples, comme la messagerie électronique et la recherche documentaire sur les sites web. L'adoption du commerce électronique, par exemple, demeure inférieure à ce qu'elle pourrait être, bien que cette forme de commerce progresse à un rythme nettement plus soutenu que les ventes au détail prises globalement. En moyenne, la part des ventes en ligne représente 18 % seulement du chiffre d'affaires total dans les pays déclarants, et une proportion pouvant atteindre 90 % de la valeur du commerce électronique provient de transactions entre entreprises exécutées par l'intermédiaire d'applications d'échange électronique de données (chapitre 4)[1]. En outre,

57 % seulement des internautes des pays de l'OCDE ont déclaré utiliser l'internet pour commander des produits en ligne et 22 % pour vendre des produits en ligne, des chiffres que l'on peut comparer à la part des internautes déclarant utiliser l'internet pour échanger des courriels (90 %) ou rechercher des informations sur des biens et services (80 %)[2]. De même, si plus de 90 % des entreprises sont connectées à l'internet et près de 80 % ont un site web, elles ne sont que 40 % à utiliser les technologies numériques pour acheter des produits et sont encore moins nombreuses (20 %) à vendre des produits en ligne.

Encadré 6.1. **Évolution du commerce électronique entre entreprises et consommateurs**

De 2013 à 2018, la part de la région Asie et Océanie dans l'ensemble du commerce électronique entre entreprises et consommateurs (B2C) devrait passer de 28 % à 37 %, et la République populaire de Chine (ci-après « la Chine ») apparaît déjà comme le plus vaste marché mondial de commerce électronique B2C. La pénétration des cartes de crédit est un facteur essentiel du succès de ce mode d'échange, en particulier dans les pays en développement et parmi la jeune génération (CNUCED, 2015 ; 2016). De façon plus générale, l'innovation sur le marché du commerce électronique fournit désormais aux consommateurs un meilleur accès à une gamme plus vaste de biens et de services à un prix compétitif, un accès plus large à des contenus matériels et numériques, des mécanismes de paiement aisés à utiliser et plus sûrs, et un nombre croissant de plateformes facilitant les transactions entre consommateurs.

Dans les pays de l'OCDE, le commerce électronique B2C a crû de façon continue, et plus rapidement que l'ensemble du commerce de détail. Des chiffres récents publiés pour les États-Unis montrent une augmentation annuelle de 15.8 % pour le premier, contre 2.3 % pour le second. Les ventes par internet y représentent aujourd'hui 8.1 % de l'ensemble des ventes au détail (US Department of Commerce, 2016) ; huit Américains sur dix font des achats en ligne, et ils sont 15 % à le faire à une fréquence hebdomadaire (Smith et Anderson, 2016). Dans l'Union européenne (UE), la proportion d'individus ayant commandé des biens ou des services en ligne est passée de 30 % en 2007 à 53 % en 2015, dépassant les cibles visées par l'UE elle-même (CE, 2015a). Le Tableau de bord de l'UE pour 2015 indique que les raisons les plus fréquemment avancées pour faire ses achats en ligne sont la commodité, le prix et le choix. Quelque 49 % des consommateurs interrogés ont indiqué qu'ils appréciaient de pouvoir faire leurs achats à n'importe quelle heure, tandis que 42 % ont souligné le temps économisé grâce à ce mode d'achat. Sur la question du prix, 49 % ont déclaré trouver des produits moins chers en ligne, tandis que 37 % citaient la facilité avec laquelle il est possible de comparer les prix sur le web. Les avantages en matière de choix comprenaient à la fois la gamme des biens et des services disponibles et le fait que certains produits sont proposés uniquement en ligne. Les autres raisons mentionnées dans l'enquête concernaient l'information : possibilité de trouver des avis de consommateurs (21 %), de comparer facilement les produits (20 %), de trouver aisément davantage d'information (18 %) et de se faire livrer à l'endroit le plus commode (24 %), notamment. Dans le cas de transactions transnationales, il semble que les principales raisons d'acheter en ligne aient trait à la qualité et au choix (Commission européenne, 2015a).

Certaines données fournies par l'Administration du commerce international (International Trade Administration) des États-Unis font ressortir des différences régionales dans les tendances du commerce électronique. D'après une étude de Morgan Stanley, 41 % des internautes qui achètent en ligne aux États-Unis le font en raison de prix plus bas, alors que la proportion est de 49 % à l'échelle mondiale. Autre exemple, la capacité de comparer facilement les prix : 25 % des personnes interrogées aux États-Unis avancent cet argument, contre 32 % au niveau mondial. La proportion de personnes qui achètent dans un autre pays des produits non disponibles dans le leur est similaire dans les économies émergentes, en Europe et dans la région Amériques et Asie-Pacifique (74 %, 74 % et 72 % respectivement), mais elle varie grandement si l'on considère la recherche de produits de meilleure qualité à l'étranger (49 % dans les économies émergentes, 8 % en Europe et 15 % pour la région Amériques et Asie-Pacifique) (US International Trade Administration, 2016).

Encadré 6.1. **Évolution du commerce électronique entre entreprises et consommateurs** *(suite)*

Les types de biens et de services achetés en ligne par les consommateurs sont de plus en plus variés. En Australie, les secteurs industriels les plus couramment concernés par les achats en ligne sont les biens électroniques/électriques ; l'habillement, les chaussures, les cosmétiques et autres produits de soin personnel ; les chèques cadeaux et les services de voyage et de divertissement (Australian Government, 2016). Dans l'Union européenne, les vêtements et les articles de sport (60 % au total et 67 % pour les 16-24 ans) sont les biens les plus couramment achetés en ligne, suivis par les voyages et logements de vacances (52 %), les produits ménagers (41 %), les billets pour manifestations diverses (37 %), et les livres, magazines et journaux (33 %). Une grande proportion des 16-24 ans achètent également des logiciels de jeux et autres logiciels et mises à niveau (26 %), ainsi que du matériel d'apprentissage électronique (8 %) (CE, 2015a), ce qui porte à croire que le commerce électronique comprend désormais les contenus numériques.

Le commerce électronique n'est pas une exception. L'adoption d'autres technologies et applications numériques demeure particulièrement faible, en particulier pour ce qui concerne les particuliers et les PME. Ainsi, l'adoption des services d'administration électronique varie grandement d'un pays à l'autre. Plus important, la part des individus utilisant des formulaires électroniques (au lieu de simplement télécharger des informations fournies par le secteur public) reste particulièrement basse, puisqu'elle ne représente que 35 % des internautes de la zone OCDE en 2016. Parallèlement, de nombreuses entreprises, et en particulier des PME, sont encore en retard dans l'adoption de technologies et d'applications numériques plus avancées telles que l'infonuagique, la gestion de la chaîne logistique, les progiciels de gestion intégrés et la radio-identification. Ainsi, 20 % seulement des entreprises avaient adopté l'infonuagique en 2016 et moins de 10 % s'étaient engagées dans l'analytique de données massives, malgré les possibilités d'amélioration de la productivité qu'offrent ces technologies (chapitre 4).

Tout indique que les risques numériques suscitent de plus en plus d'inquiétudes chez les internautes (les individus comme les entreprises, et notamment les PME) et que ces inquiétudes pourraient s'être muées en une sérieuse entrave à l'adoption des technologies et des applications numériques. Une enquête CIGI-Ipsos sur la sécurité en ligne et la confiance à l'égard de l'internet, réalisée en 2014 auprès des internautes de 24 pays, constate que 64 % des répondants sont plus préoccupés par la protection de leur vie privée qu'ils ne l'étaient l'année précédente. Dans un rapport Eurobaromètre spécial de 2014 sur la cybersécurité, les consommateurs de l'Union européenne (UE) qui utilisent l'internet pour leurs achats indiquent que l'utilisation abusive des données à caractère personnel et la sécurité des paiements en ligne sont leurs deux préoccupations principales (CE, 2015b). Le degré de préoccupation s'est accru dans ces deux domaines depuis 2013 : la proportion de personnes exprimant leur crainte d'une utilisation abusive de leurs données personnelles a augmenté de 37 % à 43 % et celle des personnes se déclarant préoccupées par la sécurité en ligne est passée de 35 % à 42 %.

La faible adoption de certaines technologies et applications numériques ne s'explique pas uniquement par un manque de confiance. D'autres facteurs entrent en jeu, le plus important étant l'écart dû au niveau d'instruction (OCDE, 2014 ; 2016c). Alors que les personnes ayant fait des études supérieures pratiquent en moyenne plus de sept activités par le biais de l'internet, ce chiffre tombe à moins de cinq pour les internautes dont le niveau d'études ne dépasse pas le premier cycle du secondaire (OCDE, 2014). La situation est

similaire pour les entreprises, pour lesquelles le manque de compétences sur le marché du travail est l'un des principaux obstacles à l'adoption des technologies numériques (OCDE, 2016c). Il est à noter toutefois que les applications dont l'adoption est lente sont, dans une large mesure, celles auxquelles sont associés les risques les plus élevés pour les individus, pour les entreprises ou pour les deux. Elles impliquent généralement la collecte à grande échelle et le traitement de données personnelles, notamment des données financières (commerce électronique, par exemple), ou peuvent conduire à un haut niveau de dépendance (infonuagique, par exemple).

Les sections qui suivent présentent les éléments probants disponibles qui indiquent dans quelle mesure le manque de confiance – et notamment les inquiétudes quant à la sécurité et au respect de la vie privée – est préoccupant et constitue un obstacle potentiel à l'adoption des technologies numériques par les particuliers et les entreprises.

Les inquiétudes quant à la sécurité numérique et au respect de la vie privée peuvent empêcher les consommateurs d'effectuer des opérations en ligne

Les risques numériques et le manque de confiance sont souvent cités comme les raisons les plus courantes pour lesquelles des individus (consommateurs) ayant accès à l'internet n'utilisent pas certaines technologies et applications numériques et n'effectuent pas d'opérations en ligne. Les craintes portent notamment sur le risque croissant de cyberfraude et l'utilisation abusive des données personnelles ainsi que sur la complexité grandissante des opérations en ligne, et des modalités et conditions qui s'y rapportent. La situation est encore aggravée par les incertitudes qui pèsent sur les mécanismes de recours disponibles en cas de problème sur un achat en ligne. Ces questions sont examinées en détail dans les sections qui suivent.

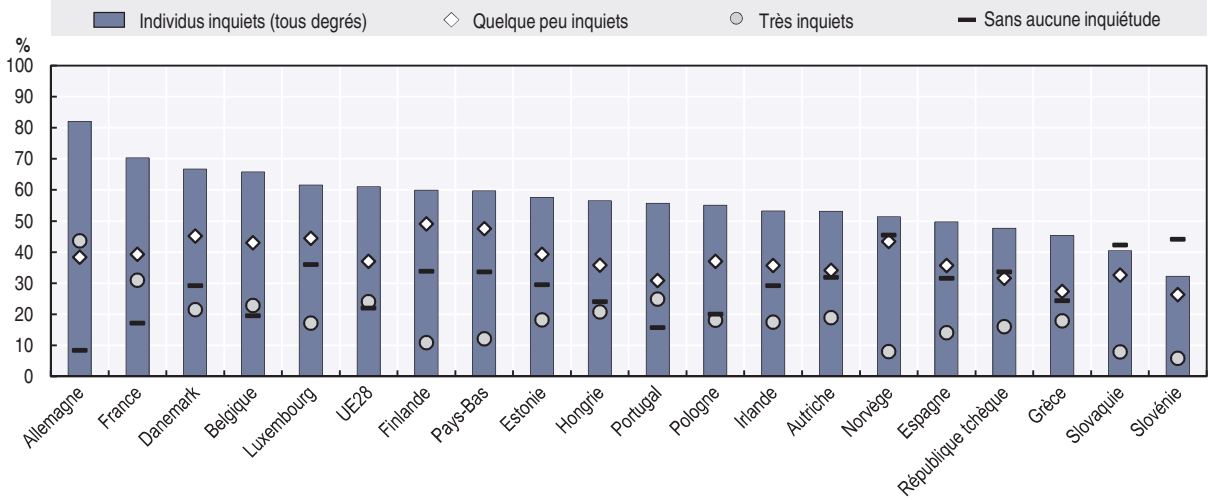
Les individus sont de plus en plus préoccupés par la sécurité numérique et le respect de leur vie privée, mais la situation varie largement selon les pays et selon les technologies et applications numériques concernées

La sécurité numérique et la protection de la vie privée font partie des questions les plus délicates soulevées par les services numériques, y compris le commerce électronique. Les internautes accordent une très grande importance à la question de la sécurité, en particulier lorsqu'il existe un risque notable de violation des données personnelles et d'usurpation d'identité. Les inquiétudes portent donc sur la profusion de données personnelles générée par les activités en ligne, qui certes permet aux organisations de dresser des profils détaillés des usagers, mais crée aussi des risques, que ce soit pour les individus ou pour les organisations. D'après les enquêtes Eurobaromètre spéciales (CE, 2015c ; 2013), par exemple, la principale crainte des internautes qui effectuent des achats ou des opérations bancaires en ligne est que quelqu'un s'empare ou fasse un usage abusif de leurs données personnelles (cité par 43 % des internautes de l'Union européenne, contre 37 % l'année précédente), cette crainte surpassant celle liée à la sécurité des paiements en ligne (42 %, contre 35 % l'année précédente). Ce résultat va dans le sens de l'observation selon laquelle 70 % environ des internautes en Europe redoutent toujours que leurs données personnelles en ligne ne soient pas conservées de façon sûre par les sites web. Cela étant, les inquiétudes des individus en matière de sécurité ne se limitent pas à la confidentialité de leurs données personnelles. Elles portent aussi souvent sur la disponibilité des services numériques. Ainsi, en 2014, la moitié environ des internautes européens craignaient de ne pas pouvoir accéder aux services en ligne en raison d'incidents de sécurité numérique (contre 37 % l'année précédente).

Les inquiétudes à propos de l'utilisation abusive des données personnelles ne s'arrêtent pas aux questions de sécurité (violation des données personnelles, par exemple), mais s'étendent aussi à la perte de contrôle de ces données. D'après un sondage de 2014 du Pew Research Center, par exemple, 91 % des Américains sont d'accord avec l'idée que les consommateurs ont perdu le contrôle de leurs informations et données personnelles (Madden, 2014). Pas moins de 88 % des personnes interrogées sont « d'accord » ou « tout à fait d'accord » pour dire qu'il est devenu très difficile de supprimer des informations en ligne erronées les concernant. La part des utilisateurs de sites de réseaux sociaux aux États-Unis qui s'inquiètent d'un accès possible d'entreprises ou de services gouvernementaux à leurs données est estimée à 80 % et 70 % respectivement. Cela étant, 55 % des personnes interrogées sont « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec l'affirmation suivante : « J'accepte de partager certaines informations me concernant avec des entreprises pour utiliser gratuitement des services en ligne » (Madden, 2014). De la même manière, dans l'Union européenne, « deux tiers (67 %) des répondants s'inquiètent de ne pas avoir le contrôle total des informations qu'ils fournissent en ligne » (CE, 2015b). Plus de la moitié (56 %) indiquent qu'il est très important que les outils de suivi de leurs activités en ligne ne soient utilisés qu'avec leur permission. Parallèlement, « sept personnes sur dix environ s'inquiètent d'une utilisation de leurs informations à des fins différentes de celles pour lesquelles celles-ci avaient été collectées ». Dans l'Union européenne, en 2016, plus de 60 % de l'ensemble des individus étaient préoccupés par le fait que l'on enregistre leurs activités en ligne pour pouvoir leur proposer des publicités ciblées (graphique 6.1). En Allemagne, en France et au Danemark, cette proportion était encore plus élevée : 82 %, 70 % et 68 %, respectivement.

Graphique 6.1. **Inquiétudes suscitées par l'enregistrement des activités en ligne dans le but de fournir des publicités ciblées, 2016**

En pourcentage des individus



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659842

L'inquiétude des consommateurs pourrait inciter ceux-ci à modifier leur comportement en ligne, ce qui pourrait freiner l'adoption des services numériques

L'inquiétude des internautes pour leur vie privée et leur sécurité numérique les a rendus plus réticents à communiquer leurs données personnelles, et parfois même à utiliser les services numériques. Aujourd'hui, par exemple, 34 % des internautes de l'Union européenne

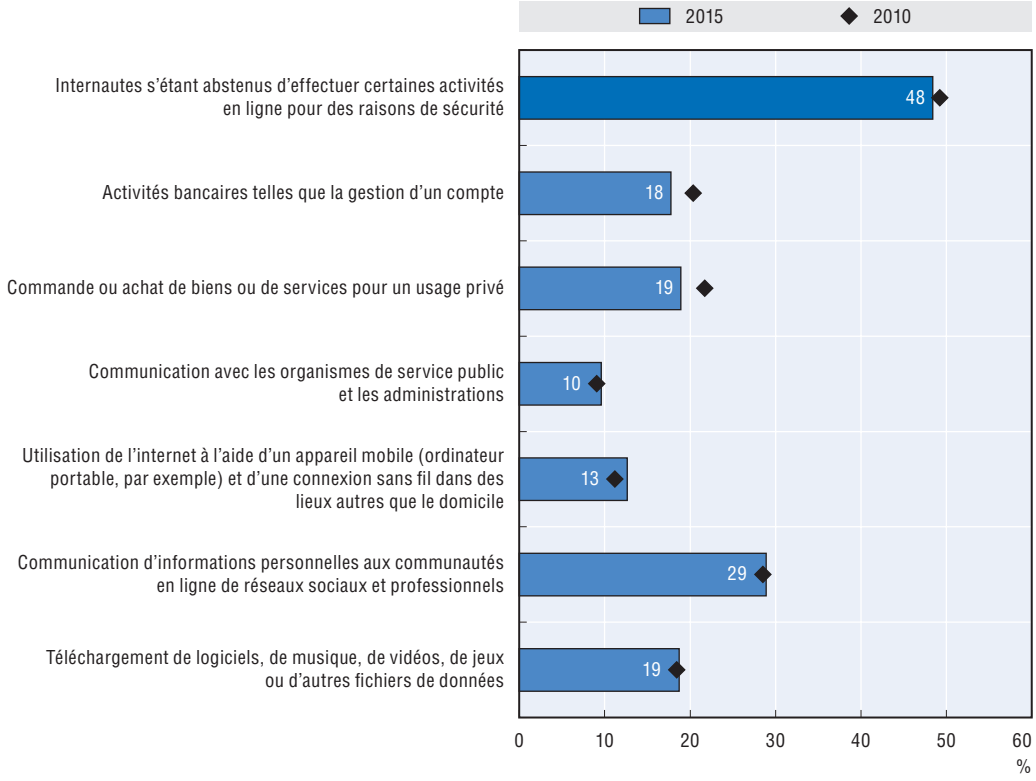
déclarent être moins susceptibles de donner des informations personnelles sur les sites web. Six répondants sur dix ont déjà changé les paramètres de confidentialité de leur navigateur (contre trois sur dix en 2013 ; voir OCDE, 2014). Plus d'un tiers (37 %) utilise un logiciel qui les protège contre l'affichage de publicités en ligne et plus d'un quart (27 %), un logiciel qui empêche le suivi de leurs activités en ligne. Au total, 65 % des répondants ont pris au moins une de ces mesures. Les individus sont également plus exigeants sur le niveau de sécurité des services numériques qu'ils utilisent. Une enquête auprès des particuliers dans l'UE montre que « plus de sept personnes interrogées sur dix (72 %) déclarent qu'il est très important que la confidentialité de leurs courriels et de leurs messages instantanés soit garantie » et « près de deux tiers des répondants (65 %) sont tout à fait d'accord pour dire qu'ils devraient pouvoir crypter leurs messages et leurs appels, de façon que ceux-ci ne puissent être lus que par le destinataire » (CE, 2016b). Ce changement de comportement est confirmé par une étude menée en 2014 sur 24 000 utilisateurs dans 24 pays et commandée par le CIGI, étude qui fait apparaître que 17 % seulement des utilisateurs déclarent ne pas avoir changé leur comportement en ligne ces dernières années. Les autres témoignent de divers changements de comportement, qui peuvent aller d'une utilisation moins fréquente de l'internet (11 %) à une réduction du nombre d'achats et d'opérations financières effectués en ligne (25 % environ dans les deux cas). La fréquence croissante des violations de données peut être considérée comme un facteur déterminant, mais d'aucuns font observer que « certains utilisateurs pourraient être préoccupés par d'autres facteurs, comme la surveillance tentaculaire dont ils font l'objet et la façon dont leurs données sont collectées et utilisées par les entreprises » (Internet Society, 2016).

À mesure que croît l'inquiétude à propos de la sécurité numérique et du respect de la vie privée, certains individus commencent à éviter d'utiliser les services numériques. Le changement de comportement des consommateurs en réaction aux questions de sécurité numérique et de respect de la vie privée pourrait avoir une incidence défavorable sur le commerce électronique B2C. De fait, les données recueillies confirment que de nombreux consommateurs demeurent réticents à acheter en ligne pour ces raisons (OCDE, 2014). Les motifs exacts varient toutefois considérablement, même lorsqu'on ne considère que les problèmes de confiance. Certains déclarent redouter une utilisation abusive de leurs données personnelles et des paiements en ligne mal sécurisés ; dans de nombreux cas, en outre, l'usurpation d'identité représente une source d'inquiétude majeure. Parmi les internautes européens, par exemple, en 2015, près de la moitié s'abstenaient d'effectuer certaines activités en ligne parce qu'ils redoutaient des problèmes de sécurité (graphique 6.2). Les activités les plus fréquemment concernées étaient associées au risque d'utilisation abusive des données personnelles et de pertes économiques, du fait d'une usurpation d'identité par exemple. Cela comprenait (par ordre d'importance) : la communication d'informations personnelles aux communautés en ligne des réseaux sociaux et professionnels (presque 30 % des internautes), la banque en ligne et le commerce électronique (20 % environ des internautes pour ces deux activités)[3]. Si l'on ajoute à cela les inquiétudes quant au respect de la vie privée, la proportion est plus élevée. En 2015, un quart des internautes de l'UE citaient les problèmes de protection de la vie privée et de sécurité comme principale raison de leur refus d'acheter en ligne. En 2014, toujours dans l'Union européenne, près de 15 % de toutes les personnes n'utilisaient pas l'infonuagique pour ces mêmes raisons (graphique 6.3). En Allemagne, en Autriche, en France, au Luxembourg, en Norvège, aux Pays-Bas, en Slovénie et en Suisse, la proportion peut s'élever à 20 % ou 25 %. Aux États-Unis, l'enquête de 2015 du Bureau du recensement (US Census Bureau) indiquait que 63 % des ménages utilisant

l'internet redoutaient une usurpation d'identité et que 35 % d'entre eux s'étaient abstenus d'effectuer des opérations financières en ligne durant l'année précédant l'enquête. De même, sur les 45 % de ménages connectés redoutant une utilisation frauduleuse de leur carte de crédit ou de leur compte bancaire en ligne, 33 % se refusaient à acheter des biens ou des services sur l'internet (NTIA, 2016), soit l'équivalent de 15 % des ménages connectés. Étant donné les grandes différences de perception des risques d'atteinte à la sécurité et à la vie privée entre des pays présentant des niveaux analogues de répression des infractions et de compétences technologiques, il semblerait que les attitudes culturelles à l'égard des opérations effectuées en ligne jouent en rôle essentiel.

Graphique 6.2. **Internautes s'abstenant d'effectuer certaines activités en ligne pour des raisons de sécurité**

En pourcentage des individus ayant utilisé l'internet au cours de l'année précédente



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

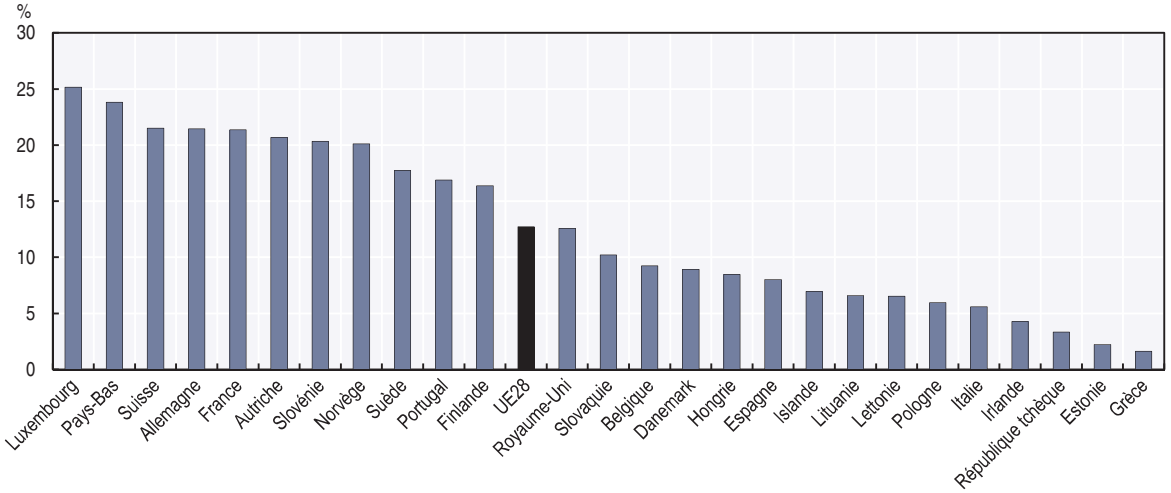
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659861

Le manque de confiance à l'égard des entreprises de l'internet et des services numériques n'est toutefois pas nécessairement synonyme d'obstacle à l'adoption de ces services. S'il est vrai qu'une majorité de personnes peuvent ne pas se sentir très à l'aise à l'idée que les entreprises de l'internet se servent d'informations sur leur activité en ligne pour moduler les publicités à afficher, ou peuvent s'inquiéter de l'enregistrement de leurs activités à travers les cartes de paiement et les téléphones portables, une grande majorité d'individus pourraient toutefois accepter cette situation. Dans l'Union européenne, par exemple, la question de la protection de la vie privée préoccupe plus de la moitié des individus, mais « une large majorité de personnes (71 %) affirment quand même que la communication d'informations

personnelles fait de plus en plus partie de la vie moderne et acceptent l'idée qu'il n'existe pas d'autre solution que de fournir ces informations si l'on veut obtenir des produits ou des services » (CE, 2015b). Parallèlement, l'enquête constate également que « plus de six répondants sur dix disent ne pas faire confiance aux compagnies de téléphonie fixe ou mobile ni aux fournisseurs d'accès à l'internet (FAI) (62 %) pas plus qu'aux entreprises en ligne (63 %) ». Pourtant, la part des ménages européens sans accès à l'internet qui donnent pour principale raison de leur absence de connexion leur inquiétude quant au respect de la vie privée ou à la sécurité est faible, quoiqu'en augmentation, de 5 % en 2008 à 9 % en 2016[4]. Notons toutefois que la proportion de cette catégorie de personnes a également augmenté aux États-Unis (de 1 point de pourcentage par rapport à 2009), bien que partant d'un niveau encore plus faible (1.4 % de l'ensemble des ménages en 2015). La même tendance est sensible au Brésil, où la part des ménages sans connexion internet citant le respect de la vie privée et la sécurité comme principale raison de leur choix a augmenté et atteint 12 %[5].

Graphique 6.3. **Internautes s'abstenant d'utiliser l'infonuagique pour des raisons de sécurité et de protection de la vie privée, 2014**

En pourcentage des individus



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659880

L'incertitude qui entoure les mécanismes de recours et la qualité des produits vendus en ligne pourrait également ralentir la croissance du commerce électronique entre entreprises et consommateurs

Pour les consommateurs d'aujourd'hui, la complexité croissante de l'environnement en ligne et l'émergence de nouveaux modèles économiques dans le commerce électronique présentent autant de difficultés que de possibilités. Dans sa révision de 2016 de la *Recommandation du Conseil sur la protection du consommateur dans le commerce électronique* (OCDE, 2016d), le Comité de la politique à l'égard des consommateurs de l'OCDE a recensé un certain nombre d'évolutions clés du commerce électronique qui constituent des défis pour les consommateurs. Il s'agit notamment de la progression des mécanismes de paiement non traditionnels, comme l'imputation sur la facture de téléphonie mobile ou les cartes à prépaiement ; les nouveaux types de produits de contenu numérique tels que les applications

mobiles (applis) ou les livres électroniques ; et les nouveaux types de modèles économiques en ligne, comme ceux qui impliquent la facilitation de transactions entre consommateurs ou entre particuliers au moyen de plateformes en ligne et ceux qui proposent des biens et services « gratuits » moyennant la communication de données personnelles.

La propension des consommateurs à effectuer des opérations en ligne au niveau national ou international peut être encouragée ou freinée non seulement par les avantages et les risques que ces consommateurs attribuent au commerce électronique, mais aussi par leur sensibilisation à leurs droits fondamentaux en ligne et par leur capacité à demander réparation si ces droits ne sont pas respectés. Lorsqu'on a demandé aux consommateurs australiens s'ils estimaient avoir les mêmes droits lors d'achats en ligne que lors d'achats en magasin, plus d'un tiers des répondants ont dit qu'ils ne pensaient pas avoir les mêmes droits en ligne ou qu'ils n'étaient pas sûrs de connaître la réponse. Parmi les problèmes qui se posaient effectivement aux consommateurs australiens, 23 % étaient liés à des achats en ligne (Australian Government, 2016). Certaines études semblent indiquer que la connaissance des droits des consommateurs augmente avec l'âge : ainsi, les consommateurs italiens de plus de 54 ans sont plus au fait de leurs droits et sont aussi plus actifs et plus compétents que ceux de la tranche 15-24 ans (CE, 2016a). Les inquiétudes mentionnées par les consommateurs de l'UE dépassaient la protection et la sécurité des données puisqu'un quart d'entre eux environ ont dit redouter que leurs droits ne soient pas respectés dans les procédures permettant d'obtenir réparation en cas de problèmes avec les produits. En outre, 19 % des consommateurs de l'UE interrogés se sont dits préoccupés par le risque d'acheter des produits dangereux ou contrefaits (CE, 2015a).

Les agences chargées de faire respecter les mesures de protection des consommateurs sont une source essentielle d'informations sur les problèmes auxquels ces derniers doivent faire face en ligne. Elles coopèrent au sein du Réseau international de contrôle et de protection des consommateurs (RICPC) dans lequel plus de 60 pays sont représentés. En 2015, les membres du RICPC ont reconnu que l'un des principaux problèmes rencontrés par les consommateurs en ligne était la communication d'informations tarifaires mensongères et insuffisantes. À l'occasion d'une opération de ratissage coordonnée à l'échelle internationale sur le web portant sur les pratiques de tarification en ligne dans les voyages et le tourisme, les membres du RICPC ont recensé des agissements mensongers ou trompeurs tels que la pratique des majorations furtives, qui consiste à retarder la communication complète et définitive du prix, des commissions et des modalités aux consommateurs ; les fausses allégations quant aux prix de référence et au meilleur prix ; les remises et rabais inexistants, et les informations à validité éphémère ; et le manque d'information sur les conditions d'annulation et de remboursement.

Le grand nombre de produits dangereux proposé par le commerce électronique est un autre facteur de détérioration de la confiance des consommateurs dans un contexte mondial, comme l'a révélé l'investigation surprise sur la sécurité des produits vendus en ligne menée en avril 2015 par l'OCDE et coordonnée par la Commission australienne de la concurrence et de la consommation (Australian Competition and Consumer Commission, ACCC). À cette occasion, les autorités chargées de la sécurité des produits de 25 pays ont inspecté 3 catégories de biens qui avaient été identifiés dans leur pays comme : 1) interdits ou ayant fait l'objet d'un rappel ; 2) comportant un étiquetage et des mises en garde de sécurité insuffisants ; et 3) ne répondant pas aux normes de sécurité facultatives ou obligatoires (OCDE, 2016e).

Après avoir inspecté presque 700 produits interdits ou ayant fait l'objet d'un rappel, on a pu constater que 68 % d'entre eux étaient disponibles à la vente en ligne. Sur les 880 produits qui ont été inspectés afin d'y détecter un étiquetage et des mises en garde de sécurité insuffisants, 57 % manquaient d'un étiquetage adapté sur les sites marchands et 22 % présentaient des informations incomplètes. Enfin, sur les 136 produits inspectés à la recherche de produits entrant dans la catégorie 3, une petite majorité n'était effectivement pas conforme aux normes de sécurité facultatives ou obligatoires applicables. Cette investigation surprise fait apparaître un problème crucial, à savoir la part des produits dangereux achetés en ligne depuis l'étranger : les produits interdits dans un pays pour des questions de sécurité sont accessibles aux acheteurs d'un autre pays, ignorants de l'interdiction. Autre exemple, les étiquettes et les avertissements exprimés dans une langue étrangère, ou les produits ne répondant pas aux normes de sécurité facultatives ou obligatoires, plus fréquents dans un contexte transnational (OCDE, 2016e).

Les débouchés commerciaux manqués par crainte des risques de sécurité numérique demeurent importants

Les enquêtes actuelles sur la diffusion des outils et des activités des TIC dans les entreprises indiquent que les sociétés, et en particulier les PME, ne tirent pas pleinement parti des débouchés commerciaux qu'offre l'environnement en ligne. Les raisons avancées pour expliquer cela sont les problèmes techniques liés à l'utilisation des technologies numériques, comme la réorganisation des processus et des systèmes de l'entreprise ; les compétences, et notamment le manque de connaissances ou de capacités spécialisées ; et, de plus en plus fréquemment, les questions de confiance. Les PME en particulier, qui constituent, et de loin, la plus grande part des entreprises dans les pays de l'OCDE, n'ont toujours pas pleinement confiance dans les solutions numériques qu'on leur propose. À la base de ces inquiétudes se trouvent, entre autres, la perte de la confiance des clients, l'atteinte à la réputation et la baisse du chiffre d'affaires qui pourraient résulter d'un incident de sécurité numérique. Les sections qui suivent abordent plus en détail les grands problèmes de confiance liés aux inquiétudes quant à la sécurité numérique que suscite l'utilisation accrue de services en ligne externes.

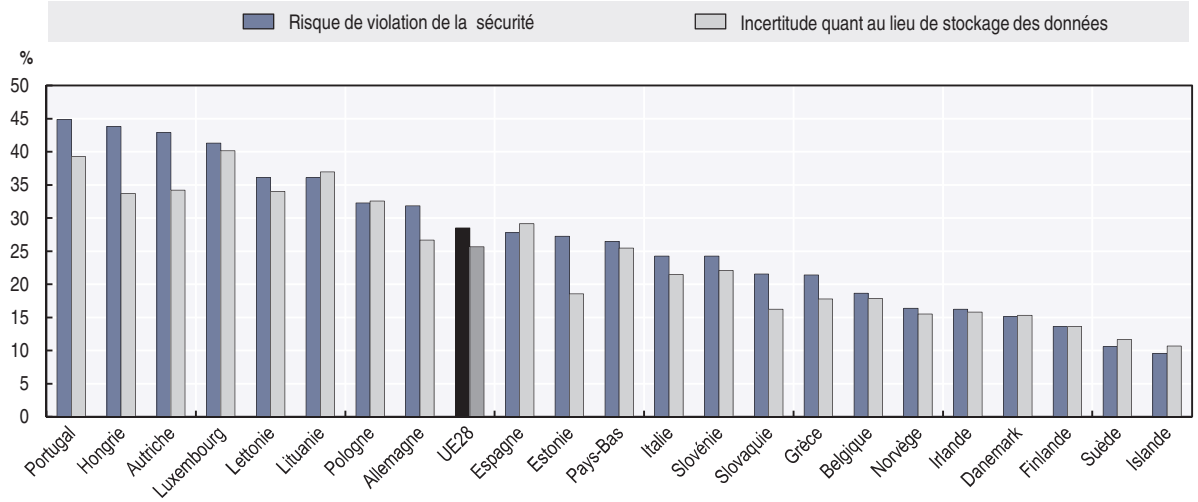
Le risque de sécurité numérique est devenu une préoccupation pour les organisations de tous types

Les entreprises reconnaissent que les technologies numériques sont essentielles pour une plus grande productivité, mais la plupart d'entre elles se disent très préoccupées par le risque de sécurité, ce qui rend l'adoption délicate. Les inquiétudes liées à la sécurité numérique varient selon la taille de l'entreprise et le pays, et vont aussi dépendre des technologies et applications numériques, les plus avancées suscitant les craintes les plus vives. L'adoption du commerce électronique, par exemple, et en particulier du commerce électronique mobile, demeure inférieure à son potentiel, et les inquiétudes liées à la sécurité sont fréquemment citées comme un obstacle par une part significative des entreprises. D'après les données d'Eurostat, par exemple, plus d'un tiers de toutes les entreprises ont déclaré que les risques associés à la sécurité avaient empêché ou limité leur utilisation de l'internet mobile en 2013, alors que, pour près d'un tiers d'entre elles, cette connexion mobile à l'internet était nécessaire à leur fonctionnement. En Finlande, en France et au Luxembourg, plus de 50 % de toutes les entreprises n'utilisent pas l'internet mobile autant qu'elles le pourraient pour des raisons de sécurité alors même, comme c'est le cas pour la Finlande, que plus d'un tiers de l'ensemble des entreprises auraient besoin d'une connexion mobile pour leur fonctionnement.

Le fait que les problèmes de confiance sont devenus un obstacle à l'adoption est encore plus flagrant dans le cas de l'infonuagique. Dans la zone OCDE, 20 % seulement des entreprises avaient utilisé l'infonuagique en 2014, les PME marquant une réticence plus forte que les grandes entreprises (40 % des entreprises employant 250 personnes ou plus, contre 20 % de celles employant de 10 à 49 personnes). Dans certains pays, cet écart entre petites et grandes entreprises est considérable. Au Royaume-Uni, par exemple, 21 % des petites entreprises (employant de 10 à 49 personnes) utilisent des services infonuagiques, contre 54 % des plus grandes entreprises. Une fracture similaire s'observe dans d'autres pays (voir le chapitre 4). Le risque de violation de la sécurité est perçu par les entreprises comme un obstacle majeur à l'adoption de l'infonuagique. Près de 30 % de l'ensemble des entreprises de l'Union européenne n'utilisent pas l'infonuagique en raison de craintes liées à la sécurité. La proportion varie de presque 45 % en Autriche, en Hongrie, au Luxembourg et au Portugal à une valeur comprise entre 10 % et 15 % dans les pays nordiques (Danemark, Finlande, Irlande, Islande, Norvège et Suède), qui sont aussi ceux où le taux d'adoption de l'infonuagique est le plus élevé de la zone OCDE (graphique 6.4).

Graphique 6.4. **Raisons avancées par les entreprises pour ne pas utiliser l'infonuagique, 2014**

En pourcentage du nombre total d'entreprises



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659899

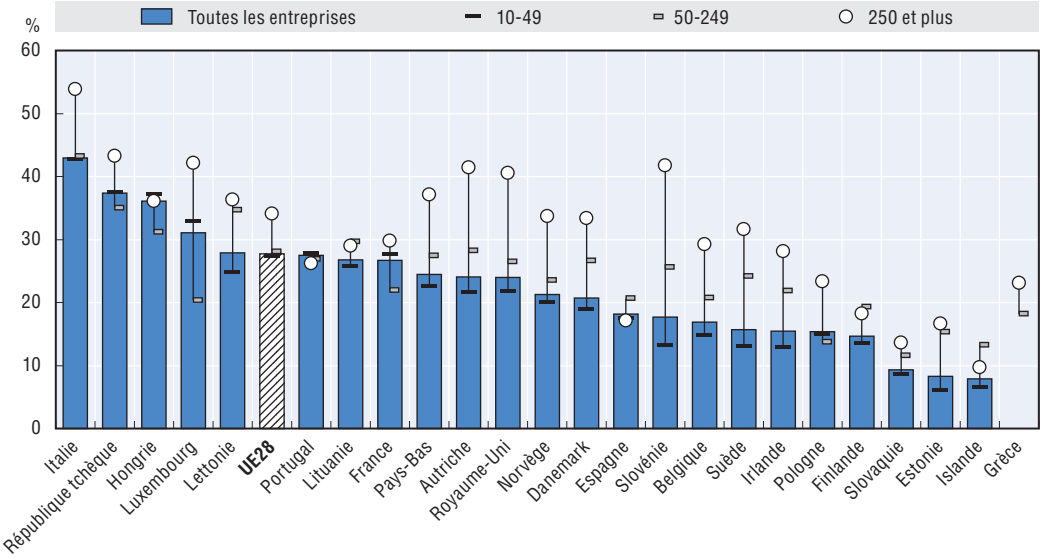
La perte du contrôle des données est perçue comme un risque numérique majeur par les entreprises qui envisagent d'utiliser des services basés sur l'internet

Dans une enquête explorant le point de vue des PME européennes sur l'infonuagique, la sécurité des données de l'entreprise et la perte de contrôle possible se classaient très haut dans la liste des inquiétudes des dirigeants (ENISA, 2009). Dans le cas de l'infonuagique, la question de la perte de contrôle est partiellement liée à l'incertitude quant au lieu de stockage des données, perçue dans tous les pays comme un obstacle à l'adoption aussi important que le risque de rencontrer des incidents de sécurité (graphique 6.4). Un autre défi de taille s'ajoute à cela, qui tient à l'absence de standards ouverts appropriés et au risque de se retrouver captif d'un fournisseur du fait de l'utilisation de solutions propriétaires : souvent, les applications développées pour une plateforme ne peuvent pas être facilement transférées sur une autre plateforme (OCDE, 2015b).

L'absence de standards ouverts est un problème majeur, en particulier en ce qui concerne le modèle de « plateforme-service » (PaaS) et les services numériques fondés sur ce modèle, car les interfaces de programmation d'application (API) qu'il utilise font généralement l'objet de droits exclusifs. Les applications développées pour une plateforme sont le plus souvent difficiles à faire migrer vers une autre plateforme du nuage. Bien que les données ou les composants d'infrastructure qui rendent l'infonuagique possible (par exemple, les machines virtuelles) puissent aujourd'hui être transférés de certains fournisseurs à d'autres, l'opération nécessite de déplacer d'abord manuellement les données, les logiciels et les composants vers une plateforme qui n'est pas dans le nuage et/ou de les convertir d'un format exclusif dans un autre. Cela veut donc dire qu'une fois qu'une organisation a choisi un prestataire de services, ce choix est verrouillé, tout du moins pour l'instant (OCDE, 2015b). Certains clients ont cité la difficulté de passer d'un prestataire à un autre comme raison majeure de la non-adoption des services d'infonuagique. Presque 30 % de l'ensemble des entreprises de l'Union européenne, par exemple, n'ont pas utilisé l'infonuagique autant qu'elles l'auraient pu en 2014 parce qu'elles avaient le sentiment qu'il leur serait difficile de se désengager ou de changer de prestataire (graphique 6.5). L'autre inquiétude de taille dans ce domaine est que les utilisateurs peuvent devenir extrêmement vulnérables aux augmentations de prix des fournisseurs. Cette préoccupation se justifie d'autant plus qu'il se peut que certains fournisseurs d'infrastructures informatiques observent leurs utilisateurs afin de dégager des profils auxquels ils associeront des prix différenciés, maximisant ainsi leurs profits (OCDE, 2015b). On se reportera à la section ci-après sur l'autonomisation des individus et des entreprises pour voir comment évolue l'utilisation des mécanismes qui permettent aux consommateurs de contrôler leurs données personnelles, et au chapitre 2 pour savoir vers quels types d'initiatives les pouvoirs publics s'orientent en vue de promouvoir la portabilité des données.

Graphique 6.5. **Limitation de l'utilisation des services d'infonuagique par les entreprises en raison des difficultés rencontrées pour changer de prestataire, 2014**

En pourcentage des entreprises qui acquièrent des services d'infonuagique



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659918

Évolution des incidents préjudiciables à la confiance dans l'économie numérique

Les inquiétudes quant aux pertes et dommages possibles liés à l'utilisation des technologies numériques sont bien souvent le résultat d'incidents subis directement ou indirectement par les utilisateurs de ces technologies. Une grande part peut être attribuée à des incidents de sécurité, c'est-à-dire à des atteintes à la confidentialité, à l'intégrité et à la disponibilité[6] de l'environnement numérique qui sous-tend les activités sociales et économiques. Dans le même temps, il semble que la technicité, la fréquence et l'ampleur de ces incidents soient en augmentation. Ainsi, une violation de données personnelles[7] – plus précisément, une atteinte à la confidentialité de ces données du fait d'activités malveillantes ou d'une perte accidentelle – peut entraîner des pertes économiques importantes pour l'entreprise concernée (perte de compétitivité et de réputation notamment), mais fera aussi un tort certain aux individus victimes de la violation, qui porte atteinte à leur vie privée. D'autres préjudices peuvent aussi s'ensuivre pour ces personnes, tels que ceux qu'entraîne l'usurpation de leur identité.

Cela étant, les pertes et préjudices enregistrés dans l'économie numérique ne sont pas toujours causés par des incidents de sécurité. Ainsi, des individus, y compris des consommateurs, peuvent être victimes d'une violation de leur vie privée en raison d'une utilisation trompeuse, mensongère, frauduleuse ou déloyale de leurs données personnelles par les organisations. Ce pourrait être l'une des raisons du nombre croissant de plaintes déposées auprès des autorités nationales chargées de la protection de la vie privée (hors plaintes relatives à des violations de données personnelles). Le Commissariat à la protection de la vie privée du Canada, par exemple, a accepté 309 plaintes en 2015, soit une augmentation de 49 % par rapport aux 207 enregistrées cinq ans plus tôt[8]. Les consommateurs peuvent aussi subir un préjudice important du fait d'informations mensongères ou insuffisantes sur l'entreprise, les produits ou les transactions, ou de la disponibilité en ligne de produits de piètre qualité, voire dangereux, comme nous l'avons souligné précédemment. En outre, les entreprises qui dépendent de l'environnement numérique peuvent subir des pertes et des dommages causés non par des incidents de sécurité, mais par la violation de leurs droits de propriété intellectuelle, et notamment de leurs droits d'auteur, sur des produits mis à disposition au format numérique[9]. Parallèlement à ces risques, des interdépendances se nouent, à mesure que l'interconnexion des organisations et des sociétés se densifie, créant un risque systémique plus élevé, et ce, d'autant plus que des infrastructures critiques y sont associées.

La technicité et l'ampleur des incidents de sécurité numérique sont en augmentation

Depuis quelques années, les organisations, petites ou grandes, et les individus semblent en butte à des incidents de sécurité numérique plus fréquents et plus graves (OCDE, 2016f)[10]. Ces incidents sont susceptibles de perturber la disponibilité, l'intégrité ou la confidentialité des informations et des systèmes d'information dont les activités économiques et sociales dépendent, et peuvent être intentionnels (c'est-à-dire malveillants) ou involontaires (résulter par exemple d'une catastrophe naturelle, d'une erreur humaine ou d'un dysfonctionnement). D'un point de vue économique et social, ils peuvent avoir une incidence sur la réputation d'une organisation, ses finances et même ses activités physiques, nuisant à sa compétitivité, sapant ses efforts d'innovation et sa place sur le marché.

Les incidents de sécurité numérique prennent des formes variées. Le crime organisé sévit de plus en plus dans l'environnement numérique. À mesure que croît la place du numérique dans l'innovation, l'espionnage industriel dans ce domaine risque de s'intensifier. Certains

gouvernements mènent aussi des opérations de renseignement et des offensives en ligne. Parfois, les motifs sont d'ordre politique, et parfois, les attaques sont conçues pour porter atteinte à une organisation ou à une économie. Tel a été le cas, par exemple, de l'attaque qui a ciblé Sony Pictures Entertainment fin 2014 et qui a rendu publics des films qui n'étaient pas encore distribués, des données relatives au personnel, des courriels internes et des informations commerciales sensibles telles que les chiffres de vente et les plans de marketing (BBC, 2015).

Le risque d'incidents de sécurité numérique augmente avec l'intensité d'utilisation des TIC

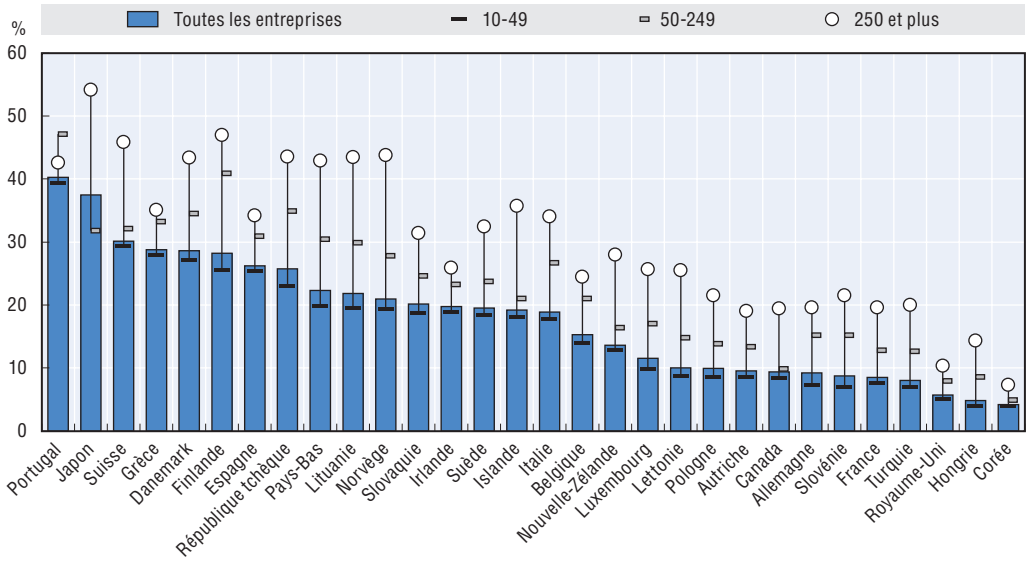
Sur l'ensemble des enquêtes menées ces dix dernières années, la part des entreprises et des individus interrogés qui déclarent ne pas avoir connu d'incident de sécurité numérique de quelque sorte que ce soit est régulièrement apparue supérieure à la moitié. En revanche, les différences entre pays sont considérables. La proportion des entreprises qui subissent des incidents de sécurité numérique, par exemple, varie d'un tiers environ au Japon et au Portugal à moins de 10 % en Corée, en Hongrie et au Royaume-Uni[11] en 2010 ou ultérieurement (graphique 6.6)[12]. La situation se présente de façon similaire pour les personnes physiques : dans l'Union européenne, entre 20 % et 30 % de tous les individus ont déclaré avoir subi un incident de sécurité numérique en 2015, contre moins de 5 % au Mexique et en Nouvelle-Zélande (graphique 6.7)[13].

Des données probantes laissent penser que la proportion réelle varie de façon plus significative en fonction de la population visée. Si l'on prend les entreprises qui ont connu un incident, par exemple, le nombre d'incidents détectés augmente avec la taille de l'entreprise. Dans le cas des individus, le taux d'incidents détectés tend à croître avec le niveau d'instruction. L'une des explications pourrait être que les plus grandes entreprises et les individus plus instruits disposent de meilleures capacités de détection. Le taux plus élevé d'incidents dans les grandes entreprises pourrait aussi simplement s'expliquer par le fait que celles-ci possèdent des infrastructures informatiques plus étendues, qui ont donc plus de risques de connaître au moins un incident. De la même manière, les données recueillies montrent que plus les individus sont instruits et plus ils sont susceptibles d'utiliser les technologies et applications numériques de façon intensive (chapitre 4). Or, la probabilité de subir un incident de sécurité numérique augmente avec l'intensité d'utilisation.

Des enquêtes récentes confirment que les grandes entreprises courent un risque plus élevé d'être confrontées à des incidents de sécurité numérique que les petites. L'enquête de 2016 sur les violations de sécurité numérique (*Cyber Security Breaches Survey 2016*) qui visait en particulier le Royaume-Uni a montré que la proportion d'entreprises ayant connu un incident au cours des 12 mois précédents augmentait avec la taille des entreprises. Alors que 24 % de toutes les entreprises interrogées avaient connu un incident dans les 12 derniers mois, cette proportion variait de 17 % seulement pour les microentreprises à 33 % pour les petites entreprises, 51 % pour les moyennes et 33 % pour les grandes. Cela étant, de nombreuses PME ne sont pas suffisamment sensibilisées aux risques réels de sécurité numérique et aux incidents dont elles pourraient avoir été victimes. L'enquête menée en 2016 par le Ponemon Institute sur l'état de sécurité numérique des petites et moyennes entreprises (*2016 State of Cybersecurity in Small and Medium-Sized Businesses*), par exemple, a révélé que 55 % des répondants avaient essuyé une cyber-attaque dans les 12 mois précédents, mais que d'autres entreprises interrogées (16 %) n'étaient pas sûres que tel ait été le cas. Il faut donc être prudent dans l'interprétation des statistiques existantes et s'efforcer d'enrichir la base de données factuelles sur la sécurité numérique et le respect de la vie privée.

Graphique 6.6. **Entreprises ayant subi des incidents de sécurité numérique, 2010 ou ultérieurement**

En pourcentage du nombre total d'entreprises



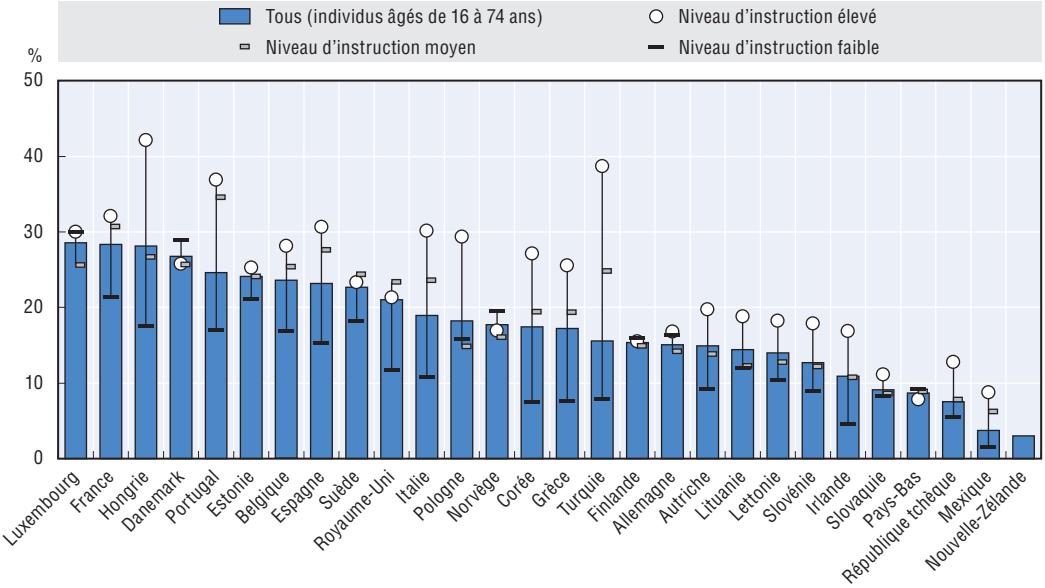
Note : Pour les pays européens, les données sont disponibles pour 2010 uniquement. Pour la Nouvelle-Zélande, les données se rapportent à 2016. Pour le Japon et la Suisse, les données se rapportent à 2015. Pour la Corée, les données se rapportent à 2014. Pour le Canada, les données se rapportent à 2013. Le Canada, la Corée, le Japon et la Suisse appliquent une méthode différente.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consultée en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659937*

Graphique 6.7. **Individus ayant subi des incidents de sécurité numérique, 2015 ou ultérieurement**

En pourcentage de l'ensemble des individus et par niveau d'instruction



Note : Pour la Corée, les données se rapportent à 2016 pour tous les individus, mais la décomposition par niveau d'instruction se rapporte à 2014. Pour la Nouvelle-Zélande et la Suisse, les données se rapportent à 2014. Pour l'Islande, les données se rapportent à 2010. La Corée, le Mexique, la Nouvelle-Zélande et la Suisse appliquent une méthode différente.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consultée en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659956*

La fréquence et l'ampleur des incidents de sécurité diffèrent nettement selon le type d'incidents

Les données probantes disponibles indiquent que virus et maliciels demeurent les types d'incidents de sécurité les plus courants[14]. Certaines études font également ressortir l'augmentation de ceux liés à l'hameçonnage et à l'ingénierie sociale. D'autres enquêtes montrent que les entreprises qui subissent des attaques par déni de service[15] tendent à diminuer en nombre, mais représentent toujours une part notable. Plus important, la technicité et l'ampleur de ce type d'attaques augmentent rapidement, avec un nombre croissant d'incidents fondés sur l'exploitation d'appareils IdO pour générer des flots de paquets et inonder les machines visées (encadré 6.2). En 2015, plusieurs attaques avaient utilisé plus de 300 gigabits par seconde (Gbit/s), une autre avait atteint 500 Gbit/s, soit dix fois plus qu'en 2009 (Arbor Networks, 2016). L'année suivante, en 2016, l'attaque la plus importante rapportée a été de 800 Gbit/s, tandis que plusieurs organisations interrogées faisaient état d'attaques comprises entre 500 et 600 Gbit/s (graphique 6.8) (Arbor Networks, 2017). La fraude fait également partie des problèmes signalés, mais davantage par les grandes entreprises que par les petites. Cela étant, il faut noter que tous ces incidents peuvent être étroitement liés. Ainsi, les attaques sur le web, l'hameçonnage ou l'ingénierie sociale et les maliciels plus généralement peuvent être utilisés pour ouvrir un accès à des serveurs ou à des appareils IdO, lesquels peuvent ensuite participer à une attaque par déni de service distribuée.

Encadré 6.2. **L'internet des objets va-t-il changer la donne en matière de risque de sécurité numérique ?**

L'essor de l'internet des objets (IdO) va probablement s'accompagner d'un accroissement du risque d'incidents numériques, et ce, non seulement parce que les composants de l'IdO peuvent devenir la cible d'incidents de cette nature, entraînant des perturbations dans les systèmes physiques, mais aussi parce que ces mêmes composants peuvent être instrumentalisés pour cibler des systèmes numériques, notamment dans le cadre d'attaques par déni de service distribuées. En 2016, par exemple, des sites internet de premier plan, comme Netflix, Google, Spotify et Twitter, se sont retrouvés inaccessibles, victimes d'attaques par déni de service distribuées utilisant des milliers d'appareils IdO – enregistreurs vidéo numériques et caméras connectées, entre autres – qui avaient été piratés (Hautala, 2016 ; Smith, 2016).

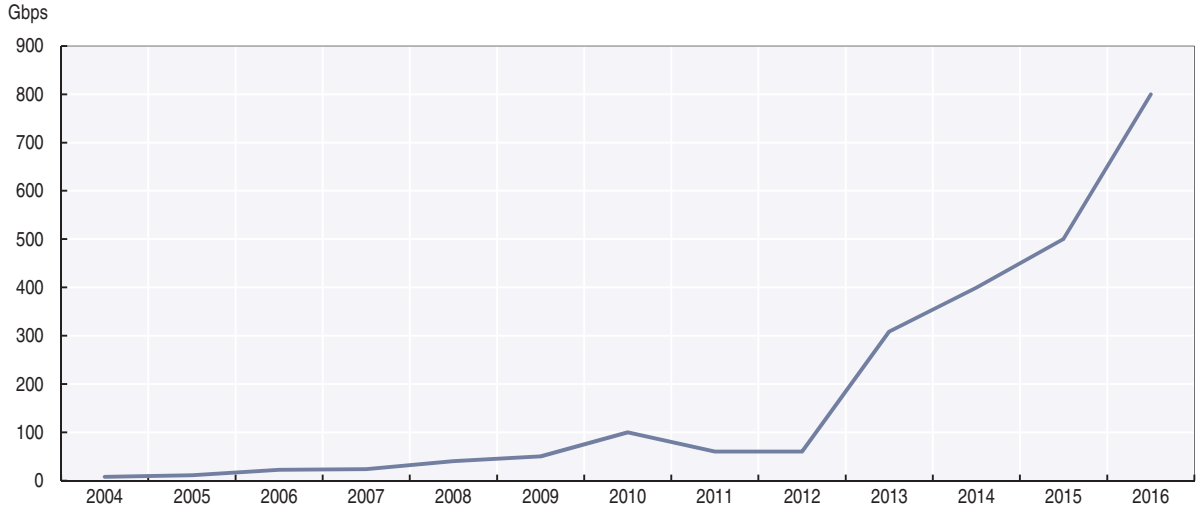
Tout comme les systèmes de commande industriels, l'IdO fait le lien entre les mondes physique et numérique : utilisant différents types de capteurs, les objets connectés collectent, sur le monde physique, des données qui viennent alimenter des applications et des logiciels ; ils peuvent aussi recevoir des données pour agir sur leur environnement par l'intermédiaire d'actionneurs tels que des moteurs, des vannes, des pompes, des dispositifs d'éclairage, etc. Les incidents de sécurité numérique faisant intervenir l'IdO peuvent donc avoir des conséquences physiques : après une violation d'intégrité ou de disponibilité, il peut arriver qu'un véhicule ne réponde plus aux actions du conducteur, qu'une vanne libère trop de fluide, entraînant une augmentation de pression dans un système de chauffage, ou qu'un appareil médical fasse état de données de suivi de patients inexactes ou injecte une dose incorrecte de médicament. Comme c'est déjà le cas pour les systèmes de commande industriels qui fonctionnent depuis longtemps dans certains secteurs, il est possible que des incidents de sécurité numérique touchant des dispositifs IdO entraînent des conséquences physiques telles que des dommages aux personnes ou la désorganisation d'une chaîne logistique. En 2015, par exemple, des chercheurs ont pris le contrôle d'une Jeep Cherokee à distance, sans avoir eu accès au véhicule précédemment. Ils ont ainsi pu agir par voie hertzienne sur l'accélérateur, les freins et le moteur. À la suite de cette expérimentation, Fiat Chrysler a rappelé 1.4 million de véhicules (Greenberg, 2015a ; 2015b).

Encadré 6.2. **L'internet des objets va-t-il changer la donne en matière de risque de sécurité numérique ?** *(suite)*

Il est rare qu'un dispositif IdO forme un module autonome, isolé des autres composants numériques. On doit plutôt considérer tous les composants numériques d'une organisation ou d'un réseau personnel comme interconnectés et interdépendants. Les vulnérabilités ou les incidents qui touchent des parties du système d'information d'une organisation apparemment sans lien avec l'IdO peuvent interférer avec celui-ci, tout comme l'exploitation de composants IdO peut avoir des conséquences sur d'autres parties d'un système. Ainsi, en 2015, une entreprise spécialisée dans la sécurité a fait une enquête sur le système d'information d'un hôpital : des pirates informatiques exploitaient une vulnérabilité d'un analyseur de gaz du sang relié au réseau pour, au final, infecter tous les postes de travail du service informatique de l'établissement (Storm, 2015). Autre exemple, en octobre 2016, des sites web de premier plan, dont Twitter, Netflix, Spotify, Airbnb, Reddit, Etsy, SoundCloud et The New York Times, sont restés inaccessibles au public après l'attaque d'une société gérant des parties critiques de l'infrastructure internet. Cette attaque reposait sur des centaines de milliers d'appareils IdO tels que des caméras, des appareils de surveillance des bébés et des routeurs pour la maison sur lesquels les pirates avaient installé un logiciel leur permettant de commander ces dispositifs pour inonder une cible en générant un trafic massif (Perlroth, 2012).

Source : D'après OCDE (2016a), « The Internet of Things: Seizing the benefits and addressing the challenges », *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvzz8td0n-en*.

Graphique 6.8. **Évolution de la bande passante utilisée pour les plus grandes attaques par déni de service**



Note : Gbit/s = Gigabits par seconde.

Source : Calculs effectués par l'auteur sur la base des rapports Arbor Networks (2016), *Worldwide Infrastructure Security Report Volume XI*, *www.arbornetworks.com/images/documents/WISR2016_EN_Web.pdf* et Arbor Networks (2017), *Worldwide Infrastructure Security Report Volume XII*, *www.arbornetworks.com/insight-into-the-global-threat-landscape*.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933659975

Dans l'enquête de l'ICSPA menée en 2012 au Canada, par exemple, la catégorie enregistrant le plus grand nombre moyen d'incidents par entreprise était la catégorie « hameçonnage, harponnage, ingénierie sociale ». Autre exemple, l'enquête menée en 2016 par le Ponemon Institute sur l'état de sécurité numérique des petites et moyennes entreprises a établi que les attaques les plus courantes (pour les PME) étaient les attaques fondées sur le web, l'hameçonnage/l'ingénierie sociale et les maliciels généraux. Quant aux rapports

économiques de fin d'année 2014 et 2015 de l'association nationale des petites entreprises (National Small Business Association) (NSBA, 2015 ; 2016), ils indiquaient que la plus forte proportion d'entreprises ayant subi une interruption de service la devait à des incidents de sécurité numérique. L'effet le plus courant de ces incidents, d'après l'étude, était une « interruption du service », aussi bien en 2014 qu'en 2015. Une proportion relativement faible des répondants a signalé des effets évoquant une violation de données (« des données et informations sensibles ont été volées » ou « des informations sur et/ou provenant de mes clients ont été volées ») ou une fraude (« l'attaque a permis aux pirates d'accéder aux comptes bancaires/cartes de crédit de l'entreprise »).

Le coût des incidents de sécurité numérique est important, mais encore difficile à évaluer

Comme nous l'avons noté précédemment, les incidents de sécurité numérique peuvent avoir différents types de conséquences pour les organisations : réputation ternie lorsque la marque est citée, perte de compétitivité si des secrets de fabrique sont dérobés ou perte financière résultant de l'attaque proprement dite (notamment dans les escroqueries très élaborées)[16], d'une perte de chiffre d'affaires, de la désorganisation des opérations (en cas de sabotage, par exemple), du coût de la restauration ou du coût des procédures judiciaires et des amendes[17]. Il est difficile d'estimer le coût effectif des incidents : les organisations sont souvent réticentes à confier des informations qui peuvent leur être dommageables, les actifs intellectuels sont difficiles à évaluer et, souvent, les organisations ne signalent même pas les incidents si elles n'ont aucune obligation légale de le faire, comme dans les cas de vol de secrets de fabrique et de sabotage. Il est également difficile d'évaluer le coût de ces incidents en dehors de l'organisation, pour les individus ou la société par exemple. De plus, des incidents différents n'auront pas le même coût. Or, les estimations sont rarement désagrégées par type d'incidents.

Il s'ensuit qu'il n'existe aucune statistique officielle ni source de données ni méthode largement reconnue pour mesurer le coût complet des incidents. Les données recueillies sont donc en grande partie empiriques. Certaines études fournissent des estimations agrégées qui sont intéressantes, mais doivent néanmoins être utilisées avec précaution. On peut ainsi citer l'étude conjointe du Centre d'études stratégiques et internationales des États-Unis (US Center for Strategic and International Studies) (CSIS, 2014) et d'Intel McAfee, qui estime que le coût annuel probable de la cybercriminalité pour l'économie mondiale se situe entre 375 milliards et 575 milliards USD. D'après cette source, le coût de la cybercriminalité irait de 0.02 % du produit intérieur brut au Japon à 1.6 % en Allemagne, et serait de 0.64 % aux États-Unis et de 0.63 % en Chine. D'autres études donnent des estimations au niveau de l'entreprise sur la base d'enquêtes, mais celles-là aussi doivent être considérées avec précaution, car elles n'échappent pas aux problèmes propres aux enquêtes et, en particulier, au biais introduit par la sélection. En outre, le coût estimé sur la base de certaines de ces enquêtes fluctue parfois considérablement au fil des années, du fait de la distribution « à queue épaisse ». Cette caractéristique fait que les coûts moyen ou médian sont difficiles à interpréter, en particulier quand les statistiques sont décomposées par taille d'entreprises ou quand il manque des secteurs. Dans les études NSBA (2015, 2016), par exemple, le coût estimé des incidents de sécurité numérique pour une entreprise moyenne fluctue considérablement d'une année sur l'autre, passant de 8 700 USD en 2013 à 20 750 USD en 2014, puis à 7 115 USD en 2015.

L'enquête sur les violations de sécurité numérique menée en 2016 au Royaume-Uni a constaté que le coût moyen de l'ensemble des violations, en valeur absolue, était plus élevé pour les microentreprises et les petites structures que pour les entreprises de taille moyenne. La moyenne restait assez stable, indiquant qu'une petite proportion d'incidents dans une petite proportion d'entreprises était vraisemblablement responsable d'une large part du coût total (tableau 6.1). L'enquête menée en 2016 par le Ponemon Institute sur l'état de sécurité numérique des petites et moyennes entreprises confirme que, de façon générale, les petites entreprises perdent moins que les grandes. Elle montre en particulier que le coût/la perte moyen(ne) associé(e) aux incidents augmente avec la taille de l'entreprise. Il n'en reste pas moins vrai que les conséquences de certains incidents peuvent être plus difficiles à surmonter pour les PME, même si le coût ou la perte qu'ils entraînent est plus faible que ce que les grandes entreprises enregistrent[18]. D'après une étude de 2011 citée par la sous-commission Santé et technologie de la commission des petites entreprises à la Chambre des représentants des États-Unis (US House Small Business Subcommittee on Health and Technology), par exemple, 60 % environ des petites entreprises mettent la clé sous la porte dans les six mois qui suivent une attaque de sécurité numérique (Kaiser, 2011).

Tableau 6.1. **Coût de l'ensemble des incidents et des incidents les plus perturbateurs subis au cours des 12 derniers mois, Royaume-Uni, 2016**

GBP

	Toutes les entreprises	Micro/petites	Moyennes	Grandes
Coût de l'ensemble des incidents				
Moyenne	3 480	3 100	1 860	36 500
Médiane	200	200	180	1 300
Coût des incidents les plus perturbateurs				
Moyenne	2 620	2 300	837	32 300
Médiane	100	100	48	323

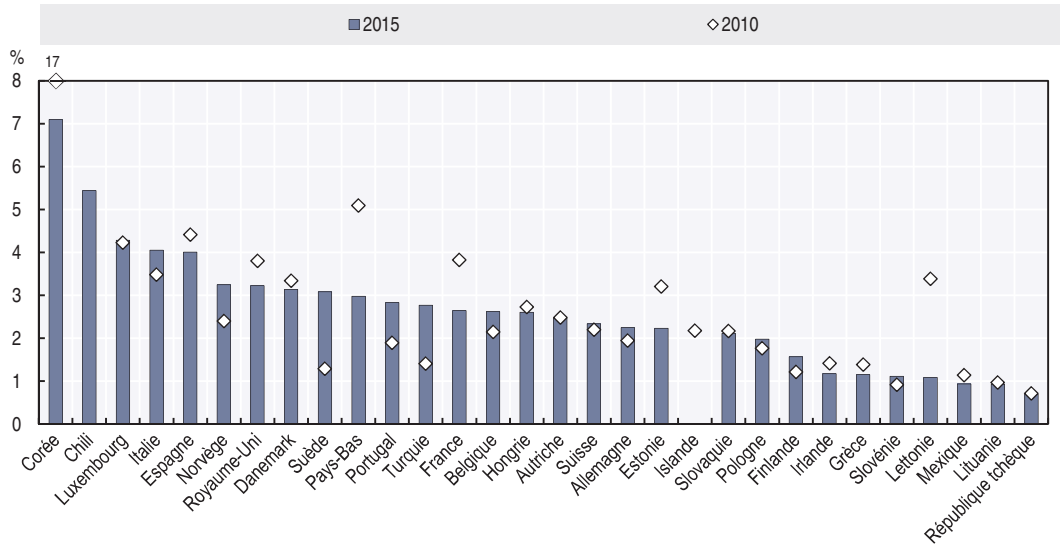
Source : UK Department for Culture, Media & Sport (2016), *2016 Cyber Security Breaches Survey*.

Les risques d'atteinte à la vie privée s'amplifient avec la collecte de données massives et l'utilisation de l'analytique de données

Un nombre croissant d'entités – commerçants en ligne, FAI, prestataires de services financiers (banques, sociétés de cartes de crédit, etc.) et pouvoirs publics, par exemple – collectent un volume de données personnelles de plus en plus important[19]. Cette tendance s'accompagne d'un risque de violation de la vie privée qui croît également. En 2015, 3 % environ de l'ensemble des individus des pays de l'OCDE pour lesquels des données étaient disponibles ont déclaré avoir été victimes d'une violation de leur vie privée dans les trois mois précédents (graphique 6.9). Dans certains pays, cette proportion est beaucoup plus forte, comme en Corée (plus de 7 %), au Chili (presque 6 %) et au Luxembourg (plus de 4 %). Dans de nombreux pays, tels que la Norvège, le Portugal, la Suède et la Turquie, elle a augmenté de façon significative par rapport à 2010. La violation de données personnelles – plus précisément, la violation de la confidentialité de ces données du fait d'activités malveillantes ou d'une perte accidentelle – représente une cause majeure de violation de la vie privée. Cette dernière peut aussi être atteinte par l'extraction d'informations complémentaires obtenues en exploitant les données disponibles pour y détecter des schémas et des corrélations, sachant qu'il n'est pas nécessaire que ces données, pour une grande partie, aient un caractère personnel. Les deux risques, violation de données personnelles et violation de la vie privée résultant d'une utilisation abusive de l'analytique de données massives, sont étudiés plus loin.

Graphique 6.9. **Individus ayant subi une violation de leur vie privée au cours des trois mois précédents**

En pourcentage de l'ensemble des individus



Note : Pour le Chili, le Mexique et la Suisse, les données se rapportent à 2014. Pour l'Islande, les données se rapportent à 2010. Le Chili, la Corée, le Mexique et la Suisse appliquent une méthode différente.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les ménages et les individus* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consultée en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933659994*

Les violations de données personnelles prennent de l'ampleur et retiennent de plus en plus l'attention

Les incidents de sécurité numérique portant atteinte à la confidentialité des données personnelles, couramment désignés par l'expression « violations de données »[20], ont augmenté à mesure que les organisations collectaient et traitaient des volumes plus importants de données personnelles. En 2005, ChoicePoint, une société spécialisée dans le regroupement de données relatives aux consommateurs, a été la cible de l'une des premières violations de données à faire les gros titres, portant sur plus de 150 000 enregistrements personnels[21]. Au final, la société a dû s'acquitter de plus de 26 millions USD de frais et d'amendes. En 2007, un géant de la distribution, TJX, a annoncé qu'il avait été victime d'une intrusion dans son système informatique ; celle-ci concernait plus de 45.7 millions de consommateurs et a coûté à la société plus de 250 millions USD. Depuis lors, les violations de données sont presque devenues monnaie courante. D'après une étude commanditée par le gouvernement britannique, 81 % des grandes organisations du Royaume-Uni ont subi une violation de leur sécurité en 2014 (UK Department for Business Innovation and Skills, 2014)[22]. Les violations de données ne se limitent pas au secteur privé, comme l'ont montré, en 2015, le vol de plus de 21 millions d'enregistrements, y compris 5.6 millions d'empreintes digitales, conservés par le Bureau de gestion du personnel de l'Administration fédérale des États-Unis (US Office of Personnel Management), ainsi que l'intrusion dont a été victime le Service des pensions au Japon et qui concernait 1.25 million de personnes (Otake, 2015).

Il est difficile d'estimer avec précision le coût total des violations de données personnelles. Comme on l'a expliqué plus haut, les estimations disponibles doivent être utilisées avec précaution, étant donné que toutes les violations ne sont pas détectées et que toutes celles qui le sont ne sont pas entièrement divulguées. L'ordre de grandeur donné par

ces estimations incite fortement à croire que les violations de données personnelles font peser sur la société un coût économique certain. Une étude menée au niveau de l'entreprise par le Ponemon Institute indique que le coût total moyen d'un incident de ce type était de 4 millions USD en 2016 (une augmentation de 29 % par rapport à 2013). D'après cette étude, cela correspondrait à un coût moyen de 158 USD par enregistrement perdu, quoique ce chiffre varie considérablement d'un pays et d'un secteur à l'autre. De fait, il a été estimé à 221 USD aux États-Unis et à 61 USD seulement en Inde. Par ailleurs, il atteint généralement un niveau très élevé dans des secteurs particuliers comme la santé ou les transports.

L'élément de coût le plus important pour les entreprises est le plus souvent la perte de chiffre d'affaires, autrement dit : « Cela confirme l'effet d'une violation de données sur la fidélité des consommateurs » (Internet Society, 2016). Vient ensuite le coût de restauration. Sur la base de données empiriques, il apparaît que les actions en justice sont de plus en plus courantes en cas de violation de données. Les émetteurs de cartes de paiement cherchent à faire supporter aux entreprises victimes d'intrusion le coût de l'émission de nouvelles cartes, et les personnes affectées engagent des actions collectives en justice. Les organisations piratées peuvent alors se retrouver à payer des amendes, des frais de justice et des réparations. Aux États-Unis, par exemple, ChoicePoint a déboursé plus de 26 millions USD en frais et amendes à la suite de l'action en justice engagée par la Federal Trade Commission (FTC, 2006). En 2008, une violation des données détenues par l'une des plus grandes sociétés de traitement de cartes de crédit des États-Unis, Heartland Payment Systems, a touché plus de 600 établissements financiers, pour un coût total en amendes et en frais de plus de 12 millions USD (McGlasson, 2009). En 2015, AT&T a accepté de payer 25 millions USD en règlement d'une procédure engagée par la FTC à propos de violations de données ayant touché près de 280 000 clients aux États-Unis (FTC, 2016).

L'analytique de données massives présente de nouveaux risques pour la vie privée des individus

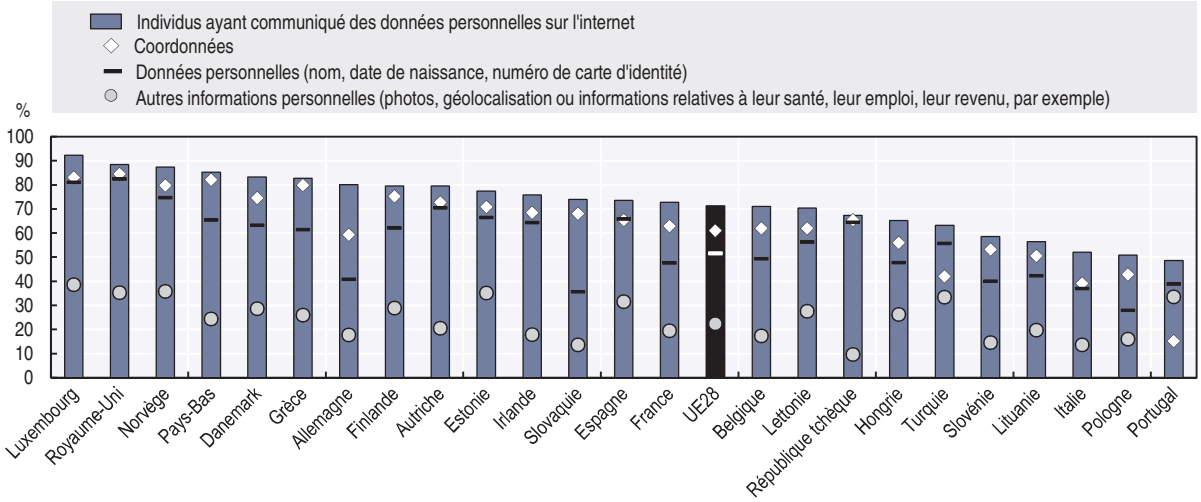
Aujourd'hui, les progrès de l'analytique de données permettent de déduire des informations sensibles à partir de données qui pourraient sembler insignifiantes à première vue, comme les comportements d'achat passés ou la consommation d'électricité d'un individu. Cette capacité accrue de l'analytique de données est illustrée par deux articles de Duhigg (2012) et Hill (2012) respectivement, qui décrivent comment la chaîne de grandes surfaces Target, aux États-Unis, « a deviné qu'une adolescente était enceinte avant que le père de celle-ci ne le découvre » en se fondant sur des signaux bien précis dans l'historique de ses achats[23]. L'utilisation abusive de ces indications peut porter atteinte aux valeurs et principes fondamentaux que la protection de la vie privée cherche à promouvoir, comme l'autonomie des individus, l'égalité et la liberté d'expression, et avoir plus largement des répercussions à l'échelle de la société.

Dans certains cas, les données personnelles sont fournies ou divulguées : 1) volontairement, par l'intermédiaire des médias sociaux et de courriels, par exemple ; ou, dans d'autres cas, parce que la divulgation est obligatoire pour obtenir certains services, par exemple ; ou 2) à l'insu de la personne ou sans son consentement, au moyen d'un dispositif de suivi du survol des pages web, par exemple. Dans l'Union européenne, plus de 60 % de l'ensemble des individus ont fourni leurs données personnelles sur l'internet (graphique 6.10). La plupart d'entre eux donnent des éléments permettant de les identifier (nom, date de naissance, numéro de carte d'identité) ainsi que leurs coordonnées, mais un tiers environ

de ces personnes ont transmis d'autres informations personnelles, comme des photos, des données de géolocalisation et des renseignements sur leur santé et leur revenu. Les autres données personnelles sont collectées au moyen des capteurs qui équipent les smartphones, les tablettes, les ordinateurs portables, les technologies portables et même les vêtements, les automobiles, les habitations et les bureaux. En outre, de plus en plus souvent, de nouvelles données sont dérivées ou inférées sur la base de corrélations relevées dans les données existantes (Abrams, 2014). Les types de données personnelles collectés et les moyens utilisés pour ce faire peuvent varier d'un secteur à l'autre (graphique 6.11). Les services d'utilité publique, par exemple, auront plutôt tendance à recueillir leurs données massives à l'aide de capteurs et à utiliser les données de géolocalisation des appareils mobiles. Ces derniers sont également mis à contribution dans le secteur des transports. Les données des médias sociaux, quant à elles, sont utilisées en grande partie par les secteurs du logement et de l'alimentation, principalement à des fins commerciales.

Graphique 6.10. **Individus ayant communiqué des données personnelles sur l'internet, 2016**

En pourcentage des individus ayant utilisé l'internet au cours de l'année précédente



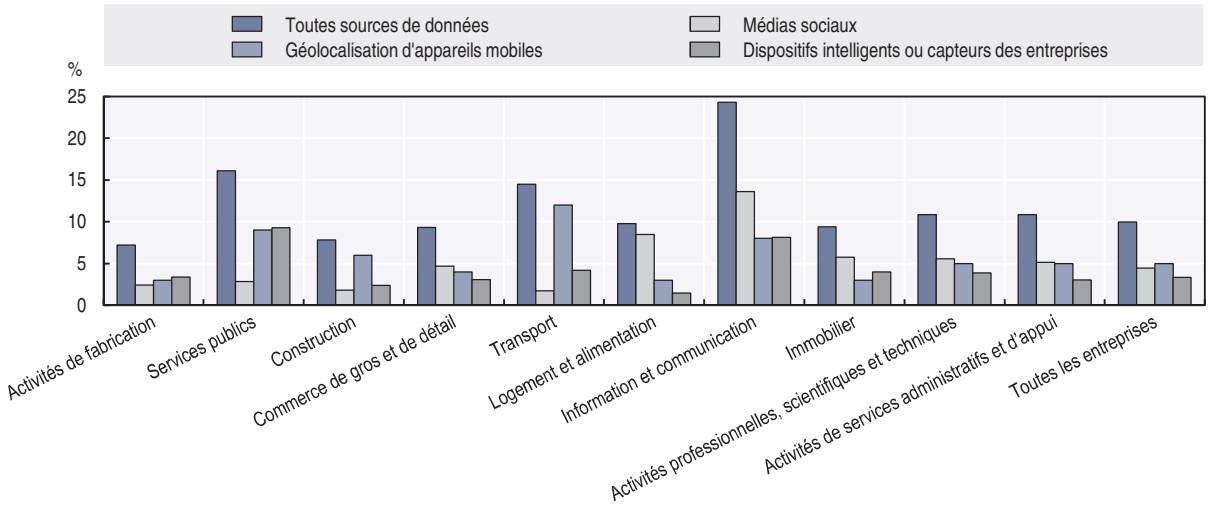
Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660013*

En collectant et analysant d'importants volumes de données sur les consommateurs, les entreprises sont à même de prédire des tendances globales, telles que des variations de la demande, et des préférences individuelles, réduisant ainsi au minimum les risques de stock et maximisant le rendement des investissements de marketing. L'observation des comportements individuels permet en outre aux entreprises de comprendre comment améliorer leurs produits et services, ou comment redéfinir ceux-ci, de façon à tirer parti du comportement observé. Ces pratiques peuvent aussi bénéficier aux consommateurs : un marketing ciblé peut leur apporter des informations utiles, puisque les messages publicitaires sont adaptés à leurs centres d'intérêt (Acquisti, 2010). Cependant, cette capacité de profilage des individus pour leur servir des messages et des offres marketing ciblés peut aussi avoir des effets préjudiciables : certains consommateurs ne seront pas nécessairement d'accord avec cette observation de leurs activités en ligne ; ils peuvent se retrouver à payer plus cher du fait d'une différenciation des prix ; ou être manœuvrés et incités à acheter des produits ou des services dont ils n'auraient pas besoin (OCDE, 2015b).

Graphique 6.11. **Utilisation de données massives par les entreprises, par source de données et par secteur, groupe UE28, 2016**

En pourcentage du nombre total d'entreprises



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660032*

Le risque de cyberfraude augmente avec l'importance du commerce électronique

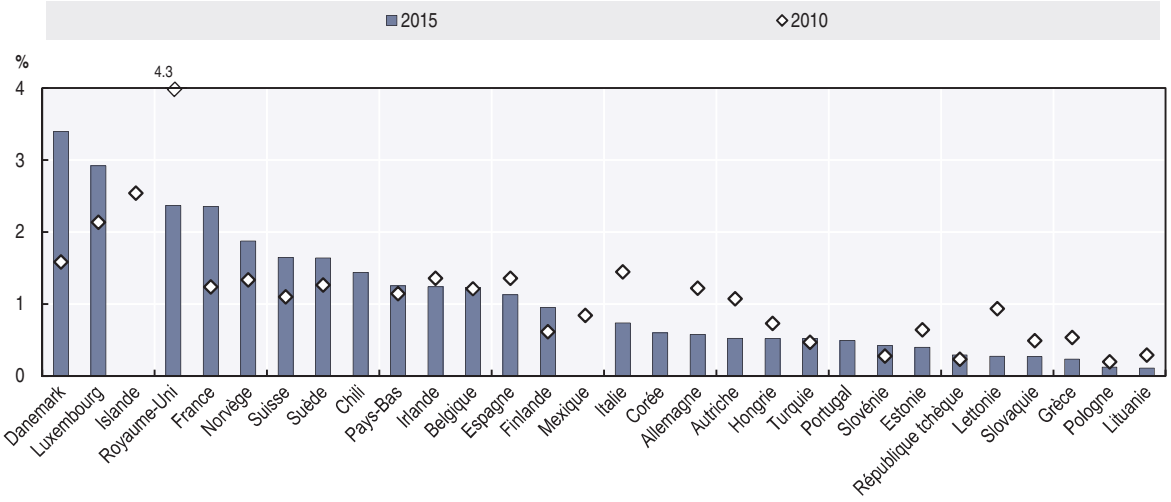
Les cas de cyberfraude déclarés se sont multipliés et diversifiés dans de nombreux pays. Au Danemark, en France, au Luxembourg, en Norvège et en Suède, par exemple, 2 % environ de l'ensemble des individus ont subi une perte financière due à un paiement frauduleux en ligne au cours du dernier trimestre de 2015, et cette proportion a augmenté par rapport à 2010 dans beaucoup de pays (graphique 6.12). Aux États-Unis uniquement, plus de 3 millions de plaintes (hors démarchage téléphonique indésirable – « *do-not-call* ») ont été enregistrées dans la base de données *Consumer Sentinel Network* (CSN) en 2016. Les sous-catégories de plaintes liées à l'utilisation de l'internet qui reviennent le plus fréquemment – et qui gagnent en importance – sont notamment les suivantes : « escroquerie par un imposteur » (13 %), « usurpation d'identité » (13 %) et « services téléphoniques et mobiles » (10 %)[24]. Cela étant, le nombre croissant de plaintes déposées n'est que partiellement imputable à des opérations effectuées sur l'internet ; il pourrait aussi résulter d'incidents téléphoniques (hors voix par IP). Des données supplémentaires sont donc nécessaires pour évaluer le phénomène de façon plus approfondie. Il faut noter que les plaintes qui figurent dans la base CSN sont auto-déclarées et non vérifiées, et qu'elles ne représentent pas nécessairement un échantillon aléatoire des préjudices subis par les consommateurs sur tel ou tel marché. Les sections qui suivent présentent l'évolution actuelle de l'usurpation d'identité et des pratiques commerciales frauduleuses et trompeuses.

Comme on l'a souligné précédemment, les violations de données personnelles, en plus d'entraîner des pertes économiques importantes pour les entreprises qui en sont victimes, causent aussi un préjudice aux individus auxquels appartiennent les données compromises, du fait de la violation de leur vie privée. D'autres préjudices peuvent aussi s'ensuivre pour ces personnes, tels que ceux qu'entraîne l'usurpation d'identité. Les données dont on dispose semblent indiquer que les incidents d'usurpation d'identité, en particulier ceux consécutifs à un hameçonnage ou à un clonage de sites, ont augmenté ces dernières années. Sur plus de

3 millions de plaintes reçues par le CSN aux États-Unis en 2016, par exemple, plus de 13 % avaient trait à une usurpation d'identité. Entre 2008 et 2016, le nombre de plaintes pour ce motif a progressé en moyenne de plus de 30 % par an, pour atteindre un pic en 2015, avec plus de 490 000 plaintes[25]. Toutes n'étaient cependant pas liées à des activités en ligne : « Les fraudes en matière d'emploi ou d'imposition (34 %) ont été la forme la plus courante d'usurpation d'identité déclarée, suivies des fraudes relatives aux cartes de crédit (33 %), de celles portant sur les services téléphoniques ou autres services publics (13 %) et des fraudes bancaires (12%) » (FTC, 2017). En 2015, on a également observé une forte augmentation de la proportion d'individus ayant subi une perte financière après un hameçonnage ou un clonage de sites dans de nombreux pays de l'OCDE, et principalement en Belgique, au Luxembourg, en Suède, en Norvège, au Danemark et en France (graphique 6.13). Cette proportion n'a diminué de façon significative que dans un petit nombre de pays, comme l'Autriche, l'Italie, l'Irlande et la Lettonie. Un examen plus approfondi est nécessaire pour évaluer dans quelle mesure les politiques publiques ont été déterminantes dans cette baisse.

Graphique 6.12. **Individus ayant subi une perte financière du fait d'un paiement en ligne frauduleux au cours des trois derniers mois**

En pourcentage de l'ensemble des individus



Note : Pour le Chili et la Suisse, les données se rapportent à 2014 au lieu de 2015. Pour le Mexique, les données se rapportent à 2009 au lieu de 2010.

Source : OCDE, *Accès des ménages et des individus aux TIC et utilisation* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consultée en juin 2017).

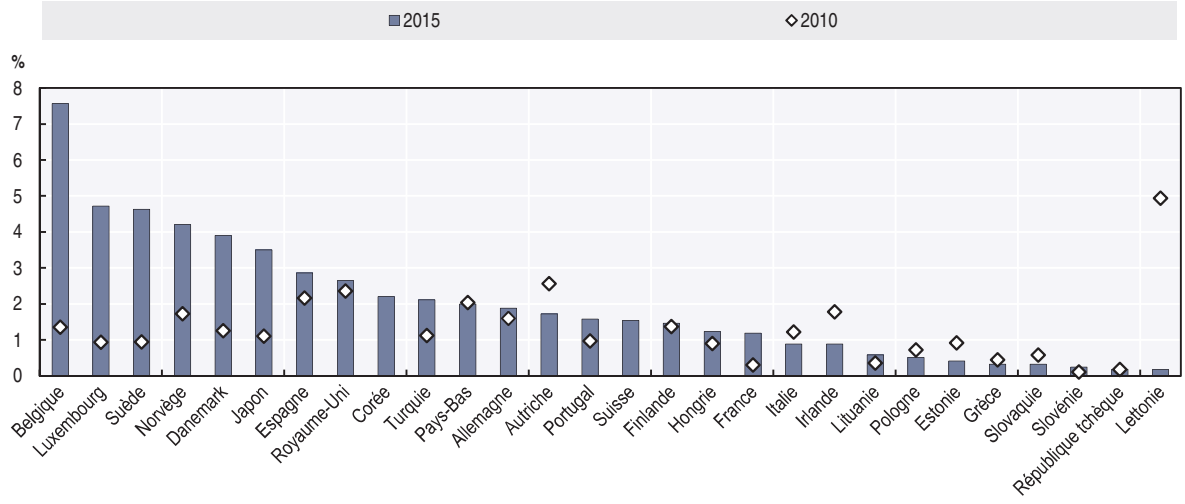
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660051*

Les pratiques commerciales frauduleuses et trompeuses peuvent aussi causer un réel préjudice aux consommateurs et réduire leur confiance dans le commerce électronique[26]. D'après les données du site econsumer.gov, une initiative du RICPC réunissant 36 pays qui permet aux consommateurs de déposer des plaintes transnationales, les trois premières catégories de plaintes pour 2016 ont été les suivantes : 1) « Ventes à domicile/ventes sur catalogue » ; 2) « Imposture : gouvernements » ; et 3) « Voyages et vacances ». De la même manière, les données disponibles pour l'Union européenne montrent que les consommateurs sont de plus en plus souvent confrontés à des pratiques frauduleuses et trompeuses de cette nature. Les principales difficultés rencontrées lors des achats en ligne dans le groupe de pays UE27, hormis les problèmes techniques, étaient liées à un délai de livraison plus long que celui indiqué. Approximativement 20 % de l'ensemble des consommateurs de l'UE

qui achètent en ligne en ont fait l'expérience en 2016 (contre 5 % en 2009). La livraison du mauvais produit ou d'un produit endommagé, une situation rencontrée par 10 % environ de l'ensemble des consommateurs de l'UE en 2016 (contre 4 % environ en 2009), est une autre difficulté majeure. Les autres problèmes, chacun touchant entre 3 % et 6 % de tous les consommateurs de l'UE, sont la fraude, les difficultés à trouver des informations sur les garanties et autres droits reconnus par la loi, des prix plus élevés au final que ceux initialement annoncés et une gestion insatisfaisante des réclamations et des réparations. Tous ces problèmes ont augmenté de façon significative par rapport à 2009.

Graphique 6.13. **Individus ayant subi une perte financière du fait d'un hameçonnage ou d'un clonage de sites au cours des trois derniers mois**

En pourcentage de l'ensemble des individus



Note : Pour la Suisse, les données se rapportent à 2014 au lieu de 2015.

Source : OCDE, *Accès des ménages et des individus aux TIC et utilisation* (base de données), *http://oe.cd/hhind* (consultée en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660070*

Instaurer et renforcer la confiance dans l'économie numérique

Si la confiance peut s'effriter au fil du temps lorsqu'elle est abusée, elle peut aussi être instaurée et renforcée. Les individus (y compris les consommateurs) et les entreprises disposent de moyens différents pour renforcer leur confiance. Les consommateurs, par exemple, peuvent tirer profit des avis et témoignages déposés en ligne – à condition que ceux-ci soient véridiques et transparents – ainsi que des outils de comparaison de produits pour compenser l'asymétrie de l'information entre particuliers et entreprises (OCDE, 2016e). Par ailleurs, les pratiques de gestion du risque, et en particulier le processus d'évaluation des risques, fournissent aux organisations les informations nécessaires pour déterminer s'il leur est possible d'investir dans une technologie numérique et d'utiliser celle-ci avec un niveau de risque acceptable. Enfin, certaines technologies ont pour objet de renforcer la confiance, comme les technologies protectrices de la vie privée et les outils de sécurité numérique. Plus récemment, on a beaucoup parlé du chaînage par blocs, une technologie émergente qui permettrait aux utilisateurs d'être plus en confiance lors d'opérations, sans qu'il soit besoin de recourir à un tiers de confiance (chapitre 7). Ces moyens de renforcement de la confiance sont examinés plus en détail ci-après. En revanche, cette section n'aborde pas le rôle des politiques publiques visant à améliorer la confiance dans l'économie numérique, qui est examiné au chapitre 2.

L'autonomisation des individus et des entreprises demeure nécessaire pour mieux aborder les problèmes de confiance

Être conscient des risques en matière de sécurité numérique et de respect de la vie privée et être correctement informé sur ces risques sont les conditions de base pour pouvoir aborder les grands problèmes de confiance dans l'économie numérique. D'après l'enquête Eurobaromètre spéciale (CE, 2015c), « les répondants qui ont le sentiment d'être correctement informés sur les risques liés à la cybercriminalité sont plus susceptibles d'utiliser l'internet pour l'ensemble de leurs activités que ceux qui se sentent sous-informés ». Ils sont également plus susceptibles de prendre des mesures pour faire face à ces risques. Ainsi, 32 % des répondants bien informés changent régulièrement leurs mots de passe, contre 19 % pour ceux qui ne se sentent pas suffisamment informés. Les individus vivant au Danemark, aux Pays-Bas et en Suède ont davantage de chances d'être bien informés sur les risques liés à la cybercriminalité et de ne pas redouter d'en être victimes. Dans des pays tels que la Grèce, la Hongrie, l'Italie et le Portugal, la situation est inverse : les individus ont moins de chances de se sentir bien informés et aussi d'utiliser des services numériques, comme la banque ou le commerce en ligne. Cela indique qu'il pourrait y avoir une corrélation inverse entre le fait d'être correctement informé sur les risques de sécurité numérique et d'atteinte à la vie privée, et celui de redouter d'être victime d'incidents de ce type. Cela souligne également l'importance de la sensibilisation, des compétences et de l'autonomisation comme il ressort, par exemple, de la Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la gestion du risque de sécurité numérique pour la prospérité économique et sociale (OCDE, 2015a)[27].

Il y a longtemps également que l'on reconnaît l'importance de la sensibilisation, des compétences et de l'autonomisation pour la protection de la vie privée (OCDE, 2015b). Des moyens permettant d'offrir aux individus des mécanismes plus performants pour garder le contrôle de leurs données personnelles ont notamment été débattus, comme la portabilité des données (chapitre 2). Ainsi que le montre le graphique 6.14, par exemple, 60 % des internautes de l'Union européenne gèrent déjà l'accès à leurs données personnelles. Pour ce faire, ils : 1) limitent l'utilisation de leurs données personnelles à des fins publicitaires (40 % de l'ensemble des internautes) ; 2) limitent l'accès à leur profil sur les réseaux sociaux (35 %) ; 3) restreignent l'accès à leur situation géographique (30 %) ; et 4) demandent aux sites web de mettre à jour ou de supprimer les informations qu'ils détiennent sur eux. Il est intéressant de noter que, dans des pays comme le Danemark, les Pays-Bas et la Suède, où la probabilité d'être correctement informé sur les risques liés à la cybercriminalité est plus forte, les individus sont aussi plus susceptibles de gérer leurs données personnelles sur l'internet. À l'inverse, les pays où les gens se sentent insuffisamment informés sur ces mêmes risques se classent aussi en dessous de la moyenne pour la proportion d'individus gérant l'utilisation de leurs données personnelles sur l'internet. Les sections qui suivent examinent l'évolution des moyens permettant d'autonomiser les individus et les entreprises, comme l'utilisation de technologies de renforcement de la confiance, la réduction de l'asymétrie de l'information et le renforcement des compétences en matière de sécurité numérique et de protection de la vie privée (gestion du risque).

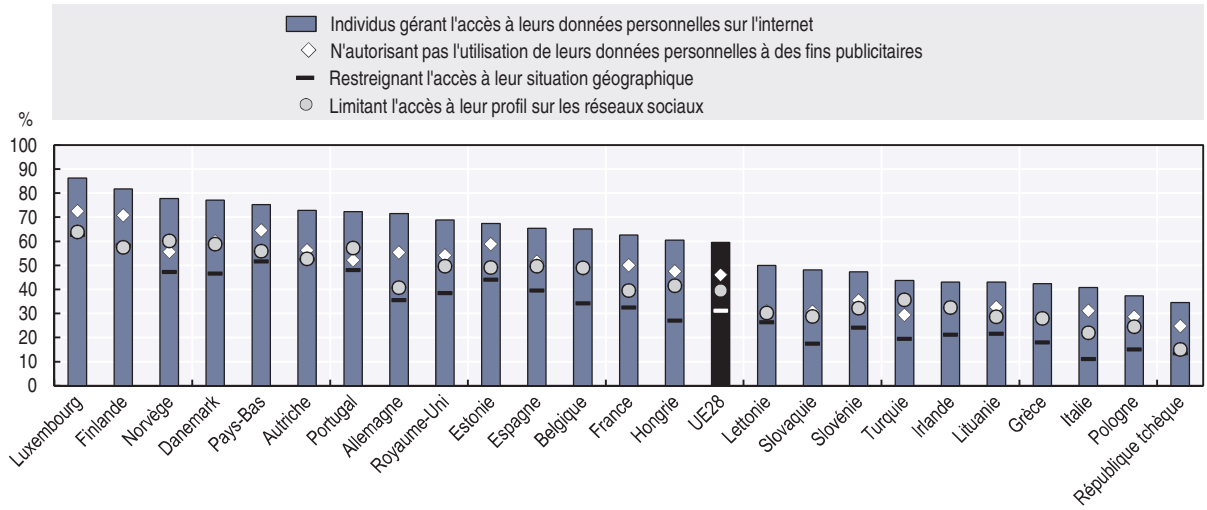
Les technologies de renforcement de la confiance sont nécessaires mais non suffisantes pour autonomiser les individus et les entreprises

Quantité de données attestent d'une utilisation croissante des technologies de renforcement de la confiance, mais on constate également de nettes variations selon les pays, la taille des entreprises et les secteurs. D'après l'enquête menée en 2016 par le Ponemon

Institute sur l'état de sécurité numérique des petites et moyennes entreprises, les dispositifs de neutralisation des logiciels malveillants, les pare-feux installés sur les postes clients et la protection/gestion des mots de passe sont les outils de sécurisation les plus utilisés. En Corée, l'enquête de 2015 sur la sécurité des informations dans les entreprises a révélé que la plus grande partie, et de loin, des répondants avaient investi ou envisageaient d'investir dans la sécurité de leur réseau local sans fil.

Graphique 6.14. **Individus gérant l'utilisation de leurs données personnelles sur l'internet, 2016**

En pourcentage des individus ayant utilisé l'internet au cours de l'année précédente



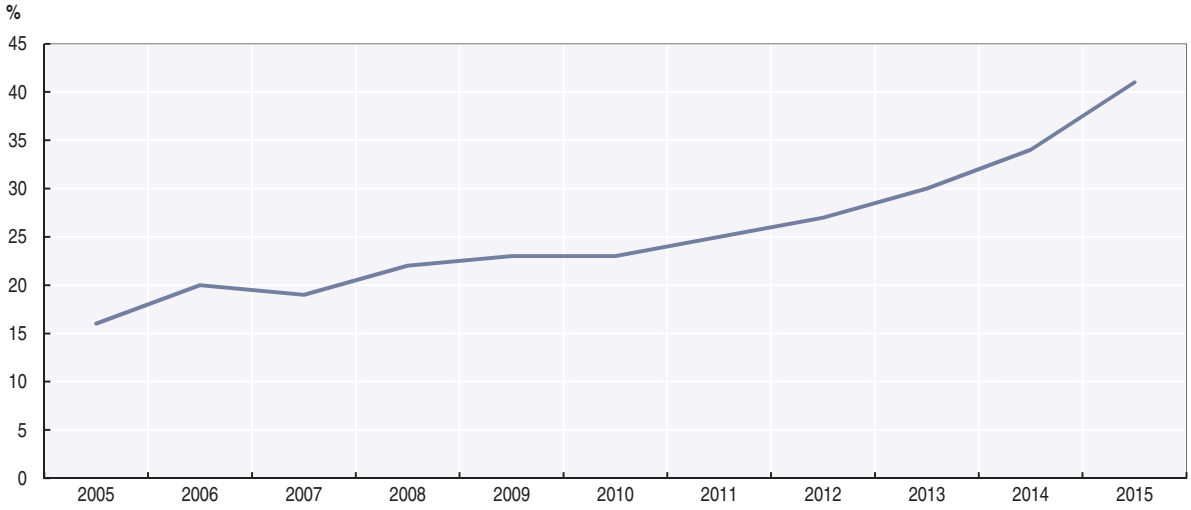
Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933660089

À mesure que les produits (biens et services) et les procédures opératoires des entreprises deviennent plus gourmands en données et que ces données se propagent dans un nombre croissant de lieux de stockage – tels que les appareils mobiles et le nuage –, le chiffrement est de plus en plus souvent considéré comme un complément indispensable aux mesures de protection existantes, centrées sur l'infrastructure. D'après une étude de l'évolution des applications de chiffrement menée en 2016 par Thales e-security sur plus de 5 000 répondants dans 14 secteurs industriels majeurs et 11 pays, le chiffrement n'avait jamais été aussi intensivement utilisé dans les 11 années d'historique de l'enquête qu'après l'accélération enregistrée en 2014. Les entreprises sont aussi plus nombreuses à opter pour une stratégie de chiffrement à l'échelle de l'organisation. En 2015, 41 % des entreprises interrogées indiquaient avoir largement déployé cette stratégie, contre 34 % en 2014 et 16 % en 2005 (graphique 6.15). L'Allemagne, les États-Unis, le Japon et le Royaume-Uni se classent au-dessus de la moyenne pour la part des entreprises ayant déployé ou déployant une stratégie de chiffrement à l'échelle de l'entreprise (avec 61 %, 45 %, 40 % et 38 % respectivement). Les principales raisons avancées par les entreprises interrogées pour expliquer l'adoption rapide du chiffrement ces dernières années sont la réglementation relative au respect de la vie privée[28], les menaces pesant sur la sécurité numérique et ciblant la propriété intellectuelle en particulier, ainsi que la protection des données des salariés et des clients. Ce sont surtout les entreprises des secteurs fortement réglementés manipulant de gros volumes de données (données massives) qui arrivent en tête du classement des

utilisateurs intensifs du chiffrement. Cela comprend notamment : les services financiers, le secteur de la santé et l'industrie pharmaceutique, et les entreprises spécialisées dans les technologies et les logiciels.

Graphique 6.15. **Large déploiement du chiffrement par les entreprises à l'échelle mondiale**



Note : Étude fondée sur 5 000 répondants représentant 14 secteurs industriels et 11 pays.
Source : Thales e-Security (2016), *2016 Encryption Application Trends Study*.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933660108

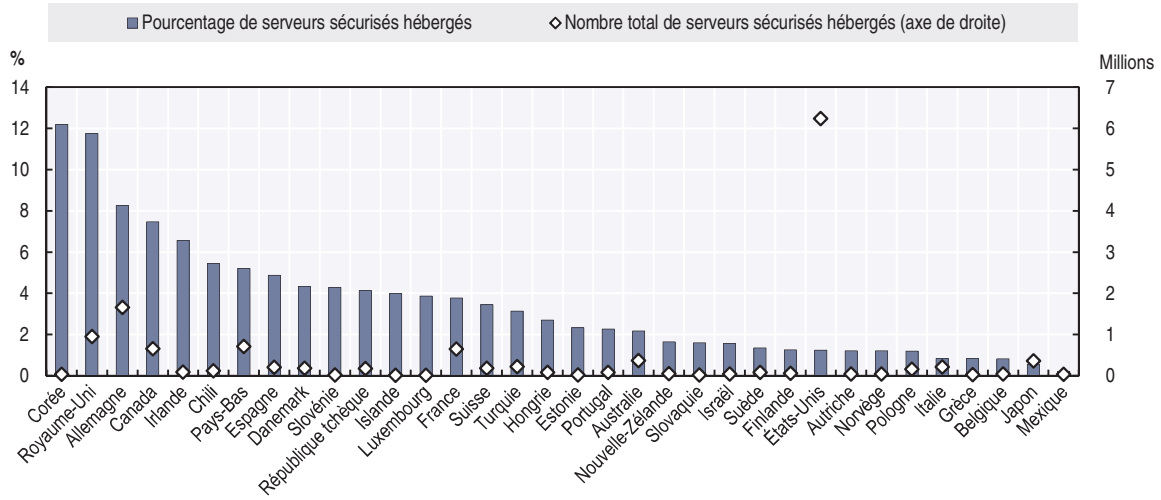
Les communications internet (le protocole TLS [Transport Layer Security] ou son prédécesseur SSL [Secure Socket Layer]) se classent toujours en tête de l'utilisation d'applications de chiffrement tous secteurs confondus, avant les bases de données et les appareils mobiles. SSL est un protocole de sécurité utilisé par les navigateurs internet et les serveurs web pour échanger des informations sensibles, comme des mots de passe et des numéros de carte de crédit. Il s'appuie sur une autorité de certification, comme celle fournie par des sociétés telles que Symantec et GoDaddy, qui émettent un certificat numérique contenant une clé publique et des informations sur son propriétaire, et confirment qu'une clé publique donnée appartient bien à un site particulier. Ce faisant, les autorités de certification agissent comme un tiers de confiance. Par le passé, toutefois, les autorités de certification ont été la cible d'une série d'incidents de sécurité (voir, par exemple, l'incident de 2001 qui a touché DigiNotar, une société basée aux Pays-Bas).

Netcraft mène des enquêtes mensuelles de serveurs sur les sites web publics sécurisés (à l'exclusion des serveurs de messagerie sécurisés, des intranets et des sites extranets non publics). D'après l'enquête de mars 2017, plus de 27 millions de serveurs sécurisés ont été mis en place dans le monde. Cela correspond à un taux de croissance moyen composé de 65 % par an (comparé à 2.2 millions en 2012). Les taux de croissance ont connu une accélération en 2014. Avant cela, le nombre de serveurs progressait de 20 % environ d'une année sur l'autre[29]. En mars 2017, le nombre de serveurs sécurisés hébergés dans la zone OCDE était légèrement supérieur à 14 millions, soit 83 % du parc total mondial de serveurs sécurisés[30]. Les États-Unis représentaient la plus large proportion de ces serveurs (6.2 millions), soit 38 % du parc mondial. Venaient ensuite l'Allemagne (1.7 million) et le Royaume-Uni (953 000) (graphique 6.16). Comparé au nombre total de sites hébergés, cependant, la plupart des pays enregistrent encore des résultats médiocres si l'on considère

la proportion des serveurs sécurisés sur le nombre total de serveurs que ces pays hébergent. Aux États-Unis, par exemple, moins de 1 % de l'ensemble des serveurs hébergés utilisent le protocole SSL ou TLS[31].

Graphique 6.16. **Serveurs sécurisés par pays d'hébergement, mars 2017**

En pourcentage du nombre total de serveurs sécurisés et en millions



Source : Netcraft, *www.netcraft.com*, (consulté en avril 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933660127

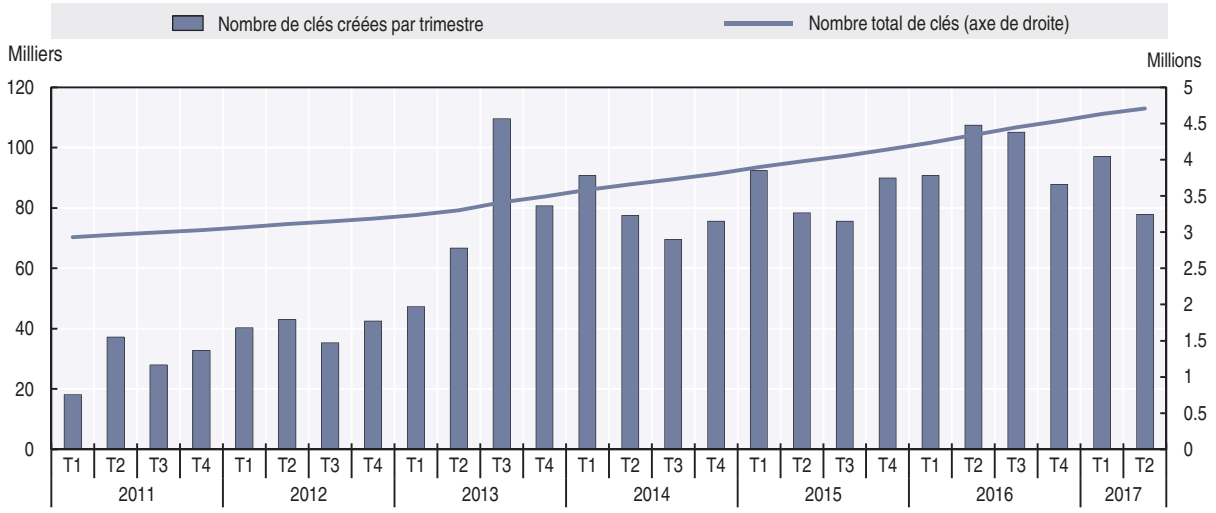
L'emploi du chiffrement s'est également intensifié sur le marché des biens et services de consommation, où des sociétés comme Apple et Google continuent d'accroître leur utilisation implicite de cette technique (OCDE, 2015b). Les plus récents systèmes d'exploitation mobiles de ces entreprises chiffrent systématiquement presque toutes les données stockées (en plus des données en transit). En outre, la demande de chiffrement de bout en bout a considérablement augmenté ces dernières années, avec l'adoption croissante d'applications telles que Signal Private Messenger et Threema et le fait que des applications populaires telles que WhatsApp s'emploient également à déployer ce mode de protection[32]. L'intérêt croissant des utilisateurs pour le chiffrement apparaît également dans l'adoption de technologies protectrices de la vie privée telles que OpenPGP (Pretty Good Privacy), un logiciel de chiffrement des données plus couramment utilisé pour sécuriser les courriels. D'après les données collectées par Fiskerstrand (2017), plus de 1 100 nouvelles clés PGP sont ajoutées quotidiennement. Les données montrent en particulier que, dans les mois qui ont suivi les révélations d'Edward Snowden (3e trimestre 2013), la création de clés PGP a atteint un pic historique ; au troisième trimestre 2017, près de 101 000 nouvelles clés ont été ajoutées (graphique 6.17). Cette corrélation n'implique pas une relation de cause à effet et demanderait à être analysée plus en détail.

L'autre exemple de technologie protectrice de la vie privée présentant un profil d'adoption similaire est Tor (à l'origine, l'acronyme de The Onion Router), un réseau d'anonymisation qui permet à tout un chacun d'utiliser l'internet sans dévoiler l'endroit où il se trouve ni son identité[33]. Le graphique 6.18 indique clairement que le nombre total d'utilisateurs de Tor dans le monde a augmenté de façon spectaculaire dans la seconde moitié de 2013, à la suite des révélations d'Edward Snowden[34]. Bien que cet essor ait été tout aussi rapidement suivi d'une baisse, le nombre d'utilisateurs quotidiens est demeuré à un niveau supérieur

à ce qu'il était précédemment, 2 millions environ après les révélations d'Edward Snowden, contre moitié moins avant. La plus grande part des utilisateurs quotidiens se trouve aux États-Unis (environ 20 %), suivis par l'Allemagne, la République islamique d'Iran, la France, l'Italie, la Corée et la Fédération de Russie.

Graphique 6.17. **Évolution du nombre de clés OpenPGP créées**

Nombre de clés OpenPGP créées quotidiennement



Source : Calculs de l'auteur, d'après les données collectées par Kristian Fiskerstrand (sks-keyservers.net) (consulté en juin 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660146*

Graphique 6.18. **Nombre journalier d'utilisateurs de tous pays se connectant directement, septembre 2011-août 2017**



Source : The Tor Project, *https://metrics.torproject.org*, (consulté en août 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660165*

Les consommateurs attachent de plus en plus d'importance aux avis, témoignages et outils de comparaison de produits

Les consommateurs préparent de plus en plus leurs décisions d'achat en consultant les avis et témoignages laissés en ligne par d'autres consommateurs. Une enquête web menée en 2013 par le Réseau des centres européens des consommateurs indique que 82 % des

répondants consultent les avis formulés par d'autres consommateurs avant leurs achats en ligne (ECCN, 2015). Dans son rapport sur les avis et témoignages en ligne (*online reviews and endorsements*), l'autorité chargée de la concurrence et des marchés (Competition & Markets Authority) a constaté qu'au Royaume-Uni, plus de la moitié des adultes utilisaient les avis en ligne et a estimé à 23 milliards GBP (28.5 milliards USD) le montant annuel des achats influencés par ces avis (CMA, 2015a). L'influence des avis et des témoignages s'accroît plus encore du fait du développement du marché des plateformes mettant en relation des particuliers, où la confiance que l'on accorde à des vendeurs inconnus repose souvent sur ces éléments d'information. Les entreprises font aussi une utilisation croissante des avis pour assurer la publicité de leurs produits. Il est donc encore plus important de s'assurer que les avis et témoignages publiés sur les plateformes mettant en relation des particuliers ne sont pas mensongers (RICPC, 2016).

Lorsqu'ils sont authentiques, les avis sont utiles aux consommateurs, car ils leur apportent des informations non biaisées et l'opinion d'autres utilisateurs sur la qualité des produits et des services. Ils peuvent donner aux consommateurs le sentiment qu'ils ont leur mot à dire en leur offrant une possibilité de contester l'information fournie par les entreprises. Ils apportent aussi à celles-ci un retour d'informations qui peut les aider à améliorer leurs produits et services. L'augmentation rapide de l'adoption et de l'utilisation de ces outils et l'influence qu'ils peuvent avoir sur les décisions des consommateurs ont cependant éveillé des inquiétudes quant à leur véracité. Des voix se sont élevées pour interroger le fait que ces avis soient véritablement représentatifs des expériences faites par les consommateurs (CE, 2017). L'un des problèmes est celui des faux avis, qui peuvent tromper les consommateurs et les inciter à prendre une décision qu'ils n'auraient pas prise sans cela, entraînant une perte financière et une moindre jouissance des biens et services concernés. Les consommateurs ont tendance à supposer que les données fournies sont fiables. Une enquête de 2014 sur les avis de consommateurs montre que les consommateurs canadiens et américains ont plutôt tendance à se fier à ce qu'ils lisent, puisque 88 % ont déclaré avoir autant confiance dans les avis en ligne que dans les recommandations reçues personnellement. À l'inverse, des travaux de recherche de 2016 semblent indiquer que les trois quarts des consommateurs interrogés dans 10 pays de l'UE n'accordent pas une confiance sans réserve aux avis en ligne (CE, 2017). Il est difficile d'évaluer l'étendue du problème des faux avis ; on estime qu'ils représenteraient entre 1 % et 16 % de l'ensemble (Valant, 2015).

Les témoignages sur les produits sont étroitement liés aux avis ; ces déclarations s'appuient sur l'expérience qu'un individu a eue d'un produit ou d'un service. Là encore, la question de la véracité se pose, car certains témoignages résultent de relations commerciales que les entreprises taisent aux consommateurs. Ainsi, il arrive que des célébrités fassent la promotion d'un produit dans les médias sociaux, sans préciser qu'elles ont été payées pour le faire ou qu'elles ont reçu d'autres compensations, comme des produits gratuits ou des voyages (Frier et Townsend, 2016). La *Recommandation du Conseil sur la protection du consommateur dans le commerce électronique* publiée en 2016 par l'OCDE (OCDE, 2016d) aborde ce point et dit notamment : « Les témoignages utilisés dans la publicité et le marketing devraient être véridiques, fondés et refléter l'avis et l'expérience effective de leurs auteurs. L'existence d'un quelconque lien substantiel entre les entreprises et ceux qui livrent leur témoignage en ligne, dans la mesure où ce lien est susceptible d'influer sur la valeur ou la crédibilité que les consommateurs accordent à ce témoignage, devrait être indiquée de façon claire et ostensible. » Comme le prévoit cette recommandation, un certain nombre de pays de l'OCDE ont pris des mesures coercitives pour régler ce problème.

Les sites web de comparaison des prix et des produits sont un autre aspect du cadre d'information des consommateurs, en pleine transformation. Ces comparateurs sont devenus des outils très populaires auprès des consommateurs dans de nombreux secteurs, comme l'assurance, l'énergie, les services de télécommunication et les cartes de paiement. Une enquête de 2015 menée par la UK Competition & Markets Authority révèle que 71 % des répondants ayant fait des achats en ligne au cours des trois années précédentes avaient utilisé un site web de comparaison des prix et des produits pour rechercher des informations (CMA, 2015b). Ces sites de comparaison peuvent aider les consommateurs à se sentir mieux informés et mieux armés en leur facilitant l'accès à différentes offres et en réduisant leur temps de recherche. Ils permettent également aux consommateurs de prendre une décision sur la base de ces informations, en leur fournissant une analyse très personnalisée du meilleur rapport qualité-prix pour les biens et les services qu'ils achètent (UKRN, 2016).

Malgré quelques avantages pour les consommateurs, l'efficacité des sites de comparaison peut être amoindrie par des publicités mensongères et trompeuses. Une étude financée par la Commission européenne a constaté que deux tiers des consommateurs qui utilisaient des comparateurs avaient rencontré un problème, comme l'indisponibilité du produit dont le site du vendeur faisait la publicité (32 %) ou des prix incorrects (21 %). La plupart des outils de comparaison testés ne donnaient aucune information sur leur modèle économique ni sur leur relation avec les fournisseurs (ECME Consortium, 2013). Une étude de 2014 des avis déposés en ligne sur des hôtels pointait plusieurs problèmes de transparence, les sites web n'étant que 30 % environ à expliquer comment leur système d'évaluation ou de notation fonctionnait (CE, 2014).

Les compétences en matière de sécurité et de protection de la vie privée sont essentielles et la demande de telles compétences croît rapidement

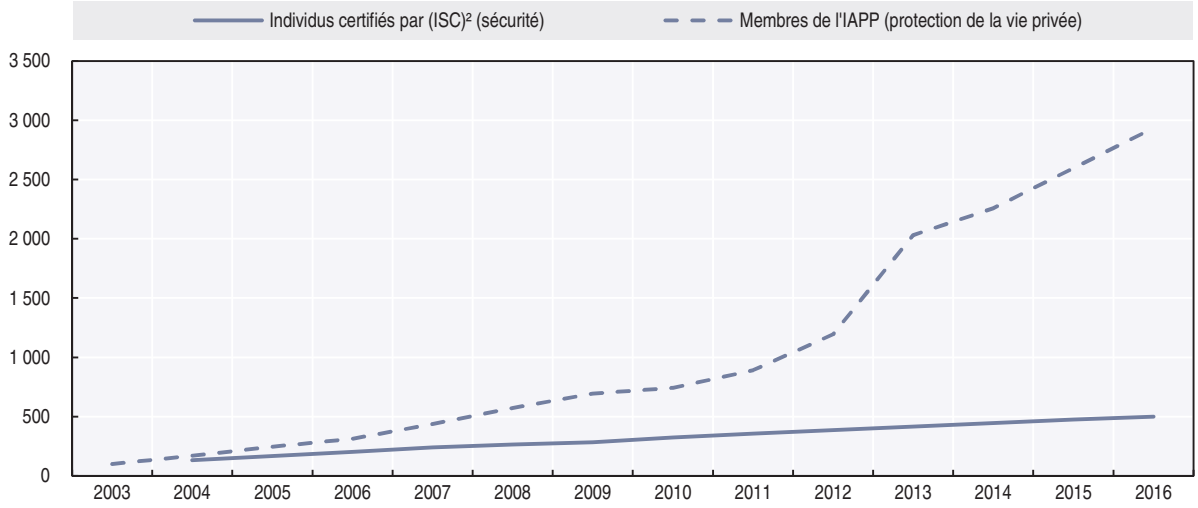
L'importance et la visibilité croissantes des risques de sécurité et d'atteinte à la vie privée ont augmenté le nombre des nouveaux emplois possibles pour les spécialistes de ces domaines. La demande de compétences spécialisées en sécurité continue de croître régulièrement, comme elle l'a fait au cours de la dernière décennie, tandis que la demande de spécialistes de la protection de la vie privée s'est nettement intensifiée ces dernières années (graphique 6.19). Néanmoins, parvenir à localiser les professionnels disponibles et dotés des compétences requises en matière de sécurité et de protection de la vie privée reste un défi pour les organisations qui cherchent à renforcer leurs capacités dans ces domaines (OCDE, 2015a).

L'organisation International Information Systems Security Certification Consortium – $(ISC)^2$ – estime le chiffre total de la population active travaillant dans la sécurité numérique en 2014 à 3.4 millions de personnes et prévoit un taux de croissance moyen composé de près de 6 % sur les cinq ans jusqu'à 2019. D'après la distribution des répondants à l'enquête, 46 % sont des praticiens (principalement des analystes de la sécurité de l'information) et les autres sont des cadres : directeurs de la sécurité de l'information et cadres de direction (12 %), cadres (20 %), auditeurs (5 %), architectes et conseillers stratégiques (17 %) ($(ISC)^2$, 2015). Les chiffres de l'emploi des différents pays sont encore rares, mais des données probantes sur la Corée et les États-Unis permettent d'illustrer certaines tendances mondiales. L'enquête menée par la Corée en 2014 sur la population active travaillant dans la sécurité de l'information (Information Security Workforce Survey) fait état de 94 224 spécialistes employés dans ce domaine à la fin 2013, et leur nombre continue de croître dans ce pays. On compte 10 000 travailleurs supplémentaires employés dans ce domaine en 2013 et le

nombre de nouvelles recrues devrait être supérieur à 11 000 dans les années qui suivent. Cette croissance résulte principalement d'embauches effectuées aux niveaux moyen et supérieur, tandis qu'on estime que les recrutements au niveau d'entrée resteront constants, confirmant l'effet de la politique nationale de la Corée concernant les directeurs de la sécurité de l'information. Aux États-Unis, on ne dispose de données officielles que pour les analystes de la sécurité de l'information, un sous-ensemble des spécialistes de la sécurité numérique. On dénombrait 80 180 de ces analystes dans les entreprises américaines en 2014, dont 18 % de femmes seulement. L'emploi a crû de 3 % cette même année comparée à 2013.

Graphique 6.19. **Évolution du nombre de spécialistes certifiés et de professionnels de la protection de la vie privée et de la sécurité**

Indice 100 = 2005



Note : (ISC²) est une association internationale à but non lucratif dont l'objet est d'œuvrer à la sûreté et à la sécurité du monde numérique. L'*International Association of Privacy Professionals* (IAPP) est également une association à but non lucratif.

Sources : OCDE (2015a), *Digital Security Risk Management for Economic and Social Prosperity: OECD Recommendation and Companion Document*, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264245471-en* ; (ISC)² (2015), « The 2015 (ISC)² global information security workforce study », *www.boozallen.com/content/dam/boozallen/documents/Viewpoints/2015/04/frostsullivan-ISC2-global-information-security-workforce-2015.pdf* ; IAPP (2016), « IAPP-EY annual privacy governance report 2016 », *https://iapp.org/media/pdf/resource_center/IAPP-2016-GOVERNANCE-SURVEY-FINAL2.pdf*.

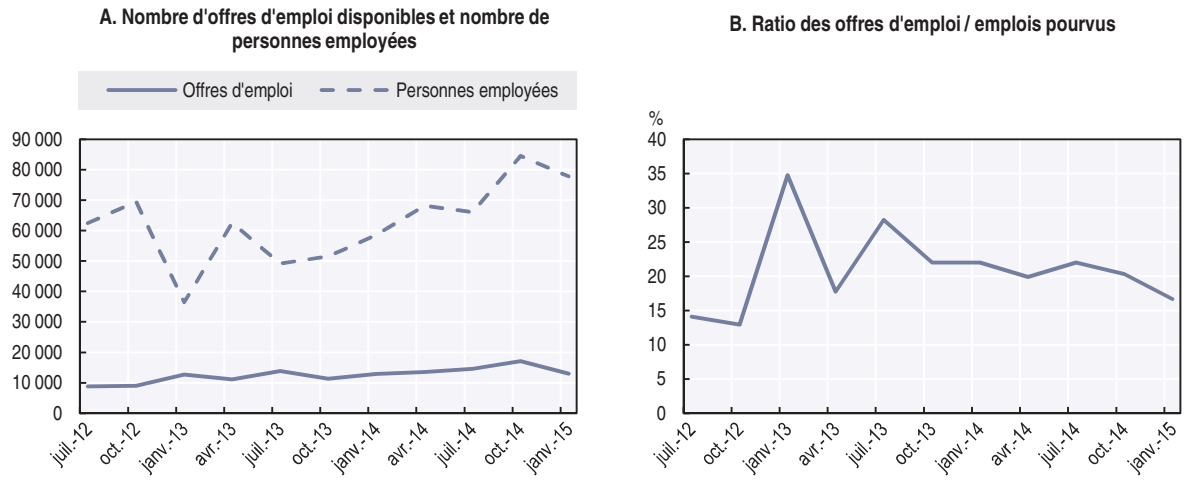
StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660184*

S'agissant des professionnels de la protection de la vie privée, on peut utiliser comme mesure indirecte de l'évolution de l'emploi dans ce domaine le nombre de membres de l'Association internationale des professionnels de la protection de la vie privée (IAPP, International Association of Privacy Professionals), la plus importante association de cette nature et celle dont l'extension mondiale est aussi la plus grande[35]. Le nombre de membres de l'IAPP n'a cessé de croître, passant de plus de 10 000 en 2012 à plus de 26 000 en 2016, dans près de 90 pays dans le monde. Le moteur de cette évolution récente est la réglementation qui a fixé les paramètres du développement d'une main-d'œuvre spécialisée, notamment les directeurs de la protection des données à caractère personnel et leur personnel (Clearwater et Hughes, 2013). Les entreprises concernées par le nouveau Règlement général de l'Union européenne sur la protection des données, qui entrera en vigueur le 25 mai 2018 en remplacement de la directive de l'UE sur la conservation des données, ont manifesté une demande croissante de spécialistes dans ce domaine. On estime que ce sont approximativement 30 000 à 75 000 postes qui seront créés dans les années qui viennent du fait de cette nouvelle réglementation, compte tenu notamment de l'obligation pour les

responsables du traitement et les sous-traitants de désigner un délégué à la protection des données dans certains cas[36] (Ashford, 2016a ; 2016b). L'Union européenne n'est pas la seule à adopter des politiques et des règlements qui stimulent la demande de professionnels de la protection de la vie privée ; le Canada, la Corée et les États-Unis, pour ne citer qu'eux, s'y emploient également (chapitre 2)[37].

De nombreuses prévisions indiquent que la demande de spécialistes de la sécurité numérique va également continuer de croître dans le monde. Aux États-Unis, le Bureau des statistiques sur l'emploi (Bureau of Labor Statistics) prévoit que la demande d'analystes de la sécurité de l'information va augmenter beaucoup plus rapidement (37 %) que la moyenne des professions informatiques (18 %) (Bureau of Labor Statistics, 2014)[38]. Cette évolution apparaît dans le nombre total d'emplois non pourvus d'analyste de la sécurité de l'information, qui augmente de façon générale aux États-Unis, comme dans d'autres pays de l'OCDE. D'après les données de Burning Glass, la durée moyenne de vacance des professions (des compétences) liées à la cybersécurité aux États-Unis en 2016 était supérieure de 33 % (44 %) à celle observée pour l'ensemble des spécialistes (des compétences) informatiques. Les emplois non pourvus ont atteint leur niveau le plus élevé au cours du dernier trimestre 2014 (plus de 17 000 offres publiées aux États-Unis). Si l'on excepte les évolutions quelque peu différentes observées en 2013, où les emplois non pourvus d'analyste de la sécurité de l'information ont crû beaucoup plus rapidement que l'emploi (aux premier et troisième trimestres de 2013), les vacances de poste et le nombre de personnes employées ont progressé au même rythme depuis le début de 2014 (graphique 6.20). La relative stabilité de ce ratio ces dernières années montre qu'il y a effectivement une demande d'analystes de la sécurité de l'information, mais que, dans une certaine mesure, les employeurs parviennent à pourvoir ces postes.

Graphique 6.20. **Offres d'emploi et emplois d'analyste de la sécurité de l'information aux États-Unis**



Sources : Les données sur les emplois viennent de l'enquête permanente sur la population active (Current Population Survey), *www.census.gov/programs-surveys/cps.html* (consultée en octobre 2015) et les données sur les offres d'emploi sont celles de Labor/Insight Jobs (Burning Glass Technologies), pour octobre 2015.

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933660203

Cela étant, le sentiment général est qu'il subsiste une pénurie de main-d'œuvre. Le nombre croissant d'incidents de sécurité numérique et le souhait des employeurs que les candidats aient fait des études supérieures, ainsi que le besoin grandissant de diplômes et d'une plus longue expérience sur le terrain, sont considérés comme les raisons essentielles

de la pénurie. (ISC)[2] observe que les spécialistes de la sécurité de l'information sont de plus en plus nombreux, mais qu'ils ne satisfont toujours pas entièrement la demande du marché au regard des défis à relever. Les principales raisons des difficultés de recrutement demeurent les suivantes : 1) une compréhension insuffisante de la nécessité de gérer le risque de sécurité numérique, en particulier chez les dirigeants d'entreprise ; 2) un manque de ressources financières ; 3) une pénurie de spécialistes de la sécurité numérique sur le marché du travail, avec pour corollaire 4) une difficulté à retenir ces spécialistes[39].

Les défis précédemment mentionnés concernent particulièrement les PME, qui ne disposent (ne peuvent disposer) que rarement d'une personne s'occupant exclusivement de la gestion du risque numérique, telle qu'un directeur de la sécurité de l'information, un responsable de la protection des données ou l'équivalent. Cette situation n'est peut-être pas surprenante étant donné que, par définition, les petites entreprises fonctionnent avec un effectif inférieur à celui des moyennes ou grandes entreprises et sont donc moins susceptibles d'employer une personne exclusivement responsable de la gestion du risque numérique. L'enquête sur les violations de sécurité numérique menée en 2016 au Royaume-Uni a établi que la proportion de membres du conseil d'administration assumant des responsabilités en matière de sécurité numérique était plus faible dans les plus petites entreprises (21 % dans les microentreprises, 37 % dans les petites, 39 % dans les moyennes et 49 % dans les grandes). L'étude nationale sur les petites entreprises menée en 2012 aux États-Unis par la National Cyber Security Alliance (NCSA) et Symantec a constaté que 90 % des répondants n'avaient pas, en interne, de responsable informatique dont la fonction serait exclusivement centrée sur les questions liées à la technologie. En outre, 11 % des répondants avaient le sentiment qu'il n'y avait aucun responsable de la sécurité en ligne et de la sécurité numérique dans leur entreprise. De même, dans l'enquête menée en 2016 par le Ponemon Institute sur l'état de sécurité numérique des petites et moyennes entreprises, 35 % des répondants estimaient que « les priorités de sécurité informatique [n'étaient] pas définies par une fonction dédiée » dans leur entreprise[40]. Si l'on combine cette constatation avec celles de l'étude NCSA/Symantec, on pourrait inférer que, globalement, entre 10 % et 30 % des PME n'ont aucune personne exclusivement chargée des questions de gestion du risque numérique. Pour ce qui est des responsabilités en matière de protection de la vie privée, les enquêtes confirment que les grandes entreprises sont plus susceptibles d'employer de nombreux professionnels assumant des fonctions dans ce domaine, à temps plein ou à temps partiel, que les plus petites entreprises qui n'en emploient que peu, voire aucun. L'enquête de l'IAPP (2016) montre que les entreprises dont le chiffre d'affaires est supérieur à 25 milliards USD emploient en moyenne 15 professionnels de la protection de la vie privée, alors que celles dont le chiffre d'affaires est inférieur à 100 millions USD n'en emploient généralement qu'un.

Attirer des jeunes et des femmes dans le domaine de la sécurité et de la protection de la vie privée demeure un défi. Concernant les professions relatives à la sécurité de l'information, des efforts ont été faits pour les rendre plus attrayantes et plus enrichissantes. Les emplois de ce type ont toujours été très techniques, mais les compétences techniques ne suffisent plus à résoudre les situations complexes de gestion du risque auxquelles les dirigeants d'entreprise et les décideurs font face aujourd'hui et feront face dans les temps à venir (OCDE, 2015a). Comme nous l'avons dit, les compétences demandées aux spécialistes de la sécurité de l'information ont amorcé une lente évolution. Celle-ci est particulièrement flagrante pour les chefs de file, qui considèrent que les rôles managériaux et ceux intéressant la gouvernance, le risque et le respect des normes vont prendre une importance croissante. D'après une

enquête de PricewaterhouseCooper sur les chefs de file de la sécurité de l'information, les trois principaux rôles d'un directeur de la sécurité de l'information[41]. sont les suivants : 1) informer le conseil d'administration des risques et des stratégies ; 2) envisager la sécurité de l'information comme un enjeu de gestion du risque de l'entreprise ; 3) comprendre une conjoncture économique complexe et concurrentielle. Les responsabilités et les compétences des directeurs de la sécurité de l'information sont de plus en plus visibles et cruciales (PwC, 2015). Globalement, cela conduira à une progression de la demande de compétences en matière de risque de sécurité numérique.

L'un des moyens largement adoptés pour renforcer les compétences en matière de risques de sécurité numérique est la formation (sur le lieu de travail). Dans l'ensemble des enquêtes, entre 15 % et 30 % des entreprises dispensent une forme ou une autre de formation ou d'amélioration des compétences dans ce domaine. L'étude nationale sur les petites entreprises menée en 2012 aux États-Unis par la NCSA et Symantec a constaté que 29 % des petites entreprises formaient leurs employés aux moyens de préserver la sécurité de leur ordinateur. L'enquête de 2015 menée en Corée sur la sécurité de l'information et les entreprises a, quant à elle, établi que 15 % des entreprises dispensaient une formation à la sécurité de l'information, soit 2 % de plus environ qu'en 2014. Au Royaume-Uni, l'enquête menée en 2014 par le ministère de l'Innovation et des Compétences des entreprises (Department for Business Innovation and Skills) sur les capacités numériques des PME a indiqué que 14 % des répondants avaient reçu un soutien ou des conseils en matière de sécurité numérique au cours des 12 mois précédents. Toujours au Royaume-Uni, l'enquête sur les violations de sécurité numérique menée en 2016 a permis de constater que les petites entreprises étaient moins susceptibles de dispenser une formation sur la sécurité numérique que les plus grandes (Klahr et al., 2016). Ainsi, 12 % des microentreprises avaient dispensé une formation dans ce domaine au cours des 12 mois précédents, contre 22 % des petites, 38 % des moyennes et 62 % des grandes entreprises.

Les organisations ont aussi singulièrement augmenté leurs investissements liés à la protection de la vie privée, y compris aux fins de renforcement des politiques, de formation, de certification et de communication, mais aussi d'audit et d'inventaire des données. Les données recueillies montrent d'ailleurs clairement que les investissements continueront de croître dans un futur proche. D'après l'enquête de l'IAPP (2016), par exemple, l'investissement total médian dans la protection de la vie privée a augmenté de presque 50 % dans l'ensemble des organisations interrogées, passant de 277 000 USD en 2015 à 415 000 USD en 2016. Cela correspond à un investissement moyen de 1.7 million USD par organisation, dépensé, toujours en moyenne, dans les salaires de l'équipe chargée de la protection de la vie privée (35 % de l'investissement total), dans les dépenses externes de cette équipe (27 %) et dans les salaires et dépenses du reste de l'organisation (38 %)[42]. Il faut noter que, s'il est évident que les plus grandes organisations consacrent généralement un budget plus important à la protection de la vie privée, elles ont aussi tendance à investir des sommes plus élevées en dehors de l'équipe chargée de ce domaine, à la différence des plus petites entreprises, qui allouent une plus grande part de leur budget à l'équipe chargée de la protection de la vie privée.

Les associations de professionnels de la protection de la vie privée jouent aussi un rôle essentiel d'encouragement du renforcement des compétences. Hormis l'IAPP, les hauts responsables de la protection de la vie privée participant à la mise en œuvre concrète d'initiatives dans ce domaine peuvent se rencontrer et échanger au sein d'associations, telles que le Privacy Officers Network, et d'organismes nationaux, comme l'Association française

des correspondants à la protection des données à caractère personnel et l'Asociación Profesional Española de Privacidad. Ces associations fournissent à leurs adhérents – en nombre croissant – formation et certification des compétences, conférences, publications, ressources professionnelles et accès à des études spécialisées.

La gestion du risque peut aider à assurer la protection et le soutien des activités économiques et sociales

La gestion du risque est devenue le paradigme recommandé pour relever les défis liés au risque et à la confiance dans le domaine numérique. La Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la gestion du risque de sécurité numérique pour la prospérité économique et sociale, par exemple, met l'accent sur un cadre d'action en matière de gestion du risque pour faire face aux problèmes de sécurité numérique[43]. Les Lignes directrices régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel de l'OCDE préconisent également d'adopter une approche fondée sur le risque pour appliquer les principes relatifs à la protection de la vie privée et améliorer cette protection (OCDE, 2013)[44]. Les sections qui suivent examinent l'adoption par les organisations d'une approche fondée sur le risque en matière de sécurité et de protection de la vie privée.

Les organisations, et en particulier les petites et moyennes entreprises, sont en retard dans la mise en œuvre de pratiques de gestion du risque de sécurité numérique

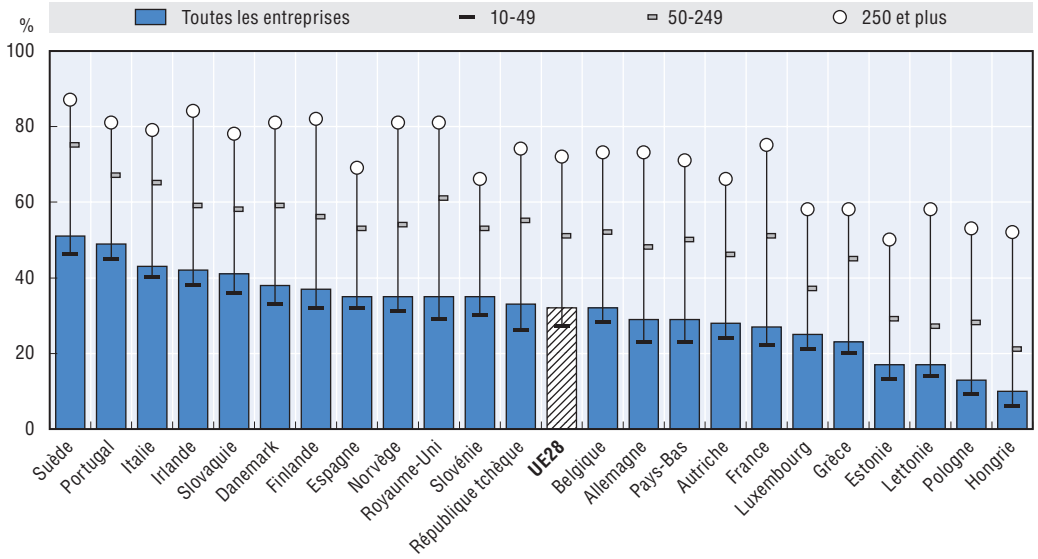
De plus en plus, les organisations abordent les questions de sécurité selon une approche fondée sur le risque, qui se traduit, entre autres, par une demande croissante de compétences en gestion du risque de sécurité numérique, comme évoqué plus haut. Cela étant, la part des organisations appliquant aux questions de sécurité des méthodes efficaces de gestion du risque est encore bien trop faible. En outre, la proportion d'entreprises dotées d'un plan officiel de sécurité numérique varie largement selon les pays et la taille des entreprises. Les résultats de l'Enquête communautaire d'Eurostat sur l'utilisation des TIC et du commerce électronique dans les entreprises indiquent invariablement, dans tous les pays déclarants de l'UE en 2015, que les PME sont moins susceptibles d'avoir une politique de sécurité des TIC définie de façon formelle. Dans presque tous les pays, l'écart entre PME et grandes entreprises était approximativement de 30 points de pourcentage (graphique 6.21). De plus, pour qu'un plan de sécurité et les mesures d'atténuation du risque associées demeurent efficaces au fil du temps, il est impératif d'effectuer un suivi ainsi qu'un audit ou une évaluation périodique. Parmi les entreprises qui avaient mis en place un plan de sécurité numérique, soit entre un tiers et deux tiers des entreprises, la majorité effectuaient au moins un audit interne périodique. Les résultats de l'Enquête communautaire d'Eurostat sur l'utilisation des TIC et du commerce électronique dans les entreprises indiquent qu'en 2015, parmi les entreprises qui avaient effectivement un plan de sécurité des TIC, les PME étaient moins susceptibles d'avoir fait le point sur leur stratégie durant l'année écoulée que les grandes entreprises.

L'écart observé entre les grandes et les petites entreprises est cohérent avec les résultats de l'enquête sur les violations de sécurité numérique menée en 2016 au Royaume-Uni. Cette enquête a déterminé que, parmi les plus petites entreprises, peu disposaient de politiques formelles couvrant les risques de sécurité numérique en général ou ceux consignés dans leurs plans de continuité des opérations, leurs audits internes ou leurs registres des risques. Cette tendance se vérifiait aussi pour la proportion d'entreprises qui s'étaient dotées de

processus formels de gestion des incidents de sécurité numérique. Par ailleurs, une enquête de 2013 sur les dirigeants d'entreprise réalisée par l'Economist Intelligence Unit (2013) indique que la plupart des sociétés, et particulièrement les PME, ne parviennent pas à créer une culture de la sensibilisation au risque. Ces constatations sont confirmées par les données d'une étude de 2012, cofinancée par la NCSA et Symantec, et par celles de l'Étude des effets de la cybercriminalité sur les entreprises au Canada (Study of the Impact of Cyber Crime on Businesses in Canada) menée en 2013[45].

Graphique 6.21. **Entreprises ayant défini de façon formelle une politique de sécurité des TIC, par taille, 2015**

En pourcentage des entreprises dans chaque classe de taille



Source : Eurostat, *Économie et société numériques* (base de données), *http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database* (consulté en mars 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933660222

On peut isoler un certain nombre d'obstacles à l'utilisation efficace de la gestion du risque pour remédier aux problèmes de confiance. Dans l'ensemble des enquêtes qui interrogent les répondants sur ce qui s'oppose à une plus grande efficacité des pratiques de gestion du risque numérique, l'obstacle qui obtient régulièrement la note la plus élevée est l'insuffisance des budgets. Le manque de personnel qualifié arrive également en bonne place. L'enquête coréenne de 2015 sur la sécurité des informations dans les entreprises a montré qu'« obtenir le budget nécessaire à la sécurité de l'information » était l'obstacle qui obtenait la note la plus élevée auprès des répondants. Venaient ensuite « trouver les professionnels de la sécurité de l'information » et « exercice des fonctions du personnel chargé de la sécurité de l'information ». L'étude nationale sur les petites entreprises des États-Unis, réalisée en 2012 par la NCSA et Symantec, a également mis en évidence que le principal obstacle à la mise en place de solutions de sécurité numérique plus robustes était « aucun fonds supplémentaire à investir », et ce, avant le manque de compétences ou de connaissances techniques. L'enquête menée en 2016 par le Ponemon Institute sur l'état de sécurité numérique des petites et moyennes entreprises aboutit à un résultat similaire.

Appliquer la gestion du risque à la protection de la vie privée demeure délicat pour la plupart des organisations

Comme indiqué précédemment, le risque d'atteinte à la vie privée peut avoir une incidence directe sur la réputation de l'entreprise, son chiffre d'affaires et la confiance qui lui est accordée sur le marché, que ce soit par ses clients, ses salariés ou d'autres parties prenantes. Les clients hésitent souvent à traiter avec une organisation qui ne protège pas correctement ses données, et les atteintes à la réputation d'une entreprise peuvent dissuader suffisamment de clients pour compromettre la viabilité de celle-ci[46]. Les conséquences financières d'une violation de la confidentialité lorsque celle-ci porte aussi sur des données personnelles peuvent également être considérables. Une petite entreprise, en particulier, qui ne dispose pas des ressources suffisantes pour financer l'assistance juridique, les enquêtes techniques, les notifications nécessaires, les mesures de remédiation et les amendes, pénalités et décisions de justice susceptibles de découler d'une violation de la confidentialité, peut tout à fait se retrouver en cessation d'activité.

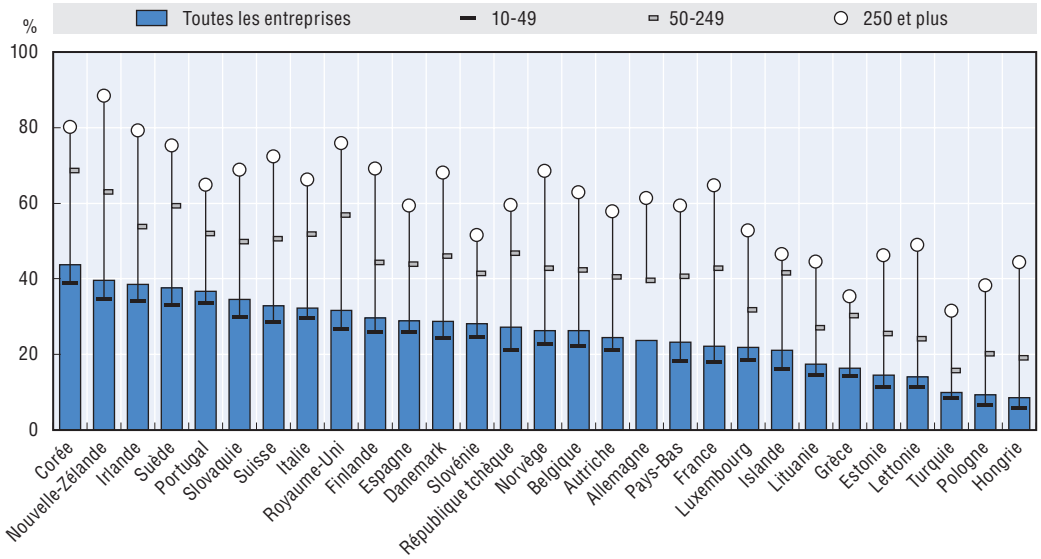
Bien que l'on reconnaisse la nécessité de traiter la protection de la vie privée comme un risque économique et social et que l'on soit conscient des possibilités qu'ouvre le fait de considérer cette question comme stratégique, susceptible d'apporter un avantage concurrentiel sur le marché, nombre d'organisations ont encore tendance à aborder la protection de la vie privée comme une question de respect des normes légales uniquement. De nombreuses PME, même si elles admettent que la protection de la vie privée est une bonne chose pour leur activité, manquent souvent des ressources et de l'expertise nécessaires pour gérer efficacement les risques associés décrits précédemment. Lorsqu'elles disposent des ressources suffisantes, elles ne font souvent pas la différence entre risque de sécurité et risque d'atteinte à la vie privée, même lorsque ce dernier peut être sans lien avec la sécurité – par exemple, lorsque les données personnelles sont traitées par l'organisation d'une façon qui empiète sur les droits des individus. Cette constatation est cohérente avec celles découlant d'une étude des pratiques des entreprises canadiennes, financée par le Commissariat à la protection de la vie privée du Canada, qui note que la gestion du risque en matière de respect de la vie privée est un sujet largement débattu, mais peu mis en œuvre dans la pratique (Greenaway, Zabolotniuk et Levin, 2012).

L'étude menée par Greenaway, Zabolotniuk et Levin (2012) pourrait indiquer un manque de compréhension de la façon dont il convient d'appliquer les exigences réglementaires relatives à la protection de la vie privée, mais elle pourrait aussi dénoter, de la part des organisations, un manque de stratégies définissant comment maîtriser le risque d'atteinte à la vie privée, ainsi qu'une lacune dans l'attribution des responsabilités. Cela concorde avec les données probantes qui montrent que nombre d'entreprises, et de PME en particulier, n'ont aucune politique formelle de gestion des risques liés à la protection de la vie privée. Sur l'ensemble des pays de l'OCDE pour lesquels des données sont disponibles, 10 % à 40 % seulement de toutes les entreprises avaient une politique formellement définie de cette nature en 2015 (graphique 6.22). Greenaway, Zabolotniuk et Levin (2012) concluent que « la prise en compte du risque d'atteinte à la vie privée dans la stratégie de gestion du risque d'une organisation nécessite une bonne compréhension du type ou de la catégorisation du risque et de la place que celui-ci devrait occuper dans la structure de gestion des risques ». Cela ne coule pas de source car, souvent, les gestionnaires des risques ne considèrent pas la protection de la vie privée comme faisant partie de leurs domaines de compétence et les responsables informatiques envisagent la gestion du risque sous l'angle de la sécurité numérique technique (Greenaway,

Zabolotniuk et Levin, 2012). Ces responsables du respect de la vie privée voient la gestion du risque comme étant prise en compte par des activités telles que l'évaluation des effets sur la vie privée, ou comme ne relevant pas de leur responsabilité. La protection de la vie privée est considérée soit comme un enjeu de sécurité numérique, soit comme une question de respect de la légalité. Tout cela fait que la gestion du risque en la matière est souvent vue comme « relevant de la responsabilité de quelqu'un d'autre ».

Graphique 6.22. **Entreprises disposant d'une politique formellement définie pour gérer les risques d'atteinte à la vie privée dans un contexte numérique, 2015**

En pourcentage des entreprises dans chaque classe de taille



Note : Les données relatives à la Corée se rapportent à 2014, celles de l'Islande, de la Lituanie et de la Turquie, à 2010. La Suisse applique une méthode différente pour produire ses données.

Source : OCDE, *Accès et utilisation des TIC par les entreprises* (base de données), *http://oe.cd/bus* (consultée en août 2017).

StatLink *http://dx.doi.org/10.1787/888933660241*

Des marchés de l'assurance permettant le transfert du risque numérique commencent à se former

Du point de vue d'une entreprise, une assurance contre le risque numérique est principalement envisagée comme un moyen de transférer ce risque à l'extérieur de l'entreprise. L'augmentation progressive du coût financier résultant d'une violation, du fait de la charge supplémentaire que représente l'obligation de notification, rend l'option de l'assurance contre le risque numérique plus séduisante pour de nombreuses entreprises, petites ou grandes. Peut-être plus important encore, la promesse majeure de l'assurance contre le risque numérique pourrait résider dans le fait d'aider les entreprises, les organisations et les individus à mieux comprendre et évaluer ce risque et à saisir les occasions d'en améliorer les pratiques de gestion. De surcroît, l'assurance contre le risque numérique pourrait générer de précieuses données d'observation qui constitueraient une base importante pour appuyer les politiques de gestion de ce risque, comme c'est déjà le cas des obligations de notification.

En pratique, cependant, les compagnies d'assurance se sont montrées quelque peu réticentes à couvrir les risques liés à l'utilisation généralisée des TIC dans les entreprises ou ceux associés à des actifs immatériels comme les données personnelles. Aujourd'hui,

les polices d'assurance types ne sont pas conçues pour couvrir les risques liés à la sécurité numérique ou au respect de la vie privée. Cette situation est imputable à plusieurs facteurs : l'incertitude qui entoure les définitions du risque numérique, fondées sur des causes et des conséquences différentes ; l'absence de données pertinentes sur les incidents et les pertes passés ; les informations actuarielles limitées dont on dispose sur la fréquence et l'ampleur des incidents réels et potentiels en matière de sécurité numérique et de respect de la vie privée ; et la nature en évolution constante des risques numériques qui représentent des défis majeurs pour le secteur de l'assurance. Tout cela explique pourquoi l'assurance contre le risque numérique est encore un marché émergent.

Aujourd'hui, les compagnies fournissant ce type de couverture se trouvent principalement aux États-Unis et au Royaume-Uni. Aux États-Unis, le marché de l'assurance contre le risque numérique représentait 2 milliards USD environ en 2014. Des rapports récents indiquent que le marché continue de s'élargir, en particulier dans le secteur des soins de santé et sur les segments des PME (Betterley, 2015). Le marché européen demeure beaucoup plus petit, avec seulement 150 millions USD environ de primes souscrites brutes, mais un taux de croissance annuel compris entre 50 % et 100 %. Les États commencent à étudier les possibilités de l'assurance contre le risque numérique, mais le potentiel de celle-ci demeure largement inexploité, même sur les marchés les plus avancés comme les États-Unis et le Royaume-Uni. L'enquête sur les violations de sécurité numérique menée en 2016 au Royaume-Uni, par exemple, montre qu'une minorité de répondants pensent avoir une forme de couverture d'assurance contre les risques de sécurité numérique (37 %). De même, l'enquête de 2014 de la fédération des associations européennes de gestion du risque (FERMA, Federation of European Risk Management Associations) a révélé que la majorité des répondants (72 %) n'avaient aucune couverture. Lorsqu'ils étaient couverts, leur couverture, pour la plus grande proportion d'entre eux (19 % de tous les répondants), était inférieure à 50 millions[47]. De façon générale, la proportion d'entreprises déclarant être couvertes augmentait avec la taille des structures, pour l'ensemble des catégories d'incidents, excepté « le vol ou la perte de matériel ».

Les marchés des plateformes mettant en relation les particuliers créent des problèmes de confiance, mais ouvrent aussi de nouvelles possibilités d'y remédier

Il y a longtemps que les transactions directes entre particuliers jouent un rôle dans le commerce traditionnel, mais elles prennent aujourd'hui une dimension sans précédent avec les plateformes électroniques. Selon une estimation, 191 millions de consommateurs de la zone UE28 ont effectué une opération sur un marché de plateforme entre mai 2015 et mai 2016 (CE, 2017). Les premières plateformes étaient dédiées à la vente de produits (à l'instar des sites d'enchères en ligne, par exemple). Plus récemment sont apparus de nouveaux modèles, spécialisés dans la location d'hébergements de courte durée ou dans les services de transport ou de mobilité. Exploitant des données de géolocalisation en temps réel, accessibles via des applications mobiles, les services de mobilité proposent à la location des véhicules privés, des VTC ou des emplacements de stationnement. D'autres domaines sont également en pleine transformation, comme les petits travaux, les services de restauration et les services financiers. On parle souvent de l'« économie du partage » ou de la « consommation collaborative » pour désigner les modèles économiques qui sous-tendent ces activités, mais ces expressions ne saisissent pas la dimension d'échange commercial très répandue sur ces marchés.

Ces modèles ouvrent des débouchés économiques aux personnes qui fournissent les biens ou les services (« particuliers fournisseurs ») et aux plateformes assurant l'interface (« plateformes mettant en relation les particuliers »). Les données fiables sur les opérations conclues par ce biais sont encore rares, mais pour les plateformes les plus importantes, les estimations sont impressionnantes. Fondée en 2008, Airbnb estimait son chiffre d'affaires de 2015 à 900 millions USD, ce qui signifierait que la plateforme a exploité un marché de 7.5 milliards USD environ cette année-là (Kokalitcheva, 2015). Uber, fondée en 2009, a estimé que ses réservations à l'échelle mondiale allaient se monter à 10 milliards USD en 2015 (Zhang et Shih, 2015). La participation des consommateurs est tout aussi significative. Ainsi, on constate que 72 % des adultes aux États-Unis ont utilisé au moins un des 11 « services partagés et à la demande » et que 17 % des Européens ont fait appel au moins une fois aux services de « plateformes collaboratives » (OCDE, 2016g).

Les motifs qui poussent les consommateurs à réaliser des transactions sur ces marchés tournent principalement autour des considérations financières ainsi que de la qualité des services et produits, et de l'expérience. Les consommateurs peuvent bénéficier d'un large choix de biens ou de services à un meilleur prix ou d'une meilleure qualité, de la commodité et de la simplicité d'utilisation de services fondés sur des plateformes mettant en relation les particuliers, et d'une expérience sociale améliorée (loger chez l'habitant plutôt qu'à l'hôtel donne un cachet plus authentique à un séjour et peut grandement enrichir l'expérience culturelle du voyage) (OCDE, 2016e).

Si les avantages des marchés des plateformes mettant en relation des particuliers commencent à faire l'objet de travaux de recherche, les problèmes potentiels que ces marchés créent pour le consommateur n'ont guère été étudiés jusqu'ici. La détermination et la mesure de la nature et de l'ordre de grandeur d'un possible préjudice pour le consommateur dans ce domaine – aspect essentiel d'une action publique fondée sur des éléments probants – reposent donc principalement sur des données limitées et des témoignages. Néanmoins, un certain nombre de préjudices possibles ont été détectés, comme un manque d'information adéquate, le coût afférent aux produits défectueux ou aux services inadaptés, des prix gonflés ou inéquitables, un préjudice physique ou des effets nocifs sur la santé, la compromission des données à caractère personnel des consommateurs et une restriction des choix (OCDE, 2016e). Certains de ces problèmes ne sont pas nécessairement spécifiques des marchés de plateformes, mais peuvent se poser de façon plus aiguë sur ces marchés du fait de la diversité et du nombre des particuliers fournisseurs. Dans une étude de 2016, plus de la moitié (55 %) des consommateurs de dix pays de l'UE ont déclaré avoir rencontré un problème sur l'une de ces plateformes, le plus fréquent étant la mauvaise qualité ou le caractère mensonger des descriptions. Les problèmes afférents à la qualité des produits ou des services semblent presque deux fois plus fréquents sur les marchés des plateformes mettant en relation des particuliers (29 %) que dans le cas d'achats en ligne de façon générale (15 %). Cependant, les mêmes consommateurs notent le préjudice personnel subi comme faible ou moyen (CE, 2017). Malgré la publicité autour des plateformes bien connues citées précédemment, les débats et les travaux de recherche récents se sont principalement intéressés aux avantages que les consommateurs peuvent trouver à réaliser des transactions sur ces marchés plutôt qu'aux problèmes potentiels que ces mêmes consommateurs pourraient rencontrer. Les préjudices peuvent être de différentes natures, financières ou non financières, ou peuvent ne pas être facilement découverts, quand ils le sont. Ainsi, l'information relative à la nature du produit ou du service et aux conditions de livraison peut ne pas toujours être

adéquate. Cela n'est pas spécifique des marchés de plateformes, mais peut être aggravé par la diversité et le nombre des particuliers fournisseurs. Les autres difficultés possibles sont notamment : le coût afférent aux produits défectueux ou aux services inadaptés, des prix gonflés ou inéquitables, un préjudice physique ou des effets nocifs sur la santé, la compromission des données à caractère personnel des consommateurs et une restriction des choix (OCDE, 2016e).

En outre, les consommateurs peuvent faire face à des problèmes de confiance dans leur utilisation des plateformes mettant en relation des particuliers, et ce, à plusieurs titres : confiance dans la fiabilité et les qualifications du particulier fournisseur ; confiance dans le bien ou le service ; et confiance dans les garanties et protections offertes par la plateforme. Les plateformes ont donc élaboré un certain nombre de mécanismes pratiques et innovants pour répondre aux inquiétudes et éliminer les facteurs d'empêchement qui limitent l'engagement du consommateur. Les catégories les plus courantes de mécanismes élaborés par les marchés des plateformes mettant en relation des particuliers pour renforcer la confiance sont les suivantes (OCDE, 2016e) :

- **Systèmes d'avis et de réputation**. Ils représentent un élément clé du dispositif destiné à aider les particuliers consommateurs à prendre des décisions éclairées. Outre leur fonction essentielle de renforcement de la confiance, ils peuvent également contribuer à réguler le comportement des intervenants grâce aux systèmes de suivi et de retour d'informations, et à la pression exercée par les pairs.
- **Garanties ou assurance**. Face aux expériences négatives – accidents, vols et fraudes –, un certain nombre de plateformes ont mis en place des garanties. Airbnb, par exemple, propose aux voyageurs comme aux hôtes des garanties couvrant les accidents, les vols et les actes de vandalisme intentionnels. eBay, Uber, et d'autres encore, ont également mis en place de tels dispositifs, tous assortis de conditions variables.
- **Vérification de l'identité des acteurs**. Certaines plateformes exercent une action pour vérifier l'identité des particuliers concernés. L'une des causes de préjudice tient au fait que les consommateurs ne sont pas toujours en mesure de contacter le particulier fournisseur en cas de problème, et le fait de vérifier les identités peut être utile pour résoudre les différends.
- **Préfiltrage**. Certaines plateformes proposent des fonctions de préfiltrage des particuliers fournisseurs ; il s'agit généralement de vérifier les enregistrements de bases de données externes – telles que le registre des véhicules ou le fichier des casiers judiciaires.
- **Systèmes de paiement sécurisé**. De nombreuses plateformes proposent ce type de service, souvent en coopération avec des systèmes de paiement externes établis. Il importe de souligner que la plupart de ces systèmes sont eux-mêmes réglementés et soumis au contrôle des pouvoirs publics.
- **Sensibilisation, listes de contrôle et formulaires**. De nombreuses plateformes investissent dans la sensibilisation de leurs utilisateurs ; elles les informent notamment sur les éventuelles obligations légales ou autres qui incombent aux marchands, aux conducteurs ou aux hôtes. De toute évidence, ces informations sont d'une utilité variable, qui dépend notamment de leur exactitude.

La progression rapide des plateformes mettant en relation des particuliers pourrait indiquer que les mécanismes censés renforcer la confiance des consommateurs, tels que ceux décrits dans ce qui précède, atteignent effectivement leur but. Pourtant, de nombreux observateurs se sont demandé dans quelle mesure ces mécanismes constituaient un

substitut efficace à la réglementation (en particulier dans le cas de règlements afférents à la santé et à la sûreté) et ont souligné des problèmes de partialité ainsi que de faux avis ou d'avis mensongers. Ils ont également noté que, de fait, nombre de ces mécanismes de renforcement de la confiance, en particulier les systèmes de réputation, faisaient peser la charge de la surveillance sur les consommateurs, ce qui n'était pas sans conséquence pour les plus vulnérables. Aussi l'OCDE mène-t-elle des travaux de recherche supplémentaires pour mieux cerner le dispositif qui fonctionne le mieux et dans quelles circonstances.

Notes

1. Les profils observés reflètent la domination économique des grandes entreprises, dont les ventes en ligne représentent en moyenne 22 % du chiffre d'affaires, contre 9 % pour les petites. En outre, les activités de commerce électronique demeurent en grande partie à l'intérieur des frontières nationales, malgré les récentes initiatives prises à l'échelon national et international pour développer les transactions transnationales en ligne (chapitre 5).
2. En moyenne, 90 % des ménages de la zone OCDE ont une connexion internet à domicile.
3. En 2009, plus d'un tiers des internautes de l'Union européenne qui n'avaient jamais rien acheté sur l'internet citaient la sécurité comme principal frein à l'achat en ligne. Les inquiétudes touchant à la vie privée arrivaient juste derrière (30 % environ) (graphique 6.2).
4. Il est important de noter que ce chiffre est bien inférieur (1 %) et en baisse si l'on rapporte les ménages avançant l'inquiétude à propos du respect de la vie privée et de la sécurité comme raison de leur absence d'accès à l'internet à l'ensemble des ménages. D'ailleurs, en 2015, c'est lorsqu'on aborde la question de la connectivité mobile que 10 % des individus citent leur inquiétude quand à la sécurité comme principale raison de ne pas utiliser des appareils mobiles (y compris des ordinateurs portables) pour établir des connexions sans fil à partir de lieux autres que leur domicile. Cette proportion varie de plus de 20 % aux Pays-Bas à 1 % en Grèce.
5. Cela étant, dans la plupart des pays, l'inquiétude quant au respect de la vie privée et à la sécurité sont parmi les raisons les moins citées pour expliquer l'absence de connexion à l'internet à domicile ; le désintérêt, le manque de compétences et le coût élevé de l'accès (en y incluant les appareils) sont des explications bien plus fréquentes.
6. La norme ISO/IEC (27000:2009) définit la sécurité de l'information comme la « protection de la confidentialité, de l'intégrité et de la disponibilité de l'information ». Elle ajoute la note suivante : « En outre, d'autres propriétés, telles que l'authenticité, l'imputabilité, la non-répudiation et la fiabilité peuvent également être concernées. » La confidentialité est la « propriété selon laquelle l'information n'est pas diffusée ni divulguée à des personnes, des entités ou des processus non autorisés » (ISO/CEI, 2009). L'intégrité signifie que l'exactitude et la complétude des données sont préservées durant tout leur cycle de vie. Quant à la disponibilité, elle signifie que l'information est « accessible et utilisable à la demande par une entité autorisée ».
7. La « violation de données » désigne « la perte, l'accès non autorisé à ou la divulgation non autorisée de données à caractère personnel dû à l'inaptitude d'une organisation à protéger efficacement les données » (OCDE, 2011).
8. Cela ne comprend que les plaintes acceptées au titre de la loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques.
9. Le document OCDE (2015b) souligne que l'internet « a parfois favorisé les comportements malhonnêtes, notamment la violation de la propriété intellectuelle » et reconnaît que, dans le cas de la violation du droit d'auteur, « il est cependant difficile d'obtenir des données précises et objectives sur l'ampleur réelle du phénomène ».
10. Voir aussi l'ouvrage d'Eric Jardine (2015) qui montre que, proportionnellement, l'augmentation n'est pas si forte étant donné que les activités liées à l'internet progressent aussi.
11. En 2015, au Royaume-Uni, par exemple, 90 % des grandes entreprises et 74 % des petites ont fait état d'un incident de sécurité (UK Department for Business, Innovation and Skills, 2015).
12. Dans l'enquête de 2012 de l'ISCPA, au Canada, les entreprises déclarant ne pas avoir subi d'incident touchant à la sécurité des informations sur les 12 derniers mois représentaient la plus grande part (31 %). Parmi celles qui avaient effectivement été confrontées à ce type d'incidents, 23 % n'en avaient subi qu'un seul et 23 % également en déclaraient plus de dix.

13. Une grande part des variations entre pays est due à des différences méthodologiques entre régions – en particulier entre les États membres de l'UE et d'autres pays de l'OCDE (Canada, Corée, Japon, Mexique et Nouvelle-Zélande). Il est important de noter en outre que les répondants sont susceptibles de minorer le nombre d'incidents effectivement subis durant une période donnée. Ainsi, sur une année, une entreprise a pu être la cible d'un certain nombre d'incidents de sécurité numérique sans pour autant les détecter tous. Ces incidents passés inaperçus ne seront pas pris en compte dans les réponses des personnes interrogées sur les incidents passés. Pour compliquer encore la situation, si les répondants ont le sentiment que leurs réponses ne resteront pas confidentielles, ils peuvent être tentés de ne pas parler de tous les incidents qu'ils ont effectivement détectés (afin de préserver leur réputation, par exemple). Il n'existe aucune estimation ferme de la part d'incidents qui passe inaperçue. En revanche, plusieurs enquêtes ont indiqué que la proportion d'incidents de sécurité non déclarés pouvait aller de 60 % à 90 % (Edwards, Hofmeyr et Forrest, 2014). Cela signifie qu'une part substantielle de l'ensemble des incidents constitue un « inconnu inconnu ».

14. Le taux élevé d'infections par des virus ou maliciels dont les personnes interrogées font état pourrait être dû aux progrès que les outils de détection plus évolués ont permis de réaliser.

15. Dans un incident lié à un déni de service, les services ou la bande passante d'une organisation sont inondés de demandes pourrielles qui mettent celle-ci hors ligne pour des heures, voire des jours (Goodin, 2015).

16. Comme la perte de 45 millions USD enregistrée par une banque dans une opération mondiale de cybercriminalité. Voir par exemple : *www.reuters.com/article/us-usa-crime-cybercrime-idUSBRE9AH0YZ20131118*.

17. Deux mesures courantes sont donc utilisées pour évaluer l'effet des incidents sur les entreprises : le coût/la perte financière causé(e) par l'incident et les heures d'arrêt de l'activité ou les heures que le personnel a consacrées à remédier à l'incident (qui peuvent ensuite être converties en valeur monétaire).

18. Les PME qui subissent un incident portant atteinte à la sécurité numérique ou au respect de la vie privée, que celui-ci soit accidentel ou résulte d'un acte d'espionnage commercial, peuvent en pâtir davantage qu'une entreprise de plus grande taille, mieux armée pour engager des poursuites judiciaires afin de protéger ses investissements. Certaines PME comptent beaucoup sur la force et la portée de leur propriété intellectuelle pour générer l'investissement qui leur permettra d'atteindre la phase de commercialisation de leurs technologies. La propriété intellectuelle revêt une importance vitale pour de nombreuses petites entreprises innovantes à forte intensité de recherche-développement, et le vol ou la divulgation de cette propriété intellectuelle peut gravement dégrader leur avantage concurrentiel et leur fondement économique. Les start-ups œuvrant aux premiers stades de la recherche, dans le domaine des biotechnologies ou des nanotechnologies par exemple, peuvent être particulièrement vulnérables au vol de propriété intellectuelle.

19. Les données personnelles correspondent à « toute information relative à une personne physique identifiée ou identifiable (personne concernée) » (OCDE, 2013).

20. Cette publication utilise le terme de « violation de données » pour désigner un incident impliquant « la perte, l'accès non autorisé à ou la divulgation non autorisée de données à caractère personnel dû à l'inaptitude d'une organisation à protéger efficacement les données » (OCDE, 2011). Elle utilise le terme « incident de sécurité numérique » pour désigner des incidents qui peuvent ou non mettre en jeu des données personnelles.

21. L'incident dont a été victime ChoicePoint est devenu public en raison d'une loi californienne de 2003 qui fait obligation d'avertir un individu lorsque ses données à caractère personnel ont été divulguées à tort. Cet incident a contribué à l'adoption de lois similaires dans de nombreuses autres juridictions. Les Lignes directrices de l'OCDE sur la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel, révisées en 2013, appellent les maîtres de fichier à aviser les autorités compétentes en cas d'atteintes significatives à la sécurité qui affectent des données à caractère personnel (OCDE, 2013, paragraphe 15c).

22. La gravité et les conséquences des violations de données aussi ont augmenté. D'après une étude publiée en 2015 par l'organisation de recherche sur la sécurité des données Ponemon Institute, le coût total moyen d'une violation de données s'élevait désormais à 3.8 millions USD, contre 3.5 millions l'année précédente. L'étude précisait également que le coût d'une violation de données était de 154 USD par enregistrement perdu ou volé, contre 145 USD l'année précédente, et que celui résultant de la baisse de chiffre d'affaires consécutive à un recul de la confiance des consommateurs après une intrusion pouvait être encore plus élevé. L'étude britannique mentionnée plus haut a estimé que les incidents de grande envergure coûtaient aux grandes organisations entre 600 000 et 1.15 million GBP.

23. Duhigg (2012) décrit comme suit le processus d'analyse : « […] Beaucoup de gens achètent des lotions, mais un des collègues de Pole avait remarqué que les femmes ayant ouvert une liste de naissance achetaient de plus grandes quantités de lotion sans parfum vers le début du deuxième trimestre de leur grossesse. Un autre analyste avait noté qu'à un certain moment au cours des 20 premières semaines, les femmes enceintes faisaient une consommation accrue de compléments alimentaires comme le calcium, le magnésium et le zinc. Beaucoup de consommateurs achètent du savon et des tampons d'ouate, mais, quand une femme se met soudain à acheter beaucoup de savon sans parfum et des tampons d'ouate en paquets géants, en plus de désinfectants manuels et de gants de toilette, cela indique qu'elle pourrait être proche du terme ». L'analytique de données n'étant pas parfaite, il peut y avoir des faux positifs (Harford, 2014). C'est pourquoi Target mélange ses offres avec des coupons qui ne concernent pas spécifiquement la grossesse (Piatetsky, 2014).

24. Au total, les consommateurs qui ont déposé ces plaintes pour fraude ont déclaré avoir payé plus de 744 millions USD, le montant médian étant de 450 USD. Sur l'ensemble des consommateurs qui ont enregistré une plainte liée à la fraude aux États-Unis, 51 % ont également déclaré un montant payé.

25. Les plaintes qui figurent dans la base CSN sont auto-déclarées et non vérifiées, et ne représentent pas nécessairement un échantillon aléatoire des préjudices subis par les consommateurs sur tel ou tel marché. Pour ces raisons, les variations annuelles du nombre de fraudes et/ou d'usurpations d'identité ne sont pas nécessairement indicatrices d'une augmentation ou d'une diminution de la fraude et/ou de l'usurpation d'identité réelle(e) ou supposée(e) sur le marché.

26. Les Lignes directrices régissant la protection des consommateurs contre les pratiques commerciales transfrontières frauduleuses et trompeuses (OCDE, 2003) mettent en évidence les trois types de pratiques commerciales frauduleuses et trompeuses suivants : « *i*) Toute pratique consistant à donner des informations inexactes, et notamment des informations susceptibles d'induire en erreur, qui porte atteinte de façon significative aux intérêts économiques de consommateurs abusés. *ii*) Toute pratique consistant à ne pas livrer des produits ou ne pas fournir des services aux consommateurs après que ceux-ci les ont payés. *iii*) Toute pratique consistant à débiter les comptes financiers, téléphoniques ou autres des consommateurs sans leur autorisation. »

27. En vertu de ce premier principe, les parties prenantes « devraient être conscientes que le risque de sécurité numérique peut compromettre la réalisation de leurs objectifs économiques et sociaux, et que la gestion de ce risque peut avoir des incidences sur autrui. Elles devraient bénéficier de l'éducation et des compétences nécessaires pour comprendre ce risque, pour aider à le maîtriser et pour évaluer l'impact que pourraient avoir leurs décisions en matière de gestion du risque de sécurité numérique, tant sur leurs activités que sur l'ensemble de l'environnement numérique » (OCDE, 2015a).

28. À titre d'exemple, le Règlement général de l'Union européenne sur la protection des données considère la pseudonymisation et le chiffrement comme des mesures appropriées à utiliser par les responsables du traitement et les sous-traitants afin d'assurer la sécurité du traitement des données personnelles.

29. L'utilisation de serveurs sécurisés a également été stimulée par le fait que les prestataires de services de recherche sur l'internet ont privilégié les accès sécurisés par SSL/TLS chaque fois que c'était possible (voir aussi *www.google.com/transparencyreport/https*).

30. Sur les 16 millions dans le monde, 10 % seulement ont un emplacement connu.

31. Voir aussi Cisco (2016), *Annual Security Report*, *www.cisco.com/c/dam/assets/offers/pdfs/cisco-asr-2016.pdf*.

32. WhatsApp utilise le protocole Signal (anciennement connu sous le nom de protocole TextSecure), un protocole cryptographique non fédéré développé par Open Whisper Systèmes en 2013 et introduit pour la première fois dans l'application *open source* TextSecure (désormais appelée Signal Private Messenger)

33. Tor est un logiciel libre qui protège la vie privée, la confidentialité des communications et la liberté d'expression des internautes en leur offrant l'anonymat en ligne. À l'origine, le projet a été financé par le laboratoire de recherche de la marine des États-Unis (US Navy Research Lab), puis par l'Electronic Frontier Foundation ; il est aujourd'hui soutenu par le Tor Project, une organisation à but non lucratif de recherche et d'éducation installée aux États-Unis dont les différentes sources de financement sont listées sur le site web. Le Tor Project publie les « éléments d'analyse du réseau Tor, y compris des graphiques présentant la bande passante disponible et une estimation de la base d'utilisateurs » (voir *https://metrics.torproject.org*).

34. Voir aussi le document OCDE (2015a), selon lequel « [l]'inquiétude suscitée par les demandes d'accès des pouvoirs publics – en particulier aux données confiées à des fournisseurs de services infonuagiques – est antérieure aux révélations d'Edward Snowden en 2013 et ne concerne pas uniquement les activités de renseignement. Néanmoins, ces révélations ont mis en exergue le besoin de transparence. Désormais, une pression croissante s'exerce sur les entreprises de l'internet et des communications afin qu'elles fassent la lumière sur la façon dont elles traitent ces demandes. »

35. Il faut aussi mentionner le Privacy Officers Network, qui permet à de hauts responsables de la protection de la vie privée s'occupant de la mise en œuvre concrète d'initiatives en ce domaine de se rencontrer et d'échanger via un réseau de soutien professionnel ; on peut aussi citer des organismes nationaux, comme l'Association française des correspondants à la protection des données à caractère personnel et l'Asociación Profesional Española de Privacidad.

36. Voir l'article 37 du Règlement général sur la protection des données.

37. Pour n'en citer que quelques-uns : aux États-Unis, la demande de la Maison blanche en juillet 2016 que chaque organisme du gouvernement fédéral nomme un haut fonctionnaire chargé, pour l'organisme, de la protection de la vie privée a été un autre facteur déterminant. Au Canada, la loi fédérale sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques exige des organisations qu'elles désignent un ou plusieurs individus responsables des activités de traitement des données à caractère personnel. En Nouvelle-Zélande, la loi sur la protection de la vie privée fait obligation à toutes les entités du secteur public et du secteur privé de nommer un responsable de la protection de la vie privée. En Corée, les deux lois sur ce thème exigent des entreprises qu'elles désignent une personne responsable de la gestion de l'information à caractère personnel. Globalement, l'IAPP (2016) estime donc que l'emploi dans les métiers liés à la protection de la vie privée augmentera de façon significative au cours de l'année à venir, et ce, à deux titres : « le nombre de postes à plein temps de professionnels de la protection de la vie privée devrait croître de 37 % au sein des unités spécialisées dans ce domaine, et on attend une croissance supplémentaire de 39 % des responsabilités liées à la protection de la vie privée dans les autres unités ».

38. Ce constat est cohérent avec le rapport Burning Glass (2015), selon lequel la demande d'emplois liés à la cybersécurité progresse dans l'ensemble de l'économie américaine : en 2014, on dénombrait près de 238 158 offres publiées pour ce type d'emplois. Les emplois liés à la cybersécurité représentent 11 % de l'ensemble des emplois informatiques. Burning Glass (2015) définit les emplois liés à la cybersécurité comme ceux dont le titre se rapporte à la cybersécurité, qui requièrent une certification dans ce domaine ou qui demandent des compétences propres à ce domaine.

39. Il est intéressant de noter la manière différente dont les hommes et les femmes perçoivent ces défis dans l'enquête (ISC)^2 : alors que les hommes en particulier (plus de 50 %) estiment qu'il est plus difficile de trouver des personnes qualifiées que durant les années précédentes, les femmes considèrent que le problème majeur est le manque de compréhension des exigences en matière de sécurité de la part des cadres dirigeants.

40. Cela étant, les répondants devaient sélectionner deux options, ce qui complique l'interprétation de ce résultat (le fait de choisir cette réponse rendait la sélection d'un second choix fortement improbable). Une interprétation plus large pouvait aussi conduire à lire cette option comme signifiant que les priorités de sécurité informatique étaient établies par plusieurs fonctions.

41. Ou d'autres cadres supérieurs chargés de la sécurité de l'information.

42. Cela correspond en moyenne à plus de 350 USD par salarié. On notera toutefois que les entreprises employant un très grand nombre de personnes influent (mathématiquement) sur les résultats moyens, mais pas sur les résultats médians ; ces derniers sont donc plus faibles.

43. L'accent mis par la Recommandation du Conseil de l'OCDE sur la gestion du risque de sécurité numérique s'appuie sur trois messages : 1) Il est impossible d'éliminer totalement le risque de sécurité numérique lors de l'exécution d'activités qui dépendent de l'environnement numérique. Cependant, ce risque peut être géré, c'est-à-dire réduit à un niveau acceptable compte tenu des intérêts et avantages en jeu, et du contexte ; 2) les dirigeants et les décideurs devraient s'intéresser au risque de sécurité numérique qui menace les activités économiques et sociales, et pas uniquement à celui qui vise l'infrastructure numérique ; et 3) les organisations devraient intégrer la gestion du risque de sécurité numérique dans leurs processus de prise de décisions économiques et sociales et dans leur cadre global de gestion du risque au lieu d'aborder ce risque uniquement comme un problème technique (OCDE, 2015a).

44. Pour sa part, le nouveau Règlement général de l'Union européenne sur la protection des données impose d'évaluer les risques qui pourraient menacer les droits et les libertés des individus lorsqu'on prend des mesures visant à garantir le respect des obligations découlant du règlement, y compris sur les aspects liés à la sécurité. D'après le considérant 75 du Règlement, des risques pour les droits

et libertés des personnes physiques, dont le degré de probabilité et de gravité varie, peuvent résulter du traitement de données à caractère personnel qui est susceptible d'entraîner des dommages physiques, matériels ou un préjudice moral.

45. L'étude de 2012, cofinancée par la NCSA et Symantec, rapporte que 23 % seulement des petites entreprises américaines ont une politique de sécurité de l'internet formellement définie, 59 % n'ont pas de plan d'action en cas d'urgence et tout juste 35 % dispensent à leurs salariés une quelconque formation sur la sûreté et la sécurité de l'internet. De la même manière, l'Étude des effets de la cybercriminalité sur les entreprises au Canada menée en 2013 indique que 22 % seulement des entreprises canadiennes appliquent un processus d'évaluation des risques pour déterminer leurs points de vulnérabilité (International Cyber Security Protection Alliance, 2013).

46. Il faut noter qu'abstraction faite de la possibilité d'acquérir un avantage concurrentiel en traitant le risque numérique comme un enjeu stratégique, il est également arrivé qu'une entreprise qui avait dévoilé un incident de sécurité numérique constate un effet positif sur sa réputation à la suite de cette révélation, parce que celle-ci avait montré que l'entreprise était consciente des risques en la matière et qu'elle y faisait face de façon professionnelle.

47. L'enquête ABACUS (Australian Business Assessment of Computer User Security), réalisée en 2009 auprès des entreprises australiennes pour évaluer les incidents de sécurité auxquelles celles-ci étaient confrontées, a également demandé aux répondants quels étaient les incidents qui étaient couverts par des polices d'assurance. Les résultats ont été décomposés par taille d'entreprise. Le type d'incident contre lequel la plus grande proportion des entreprises ont déclaré être couvertes était « le vol ou la perte de matériel ».

Références

Abrams, M. (2014), « The origins of personal data and its implications for governance », document de référence pour la discussion d'experts de l'OCDE, 21 mars, *http://informationaccountability.org/wp-content/uploads/Data-Origins-Abrams.pdf*.

Acquisti, A. (2010), « The economics of personal data and the economics of privacy », document de référence n° 3, table ronde conjointe WPISP-WPIE, 1er décembre, *www.oecd.org/sti/ieconomy/46968784.pdf*.

Arbor Networks (2017), *Worldwide Infrastructure Security Report Volume XII*, Arbor Networks, *www.arbornetworks.com/insight-into-the-global-threat-landscape*.

Arbor Networks (2016), *Worldwide Infrastructure Security Report Volume XI*, Arbor Networks, *www.arbornetworks.com/images/documents/WISR2016_EN_Web.pdf*.

Ashford, W. (2016a), « GDPR will require 28,000 DPOs in Europe and US, study shows », ComputerWeekly, 20 avril, *www.computerweekly.com/news/450283253/GDPR-will-require-28000-DPOs-in-Europe-study-shows*.

Ashford, W. (2016b), « GDPR will require 75,000 DPOs worldwide, study shows », ComputerWeekly, 10 novembre, *www.computerweekly.com/news/450402719/GDPR-will-require-75000-DPOs-worldwide-study-shows*.

Australian Government (2016), « Australian Consumer Survey 2016 », Commonwealth of Australia, *http://consumerlaw.gov.au/australian-consumer-survey*.

BBC (2017), « NHS cyber-attack: GPs and hospitals hit by ransomware », BBC, 13 mai, *www.bbc.com/news/health-39899646*.

BBC (2015), « Sony Pictures computer system hacked in online attack », BBC, 25 novembre, *www.bbc.com/news/technology-30189029*.

Betterley, R. (2015), « The Betterley report: Cyber/Privacy Insurance Market Survey 2017 », Betterley Risk Consultants, Inc., Sterling, Massachusetts, *www.irmi.com/online/betterley-report-free/cyber-privacy-media-liability-summary.pdf*.

Bureau of Labor Statistics (2014), *Occupational Outlook Handbook*, US Department of Labor, janvier, *www.bls.gov/ooh/computer-and-information-technology/information-security-analysts.htm*.

CE (2017), « Exploratory study of consumer issues in online peer-to-peer platform markets: Executive summary », Commission européenne, Bruxelles, *http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=45246*.

CE (2016a), « Consumer vulnerability across key markets in the European Union: Final Report », rapport rédigé par London Economics, VVA Consulting et Ipsos MORI consortium, Commission européenne, Bruxelles, janvier, *http://ec.europa.eu/consumers/consumer_evidence/market_studies/docs/vulnerable_consumers_approved_27_01_2016_en.pdf*.

CE (2016b), « E-privacy », *Eurobaromètre Flash n° 443*, Union européenne, décembre, *http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/publicopinion/index.cfm/ResultDoc/download/DocumentKy/76377*.

CE (2015a), *Tableau de bord de la consommation : Les consommateurs et le marché unique, Édition de 2015*, Commission européenne, Luxembourg, *http://ec.europa.eu/consumers/consumer_evidence/consumer_scoreboards/11_edition/docs/ccs2015scoreboard_fr.pdf*.

CE (2015b), « Data protection », *Eurobaromètre spécial n° 431*, Commission européenne, juin, *http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_431_en.pdf*.

CE (2015c), « Cyber security », *Eurobaromètre spécial n° 423*, Commission européenne, février, *http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_423_en.pdf*.

CE (2014), *Study on Online Consumer Reviews in the Hotel Sector: Executive Summary*, une étude de Risk & Policy Analysts (RPA) Ltd, CSES and EPRD, Commission européenne, *http://dx.doi.org/10.2772/32069*.

CE (2013), « Cyber security », *Eurobaromètre spécial n° 404*, Commission européenne, novembre, *http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_404_en.pdf*.

Cisco (2016), *Annual Security Report 2016*, *www.cisco.com/c/dam/assets/offers/pdfs/cisco-asr-2016.pdf*.

CMA (2015a), « Online reviews and endorsements: Report on the CMA's call for information », Competition & Markets Authority, Londres, *https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/436238/Online_reviews_and_endorsements.pdf*.

CMA (2015b), « Energy market investigation », rapport rédigé par GfK NOP pour la Competition & Markets Authority, Londres, février, *https://assets.publishing.service.gov.uk/media/54e75c53ed915d0cf700000d/CMA_customer_survey_-_energy_investigation_-_GfK_Report.pdf*.

CNUCED (2016), « UNCTAD B2C E-commerce Index 2016 », *UNCTAD Technical Notes on ICT for Development*, n° 7, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, Genève, avril, *http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tn_unctad_ict4d07_en.pdf*.

CNUCED (2015), *Information Economy Report 2015: Unlocking the Potential of E-commerce for Developing Countries*, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, Genève, *http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ier2015_en.pdf*.

CSIS (2014), « Net losses: Estimating the global cost of cybercrime: Economic impact of cybercrime II », McAfee, Inc., Santa Clara, Californie, *www.mcafee.com/jp/resources/reports/rp-economic-impact-cybercrime2.pdf*.

Duhigg, C. (2012), « How companies learn your secrets », *The New York Times*, 16 février, *www.nytimes.com/2012/02/19/magazine/shopping-habits.html*.

ECCN (European Consumer Centres Network) (2015), *The European Consumer Centres Network: 10 Years Serving Europe's Consumers: Anniversary Report 2005-2015*, Union européenne, Luxembourg, *http://ec.europa.eu/consumers/solving_consumer_disputes/non-judicial_redress/ecc-net/docs/ecc_net_-_anniversary_report_2015_en.pdf*.

ECME Consortium (2013), « Study on the coverage, functioning and consumer use of comparison tools and third-party verification schemes for such tools », EAHC/FWC/20138507, Commission européenne, Bruxelles, *http://ec.europa.eu/consumers/consumer_evidence/market_studies/docs/final_report_study_on_comparison_tools.pdf*.

Economist Intelligence Unit (2013), « Information risk: Managing digital assets in a new digital landscape », The Economist Intelligence Unit.

Edwards, B., S. Hofmeyr et S. Forrest (2014), « Hype and heavy tails: A closer look at data breaches », Atelier sur l'économie de la sécurité de l'information, *www.econinfosec.org/archive/weis2015/papers/WEIS_2015_edwards.pdf*.

ENISA (2009), « An SME perspective on cloud computing », enquête, Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information, 20 novembre, *www.enisa.europa.eu/publications/cloud-computing-sme-survey*.

Fiskerstrand, K. (2017), « sks-keyservers.net – key development », *https://sks-keyservers.net/status/key_development.php* (consulté le 15 avril 2017).

Frier, S. et M. Townsend (2016), « FTC to crack down on paid celebrity posts that aren't clear ads », Bloomberg, 5 août, *www.bloomberg.com/news/articles/2016-08-05/ftc-to-crack-down-on-paid-celebrity-posts-that-aren-t-clear-ads*.

FTC (2017), « Consumer Sentinel Network Data Book for January-December 2016 », Federal Trade Commission, Washington, DC, mars, *www.ftc.gov/system/files/documents/reports/consumer-sentinel-network-data-book-january-december-2016/csn_cy-2016_data_book.pdf*.

FTC (2016), « Consumer Sentinel Network Data Book for January-December 2015 », Federal Trade Commission, Washington, DC, février, *www.ftc.gov/system/files/documents/reports/consumer-sentinel-network-data-book-january-december-2015/160229csn-2015databook.pdf*.

FTC (2006), « ChoicePoint settles data security breach charges; to pay $10 million in civil penalties, $5 million for consumer redress », communiqué de presse, Federal Trade Commission, 26 janvier, *www.ftc.gov/news-events/press-releases/2006/01/choicepoint-settles-data-security-breach-charges-pay-10-million*.

Goodin, D. (2015), « Pay or we'll knock your site offline: DDoS-for-ransom attacks surge », Ars Technica, *http://arstechnica.com/security/2015/11/pay-or-well-knock-your-site-offline-ddos-for-ransom-attacks-surge*.

Greenaway, K., S. Zabolotniuk et A. Levin (2012), « Privacy as a risk management challenge for corporate practice », Ted Rogers School of Management, Ryerson University, Privacy and Cyber Crime Institute, *www.ryerson.ca/content/dam/tedrogersschool/privacy/privacy_as_a_risk_management_challenge.pdf*.

Greenberg, A. (2015a), « Hackers remotely kill a Jeep on the highway – with me in it », *Wired*, juillet, *www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway*.

Greenberg, A. (2015b), « After Jeep hack, Chrysler recalls 1.4M vehicles for bug fix », *Wired*, juillet, *www.wired.com/2015/07/jeep-hack-chrysler-recalls-1-4m-vehicles-bug-fix*.

Harford, T. (2014), « Big data: Are we making a big mistake? », *Financial Times*, 28 mars, *www.ft.com/cms/s/2/21a6e7d8-b479-11e3-a09a-00144feabdc0.html*.

Hautala, L. (2016), « Why it was so easy to hack the cameras that took down the web », c|net, 24 octobre, *www.cnet.com/how-to/ddos-iot-connected-devices-easily-hacked-internet-outage-webcam-dvr*.

Hill, L. (2012), « How Target figured out a teen girl was pregnant before her father did », *Forbes*, 16 février, *www.forbes.com/sites/kashmirhill/2012/02/16/how-target-figured-out-a-teen-girl-was-pregnant-before-her-father-did*.

IAPP (2016), « IAPP-EY annual privacy governance report 2016 », International Association of Privacy Professionals, *https://iapp.org/media/pdf/resource_center/IAPP-2016-GOVERNANCE-SURVEY-FINAL2.pdf*.

ICPEN (2016), *Online Reviews & Endorsements: ICPEN Guidelines for Review Administrators*, International Consumer Protection and Enforcement Network.

International Cyber Security Protection Alliance (2013), « Study of the impact of cyber crime on businesses in Canada », International Cyber Security Protection Alliance, Buckinghamshire, United Kingdom, *https://www.icspa.org/wp-content/uploads/2014/12/ICSPA-Canada-Cyber-Crime-Study-Report.pdf*.

Internet Society (2016), « Global Internet report 2016: The economics of building trust online: Preventing data breaches », Internet Society, *www.internetsociety.org/globalinternetreport/2016*.

(ISC)^2 (2015), « The 2015 (ISC)^2 global information security workforce study », Livre blanc, Frost & Sullivan, (ISC)^2 et Booz Allen Hamilton, *https://www.boozallen.com/content/dam/boozallen/documents/Viewpoints/2015/04/frostsullivan-ISC2-global-information-security-workforce-2015.pdf*.

ISO/CEI (2009), *Technologies de l'information – Techniques de sécurité – Systèmes de management de la sécurité de l'information – Vue d'ensemble et vocabulaire*, ISO/CEI 27000:2009, Organisation internationale de normalisation et Commission électrotechnique internationale.

Jardine, E. (2015), « Global cyberspace is safer than you think: Real trends in cybercrime », Global Commission on Internet Governance, Paper Series, n° 16, juillet, *www.cigionline.org/sites/default/files/no16_web_0.pdf*.

Kaiser, M. (2011), *Prepared testimony of the National Cyber Security Alliance on the State of Cybersecurity and Small Business before the Committee on House Small Business Subcommittee on Healthcare and Technology*, United States House of Representatives, 1er décembre, *http://smallbusiness.house.gov/uploadedfiles/kaiser_testimony.pdf*.

Klahr, R. et al. (2016), « Cyber Security Breaches Survey 2016 », Ipsos MORI Social Research Institute, Londres, mai, *https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/521465/Cyber_Security_Breaches_Survey_2016_main_report_FINAL.pdf*.

Kokalitcheva, K. (2015), « Here's how Airbnb justifies its eye-popping $24 billion valuation », *Fortune*, 17 juin, *http://fortune.com/2015/06/17/airbnb-valuation-revenue*.

Madden, M. (2014), « Public perceptions of privacy and security in the post-Snowden era », Pew Research Center, 12 novembre, *www.pewinternet.org/files/2014/11/PI_PublicPerceptionsofPrivacy_111214.pdf*.

Mayer, R.C., J.H. Davis et F.D. Schoorman (1995), « An integrative model of organizational trust », *The Academy of Management Review*, vol. 20, n° 3, pp. 709-734, *www.jstor.org/stable/258792*.

McGlasson, L. (2009), « Heartland Payment Systems, Forcht Bank discover data breaches », Bank info Security, 21 janvier, *www.bankinfosecurity.com/heartland-payment-systems-forcht-bank-discover-data-breaches-a-1168*.

NSBA (National Small Business Association) (2016), « 2015 year end economic reports », National Small Business Association, Washington, DC, février, *www.nsba.biz/wp-content/uploads/2016/02/Year-End-Economic-Report-2015.pdf*.

NSBA (2015), « 2014 year end economic reports », National Small Business Association, Washington, DC, février, *www.nsba.biz/wp-content/uploads/2015/02/Year-End-Economic-Report-2014.pdf*.

NTIA (2016), « Lack of trust in Internet privacy and security may deter economic and other online activities », National Telecommunications and Information Administration, United States Department of Commerce, Washington, DC, 13 mai, *www.ntia.doc.gov/blog/2016/lack-trust-internet-privacy-and-security-may-deter-economic-and-other-online-activities*.

OCDE (2016a), « The Internet of Things: Seizing the benefits and addressing the challenges », *OECD Digital Economy Papers*, n° 252, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvzz8td0n-en*.

OCDE (2016b), « Décloisonner pour stimuler la confiance en ligne », *L'Obervateur de l'OCDE*, n° 307, OCDE, Paris, *http://oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/5589/Bridging_policy_silos_to_boost_trust_online.html*.

OCDE (2016c), « Stimulating digital innovation for growth and inclusiveness: The role of policies for the successful diffusion of ICT », *OECD Digital Economy Papers*, n° 256, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwqvhg3l31-en*.

OCDE (2016d), *Recommandation du Conseil sur la protection du consommateur dans le commerce électronique*, OCDE, Paris, *https://www.oecd.org/fr/sti/consommateurs/ECommerce-Recommendation-2016-FR.pdf*.

OCDE (2016e), « Protecting Consumers in Peer Platform Markets: Exploring The Issues », *OECD Digital Economy Papers*, n° 253, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvz39m1zw-en*.

OCDE (2016f), « Managing Digital Security and Privacy Risk », *OECD Digital Economy Papers*, n° 254, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwt49ccklt-en*.

OCDE (2016g), « New Forms of Work in the Digital Economy », *OECD Digital Economy Papers*, n° 260, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklt820x-en*.

OCDE (2015a), *La gestion du risque de sécurité numérique pour la prospérité économique et sociale : Recommandation de l'OCDE et document d'accompagnement*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264246089-fr*.

OCDE (2015b), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en*.

OCDE (2014), *Measuring the Digital Economy: A New Perspective*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264221796-en*.

OCDE (2013), *Lignes directrices régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel*, OCDE, Paris, *www.oecd.org/fr/sti/ieconomie/lignesdirectricesregissantlaprotectiondelaviepriveeetlesfluxtransfrontieresdedonneesdecaracterepersonnel.htm*.

OCDE (2011), « The evolving privacy landscape: 30 years after the OECD privacy guidelines », *OECD Digital Economy Papers*, n° 176, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5kgf09z90c31-en*.

OCDE (2003), *Lignes directrices de l'OCDE régissant la protection des consommateurs contre les pratiques commerciales transfrontières frauduleuses et trompeuses*, Éditions OCDE, Paris.

Otake, T. (2015), « Japan Pension Service hack used classic attack method », *The Japan Times*, 2 juin, *www.japantimes.co.jp/news/2015/06/02/national/social-issues/japan-pension-service-hack-used-classic-attack-method*.

Perlroth, N. (2012), « Cameras may open up the board room to hackers », *The New York Times*, 22 janvier, *www.nytimes.com/2012/01/23/technology/flaws-in-videoconferencing-systems-put-boardrooms-at-risk.html*.

Piatetsky, G. (2014), « Did Target really predict a teen's pregnancy? The inside story », KDnuggets, 7 mai, *www.kdnuggets.com/2014/05/target-predict-teen-pregnancy-inside-story.html*.

PwC (2015), « 2015 Information Security Breaches Survey », PricewaterhouseCoopers, *www.pwc.co.uk/services/audit-assurance/insights/2015-information-security-breaches-survey.html*.

Sharman, J. (2017), « Cyber-attack that crippled NHS systems hits Nissan car factory in Sunderland and Renault in France », *The Independent*, 13 mai.

Smith (2016), « IoT security camera infected within 98 seconds of plugging it in », NetworkWorld, 20 novembre, *www.networkworld.com/article/3143133/security/iot-security-camera-infected-within-98-seconds-of-plugging-it-in.html*.

Smith, A. et M. Anderson (2016), « Online shopping and e-commerce », Pew Research Center, 19 décembre, *http://assets.pewresearch.org/wp-content/uploads/sites/14/2016/12/16113209/PI_2016.12.19_Online-Shopping_FINAL.pdf*.

Storm, D. (2015), « MEDJACK: Hackers hijacking medical devices to create backdoors in hospital networks », ComputerWorld, juin, *www.computerworld.com/article/2932371/cybercrime-hacking/medjack-hackers-hijacking-medical-devices-to-create-backdoors-in-hospital-networks.html*.

Thales (2016), *Encryption Application Trends Study 2016*, Thales e-security, Inc.

The Japan Times (2015), « Japan Pension Service hack used classic attack method », *The Japan Times*, 2 juin, *www.japantimes.co.jp/news/2015/06/02/national/social-issues/japan-pension-service-hack-used-classic-attack-method*.

UK Department for Business, Innovation and Skills (2015), *2015 Information Security Breaches Survey: Technical Report*, Department for Business Innovation and Skills, Londres, *www.pwc.co.uk/assets/pdf/2015-isbs-technical-report-blue-digital.pdf*.

UK Department for Business Innovation and Skills (2014), « Digital capabilities in SMEs: Evidence review and re-survey of 2014 Small Business Survey respondents », *BIS Research Papers*, n° 247, Department for Business Innovation and Skills, Londres, *https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/457750/BIS-15-509-digital-capabilities-in-SMEs-evidence-review-and-re-survey-of-2014-small-business-survey-respondents.pdf*.

UK Department for Culture, Media & Sport (2016), « 2016 Cyber Security Breaches Survey », Gouvernement britannique, Londres.

UKRN (UK Regulators Network) (2016), « Price comparison websites: Final report », UK Regulators Network, 27 septembre, *www.ukrn.org.uk/wp-content/uploads/2016/09/201609027-UKRN-PCWs-Report.pdf*.

US Department of Commerce (2016), « Quarterly retail e-commerce sales – 2nd quarter 2016 », US Census Bureau News, US Department of Commerce, Washington, DC, août, *www.census.gov/retail/mrts/www/data/pdf/ec_current.pdf*.

US International Trade Administration (2016), *eCommerce Guide*, *https://www.export.gov* (consulté le 1er décembre 2016).

Valant, J. (2015), *Online Consumer Reviews: The Case of Misleading or Fake Reviews*, exposé, Parlement européen, octobre, *www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/571301/EPRS_BRI(2015)571301_EN.pdf*.

Wong, J.C. et O. Solon (2017), « Massive ransomware cyber-attack hits nearly 100 countries around the world », *The Guardian*, 12 mai, *www.theguardian.com/technology/2017/may/12/global-cyber-attack-ransomware-nsa-uk-nhs*.

Zhang, S. et G. Shih (2015), « Uber seen reaching $10.8 billion in bookings in 2015: Fundraising presentation », *Reuters*, 21 août, *www.reuters.com/article/2015/08/21/us-uber-tech-fundraising-idUSKCN0QQ0G320150821*.

Chapitre 7

Perspectives technologiques

L'écosystème technologique à l'origine de toute transformation numérique se distingue par les nombreuses technologies de base qui le composent et par sa capacité à évoluer en permanence. Ce chapitre examine les caractéristiques de deux des avancées technologiques actuelles les plus prometteuses (ainsi que les opportunités et les défis qu'elles représentent) : les machines dotées de fonctions cognitives imitant le comportement humain, autrement dit l'« intelligence artificielle », et les chaînes de blocs, une technologie de base de données distribuée et inviolable.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Introduction

Si l'on se réfère aux 30 ou 40 dernières années d'innovation dans le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC), il apparaît que chaque décennie fut marquée par une nouvelle forme de transformation technologique : les ordinateurs personnels dans les années 80, l'internet dans les années 90, l'informatique mobile et les smartphones dans les années 2000, et l'internet des objets (IdO) aujourd'hui. Les technologies informatiques et de réseau de base ne cessent de se développer, notamment par une miniaturisation continue des appareils, une augmentation de la puissance de calcul et des capacités de stockage pour un coût toujours plus faible, et un accès à des débits plus élevés sur les réseaux fixes et mobiles.

Les éventuels bienfaits économiques et sociaux à venir dépendent néanmoins de plus en plus de technologies particulièrement récentes qui à leur tour s'appuient sur des composantes fondamentales existantes et plus avancées, comme l'IdO, l'infonuagique, l'analytique des données massives, l'intelligence artificielle (IA) et les chaînes de blocs. Cet ensemble de technologies constitue un écosystème dans lequel chacune d'elles tire parti du développement des autres et y contribue. L'infonuagique repose sur une connectivité internet continue, disponible en permanence et à haut débit, et s'avère essentielle à l'analytique des données massives, laquelle nécessite une puissance de calcul et une capacité de stockage à la fois importantes et bon marché. Les données massives dépendent quant à elles principalement d'algorithmes complexes, sur lesquels est fondée l'IA. Pour appréhender leur environnement, qu'il soit virtuel ou physique, et prendre les décisions adaptées, les machines telles que les robots et les drones s'appuient sur une IA qui exploite souvent les données massives pour identifier les formes. Les caractéristiques de chacune de ces technologies constituent un ensemble spécifique d'opportunités et de défis qui doivent être abordés de manière séparée. Cependant, il s'avère de plus en plus nécessaire d'analyser également ces technologies dans le contexte plus large de l'écosystème numérique, sans lequel elles ne pourraient prospérer et au développement duquel elles participent.

Ce chapitre examine les caractéristiques de deux des avancées technologiques actuelles les plus prometteuses (ainsi que les opportunités et les défis qu'elles représentent) : les machines dotées de fonctions cognitives imitant le comportement humain (autrement dit l'IA) et les chaînes de blocs, une technologie de base de données distribuée et inviolable qui peut être utilisée pour conserver n'importe quel type de données, dont les transactions financières, et qui permet d'instaurer un climat de confiance dans un environnement pourtant peu fiable. Les principales conclusions de ce chapitre sont les suivantes :

- L'IA se démocratise sous l'influence de l'apprentissage automatique, des données massives et de l'infonuagique, lesquels permettent aux algorithmes d'identifier des formes d'une complexité croissante dans de grands ensembles de données et parfois de surpasser les capacités humaines dans certaines fonctions cognitives. Au-delà de la promesse qu'elle offre en termes d'amélioration de l'efficacité, d'affectation des ressources et donc de stimulation des gains de productivité, l'IA a pour vocation d'aider à relever des défis complexes dans des domaines aussi divers que la santé, les transports et la sécurité.

- La technologie de chaîne de blocs ne nécessite aucun opérateur intermédiaire ou autorité centrale pour être opérante. C'est notamment le cas du Bitcoin, une devise virtuelle qui constitue l'une des premières applications réussies des chaînes de blocs et fonctionne de manière indépendante de toute banque centrale. Outre le Bitcoin, les chaînes de blocs offrent de nombreuses applications possibles, y compris dans le secteur financier, le secteur public (éducation) et l'IdO, en particulier par leur capacité à atténuer les frictions sur les marchés, réduire les coûts de transaction, encourager la transparence et la responsabilisation, et garantir l'exécution des échanges par le biais de contrats intelligents.

Ce chapitre aborde également les enjeux stratégiques qui pourraient être amplifiés par le développement rapide de l'IA et des chaînes de blocs, ainsi que les nouveaux défis que pourrait engendrer l'utilisation de ces technologies. Les décideurs doivent prendre conscience de l'impact potentiel de l'IA, notamment sur l'avenir du travail et le développement des compétences, et des implications possibles en termes de transparence, de surveillance, de responsabilité, d'obligations, ainsi qu'en matière de protection et de sécurité. Parmi les défis posés par certaines applications de chaînes de blocs, citons par exemple la difficulté à neutraliser l'une de ces applications si son réseau est transnational ou encore à appliquer la législation en l'absence d'un intermédiaire principal. Cela soulève par ailleurs une question essentielle : comment et à qui imputer la responsabilité juridique des préjudices causés par les systèmes de chaînes de blocs ?

L'intelligence artificielle

Cette section décrit en premier lieu les caractéristiques propres de l'IA et comment elle s'est démocratisée au cours des dernières années, imprégnant et transformant rapidement nos économies et nos sociétés. Par comparaison avec d'autres développements technologiques, nombreux sont surpris par la rapidité avec laquelle l'IA s'est propagée. Les avis divergent toutefois grandement quant à la faisabilité et à l'échéance de réalisation de développements tels que l'intelligence artificielle forte (IAF) et la singularité technologique.

La sous-section suivante présente les avantages et opportunités potentiels offerts par l'IA, accompagnés d'exemples d'application dans différents secteurs. L'IA offre la perspective de gains de productivité, d'une amélioration du processus décisionnel et d'une réduction des coûts, en permettant un traitement des données à très grande échelle et une découverte accélérée des formes. En aidant les chercheurs à identifier les relations complexes de cause à effet, l'IA devrait contribuer à relever des défis majeurs à l'échelle mondiale, notamment liés à l'environnement, aux transports ou à la santé. Elle pourrait améliorer de manière significative la qualité de vie par ses implications dans des domaines aussi divers que les soins de santé, les transports, l'éducation, la sécurité, la justice, l'agriculture, le commerce de détail, la finance, l'assurance ou les services bancaires. L'IA pourrait en effet trouver des applications utiles partout où l'intelligence joue un rôle essentiel.

La dernière sous-section présente quelques-unes des principales questions stratégiques posées par le développement de l'IA. Cette technologie devrait remplacer et/ou compléter certaines composantes du travail humain, qu'il soit qualifié ou non. Cela nécessite la mise en place de politiques visant à faciliter cette transition pour les professionnels et à aider les travailleurs à développer des compétences qui leur permettront à la fois de tirer parti de l'IA et de renforcer ses applications. L'IA pourrait également avoir un impact sur la concentration économique et la répartition des revenus. Un autre enjeu consiste à assurer la transparence et la surveillance des décisions basées sur l'IA qui pourraient affecter des personnes, mais aussi à empêcher une utilisation biaisée ou discriminatoire des algorithmes, ainsi que toute

violation de la confidentialité. L'IA soulève également de nouvelles problématiques en termes d'obligations, de responsabilité, de protection et de sécurité.

L'intelligence artificielle se démocratise sous l'influence des récentes avancées dans le domaine de l'apprentissage automatique

L'intelligence artificielle se rapporte aux machines dotées de fonctions cognitives imitant le comportement humain

Il n'existe aucune définition de l'IA qui soit admise de manière universelle. Marvin Minsky, pionnier dans ce domaine, la définissait comme « la science de doter les machines de la capacité à accomplir des tâches pour lesquelles les hommes utiliseraient leurs intelligence ». Le présent rapport se base sur la définition de Nils J. Nilsson (2010) : « L'intelligence artificielle est l'activité consacrée à rendre les machines intelligentes ; l'intelligence étant cette qualité qui permet à une entité d'agir de manière appropriée et avisée dans son environnement. » Les machines comprenant le langage humain, participant à des compétitions de jeux stratégiques, pilotant des voitures de manière autonome ou interprétant des données complexes sont actuellement toutes considérées comme des applications de l'IA. Dans cette acception, l'intelligence intègre l'idée d'autonomie et d'adaptabilité par la faculté de l'IA d'apprendre dans un environnement dynamique.

Il convient de noter que les frontières de l'IA ne sont pas toujours claires et qu'elles évoluent avec le temps. Par exemple, les techniques développées par les chercheurs en IA pour analyser d'importants volumes de données sont dans certains cas considérées comme des algorithmes et systèmes de « données massives » (Maison Blanche, 2016a). La reconnaissance optique de caractères est quant à elle devenue une technologie courante, ne relevant plus de l'IA. L'un des principaux objectifs de la recherche et des applications en IA est aujourd'hui devenu l'automatisation ou la reproduction d'un comportement intelligent.

L'apprentissage automatique, les données massives et l'infonuagique ont permis l'accélération récente des progrès de l'intelligence artificielle

Malgré une visibilité fluctuante auprès du grand public, l'IA s'est développée de manière significative depuis ses prémices dans les années 50. Son principe a été conceptualisé par John McCarthy, Alan Newell, Arthur Samuel, Herbert Simon et Marvin Minsky à l'occasion du Dartmouth Summer Research Project, un séminaire de recherche organisé durant l'été 1956 et considéré par beaucoup comme signant la naissance de l'IA. Bien que la recherche en IA ait fait des progrès constants au cours des 60 dernières années, les promesses des premiers promoteurs de cette technologie se sont révélées bien trop optimistes, donnant lieu à un grand « hiver de l'IA » caractérisé par une baisse des financements et de l'intérêt pour la recherche en IA pendant les années 70. Plus récemment, la disponibilité des données massives et l'infonuagique ont permis de réelles avancées dans une composante de l'IA appelée l'« apprentissage automatique » (Chen et al., 2012), augmentant de façon spectaculaire la puissance, la disponibilité, la croissance et l'impact de l'IA. En 2016, un programme d'IA a remporté une partie de go face à l'un des meilleurs joueurs mondiaux, un exploit que les experts ne pensaient pas possible avant au moins une dizaine d'années. La disponibilité de capacités évolutives de calcul intensif dans le nuage, et des flux et stocks de données de plus en plus importants produits par les hommes et les machines connectés ont permis des percées majeures dans l'apprentissage automatique.

Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent identifier les formes complexes dans des ensembles de données importants

Grâce à l'apprentissage automatique, les algorithmes parviennent à détecter des formes complexes dans des ensembles de données importants. Par exemple, l'IA de Google apprend à traduire des contenus vers différentes langues à l'aide des documents traduits disponibles en ligne, et l'IA de Facebook apprend à identifier les personnes figurant sur des photographies en utilisant son immense base de données d'utilisateurs connus. Les avancées dans les domaines de l'apprentissage profond et de l'apprentissage par renforcement, deux branches de l'apprentissage automatique, ont donné des résultats impressionnants depuis 2011-12.

L'efficacité des systèmes d'IA dépend également de l'utilisation de microprocesseurs spécifiques, souvent directement dans le nuage. La phase d'apprentissage des réseaux de neurones profonds s'appuie sur des processeurs graphiques à l'origine conçus pour les jeux vidéo, comme ceux développés par Nvidia. Pour la phase de réponse, les grandes entreprises spécialisées en IA développent généralement des processeurs dédiés, à l'instar de l'« unité de traitement de tenseurs » (*tensor processing unit* ou TPU) de Google ou du « réseau de portes programmables in situ » (*field-programmable gate array* ou FGPA) Altera d'Intel.

Encadré 7.1. **Algorithmes d'apprentissage automatique « supervisé » et « non supervisé »**

L'apprentissage automatique est notamment utilisé pour les recherches sur le web, le filtrage de contenu sur les réseaux sociaux ou les recommandations sur les sites de commerce électronique. Cette technologie est par ailleurs de plus en plus présente dans les produits de consommation, comme les appareils photo ou les smartphones. Les systèmes d'apprentissage automatique permettent d'identifier des objets dans des images, de retranscrire des paroles, de faire le lien entre des produits, publications ou actualités et les centres d'intérêt des utilisateurs, ou encore de sélectionner les résultats les plus pertinents d'une recherche.

L'**apprentissage non supervisé** consiste à soumettre à un algorithme d'apprentissage un ensemble de données non caractérisées (c'est-à-dire sans « bonnes » ou « mauvaises » réponses prédéterminées) afin qu'il identifie une structure dans ces données. Cela peut se traduire par le regroupement de certains types d'éléments, par exemple en examinant un lot de portraits et en apprenant à déterminer le nombre de sujets différents qui apparaissent sur ces photographies. Le service Actualités de Google utilise cette technique pour regrouper des actualités du même type, à la manière d'experts en génomique qui cherchent à identifier les différences de degré d'apparition d'un gène particulier dans une population donnée, ou de professionnels du marketing qui ciblent un public précis.

L'**apprentissage supervisé** consiste à exploiter un ensemble de données caractérisées pour programmer un modèle qui sera ensuite utilisé pour classer ou trier un nouvel ensemble de données inconnues (par exemple, pour apprendre à identifier une personne déterminée dans un lot de photographies). Cette technique permet de détecter des éléments précis dans des données (comme des mots-clés ou des attributs physiques), de prédire des résultats probables ou de déceler d'éventuelles anomalies ou aberrations. Pour résumer, cette approche soumet à l'ordinateur un ensemble de « bonnes réponses » et le charge d'en trouver d'autres du même type. L'apprentissage profond est une forme d'apprentissage supervisé.

Source : UK Government Office for Science (2016), « Artificial intelligence: Opportunities and implications for the future of decision-making », *https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-an-overview-for-policy-makers*.

Si l'intelligence artificielle s'applique aux fonctions cognitives, la robotique est quant à elle généralement associée aux fonctions motrices

L'IA se manifeste principalement de manière immatérielle. La robotique, qui constitue un point de convergence entre le génie mécanique, le génie électrique et l'informatique, a principalement des expressions physiques. Dans une « machine autonome », l'IA assure les fonctions cognitives, alors que la robotique se charge des fonctions motrices. La frontière entre fonctions cognitives et fonctions motrices est toutefois poreuse et ne cesse d'évoluer dans la mesure où la mobilité suppose une capacité à percevoir et à analyser l'environnement. À titre d'exemple, l'apprentissage automatique joue un rôle essentiel dans la vision par ordinateur. La nature physique de la robotique la distingue toutefois de l'IA et a même des conséquences industrielles dans le cas des machines autonomes. En effet, le développement de fonctions motrices complexes est généralement plus difficile, plus cher et plus long que pour les fonctions cognitives complexes. Les véhicules autonomes et les robots humanoïdes sont des exemples bien connus de la convergence entre IA et robotique. Il est important de noter que les machines autonomes associant des techniques avancées d'IA et de robotique peinent encore à reproduire une grande partie des fonctions motrices non cognitives élémentaires.

L'intelligence artificielle surpasse les capacités humaines dans certaines fonctions cognitives complexes, mais requiert encore pour cela des ensembles de données importants

Les neurosciences s'avèrent essentielles pour comprendre la situation actuelle de l'IA, ainsi que ses évolutions futures. Le renouveau de l'IA observé autour de l'année 2011 est en grande partie dû au succès d'une branche de l'apprentissage automatique appelée les « réseaux de neurones profonds artificiels », également connus sous le nom d'« apprentissage profond », lequel est soutenu par l'« apprentissage par renforcement », une autre branche de l'IA. L'apprentissage profond et l'apprentissage par renforcement ont pour objet d'imiter en substance les couches neuronales utilisées par le cerveau pour traiter les informations et apprendre à travers la reconnaissance des formes, même si l'apprentissage automatique reste actuellement principalement exploité dans le domaine des statistiques. L'IA et les neurosciences devraient à l'avenir converger sous une forme plus significative à mesure que la compréhension du cerveau humain s'améliore et que les technologies s'entremêlent (OCDE, à paraître).

Les algorithmes d'IA sont capables de réaliser en parallèle des calculs complexes à partir d'ensembles de données volumineux, et sont par conséquent plus rapides que l'intelligence humaine biologique. L'IA offre en outre des résultats toujours supérieurs aux capacités humaines pour certaines fonctions cognitives complexes, comme la reconnaissance d'images en radiologie (Wang et al., 2016 ; Lake et al., 2016).

Dans ses applications limitées actuelles, l'intelligence artificielle faible se concentre sur des tâches spécifiques, mais on peut imaginer qu'une intelligence artificielle forte puisse à l'avenir réaliser des actions intelligentes générales, à l'instar des humains

L'intelligence artificielle faible ou « appliquée » actuelle est conçue pour accomplir des tâches précises de raisonnement ou de résolution de problèmes. Et ce sont là ses applications les plus avancées. Les systèmes d'IA qui sont aujourd'hui à la pointe de la technologie, comme le programme Watson d'IBM ou AlphaGo de Google, restent néanmoins des systèmes « faibles ». Bien qu'ils soient capables de généraliser dans une certaine mesure la reconnaissance de formes, notamment en transférant les

connaissances acquises dans le domaine de la reconnaissance d'images vers la reconnaissance de la parole, la souplesse de l'esprit humain est incomparable.

L'IA appliquée est souvent opposée à une IA forte (hypothétique), grâce à laquelle les machines autonomes deviendraient capables de réaliser des actions intelligentes générales, comme tout être humain, et notamment d'acquérir des connaissances par généralisation ou abstraction en combinant différentes fonctions cognitives. L'IA forte serait dotée d'une puissante mémoire associative et de capacités de discernement, de décision, de résolution de problèmes multidimensionnels, d'apprentissage empirique ou par la lecture, de création de concepts, de perception du monde, de conscience de soi, d'inventivité, de créativité, de réaction à des événements inattendus dans des environnements complexes et d'anticipation.

Les avis divergent grandement face à cette potentielle IA forte et les experts invitent à la prudence : ces débats doivent rester réalistes sur sa faisabilité dans le temps. D'après les projections réalisées par les rares informaticiens engagés dans la recherche en IA forte, cette technologie devrait apparaître à l'échéance d'une dizaine d'années à un siècle ou plus (Goertzel et Pennachin, 2006). Certains mettent en avant que l'IA, à l'image de l'intelligence biologique, reste par nature contrainte par ce que les experts en informatique appellent la « combinatoire », soit le nombre incalculable de choses auxquelles un système intelligent peut penser ou qu'il peut réaliser (OCDE, 2016). Par ailleurs, l'IA étant une construction artificielle, les systèmes d'IA se basent sur des architectures qui en limitent de fait les connaissances et les actions potentielles en fonction de leur pertinence pour une application donnée. La convergence de l'apprentissage automatique et des neurosciences au cours des prochaines décennies devrait avoir des répercussions majeures.

Dans leur grande majorité, les experts s'accordent à dire que l'IA faible sera source de nouveaux risques, défis et opportunités notables, et que l'avènement possible d'une IA forte, peut-être avant la fin du XXIe siècle, devrait encore amplifier ces répercussions.

La « singularité technologique » correspond à l'émergence théorique d'une future superintelligence artificielle

L'expression « singularité technologique » se rapporte à un scénario à long terme, théorique mais cohérent, popularisé par Ray Kurzweil, un inventeur et futurologue devenu directeur de l'ingénierie chez Google. Dans ce scénario, l'émergence d'une IA forte entraînerait une « explosion d'intelligence » et, à l'horizon de quelques décennies ou moins, donnerait lieu à la naissance d'une superintelligence artificielle (SIA). Une telle SIA serait capable d'améliorer ses propres capacités de manière exponentielle et représenterait alors une menace pour l'humanité.

Ces deux scénarios d'IA forte et de SIA ne seront pas pris en considération dans les sections suivantes. L'expression « intelligence artificielle » se rapporte ici à l'association d'algorithmes d'apprentissage automatique avec des capteurs et autres programmes informatiques afin de percevoir, comprendre et agir sur l'environnement, apprendre par expérience et s'adapter sur la durée. Les algorithmes de vision par ordinateur et de traitement audio par exemple, perçoivent le monde de manière active par l'acquisition et le traitement d'images, de sons et de langage parlé. Ils sont généralement utilisés pour des applications de type reconnaissance faciale ou de la parole. La traduction est une application caractéristique du traitement automatique du langage naturel et des moteurs d'inférence. Les systèmes d'IA peuvent également réaliser des actions cognitives comme la prise de décision (pour accepter ou refuser une demande de crédit, par exemple) ou l'exécution d'actions dans le monde physique (pour l'assistance au freinage d'un véhicule notamment).

Les plateformes abouties d'intelligence artificielle mobilisent d'importants volumes de données

L'IA suscite aussi bien l'intérêt des géants du numérique que des start-ups. Les entreprises multinationales réorientent leur modèle économique vers l'analyse prédictive et des données afin d'accroître leur productivité grâce à l'IA, notamment en République populaire de Chine (ci-après, la « Chine »), en France, en Israël, au Japon, en Corée, en Fédération de Russie, au Royaume-Uni et aux États-Unis. Le marché de l'IA est dominé par une douzaine d'entreprises multinationales américaines, regroupées sous le sigle GAFAMI (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft et IBM), et chinoises, surnommées BATX (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi) (OCDE, 2017). La commercialisation des technologies d'IA sous la forme de « logiciels-services » ou SaaS (software-as-a-service) semble connaître une certaine popularité. Google et IBM par exemple ont adopté ce modèle économique en fournissant un accès par abonnement à leur IA centralisée.

Le volume de données auquel les entreprises ont accès constitue un facteur clé de réussite dans la concurrence mondiale que se livrent ces plateformes. Les algorithmes d'apprentissage automatique nécessitent actuellement d'importants volumes de données pour permettre une reconnaissance efficace des formes. À titre d'exemple, la reconnaissance d'images suppose de disposer de millions d'images d'un animal ou d'un véhicule spécifique. Les données générées par les utilisateurs, les consommateurs et les entreprises contribuent à éduquer les systèmes d'IA. Facebook tire parti de près de 10 milliards d'images publiées chaque jour par ses utilisateurs pour améliorer en permanence ses algorithmes de reconnaissance visuelle. De la même manière, Google DeepMind utilise les séquences vidéo chargées par les utilisateurs de YouTube pour éduquer son logiciel d'IA à reconnaître les images vidéo.

De leur côté, les start-ups ne sont pas moins dynamiques. Une étude de CB Insights (2017) montre que les fonds soulevés par les start-ups spécialisées en IA sont passés de 589 millions USD en 2012 à plus de 5 milliards USD en 2016. Cette même année, près de 62 % des contrats étaient confiés à des start-ups américaines, contre 79 % quatre ans auparavant. Viennent ensuite les start-ups situées au Royaume-Uni, en Israël et en Inde. On estime que d'ici à 2020 le « marché de l'IA » représentera jusqu'à 70 milliards USD.

L'intelligence artificielle promet d'améliorer l'efficacité et la productivité, et d'aider à relever les défis les plus complexes

L'intelligence artificielle permet d'augmenter l'efficacité, de réaliser des économies et de mieux affecter les ressources

L'IA devrait améliorer de manière significative l'efficacité des processus décisionnels, engendrer des réductions de dépenses et permettre une meilleure affectation des ressources dans tous les secteurs de l'économie grâce à ses capacités de détection des formes dans d'immenses volumes de données. Les algorithmes spécialisés dans l'exploration des données liées aux opérations de systèmes complexes favorisent l'optimisation dans des secteurs aussi variés que l'énergie, l'agriculture, la finance, les transports, les soins de santé, la construction, la défense et le commerce. Grâce à l'IA, les acteurs privés ou publics ont la possibilité d'exploiter plus efficacement leurs différents facteurs de production (ressources naturelles, main-d'œuvre, capitaux ou informations) et d'optimiser leur consommation de ressources (énergie ou eau, par exemple). Ses algorithmes d'IA ont permis à Google de réduire la consommation d'énergie de ses centres de données selon des modalités

que l'intuition humaine et l'ingénierie n'avaient jusque-là jamais envisagées (Evans et Gao, 2016). Au cours d'une expérience menée sur une période de deux ans, le réseau de neurones profonds artificiel de Google, DeepMind, a analysé le fonctionnement d'un centre de données sur la base de plus de 120 paramètres et identifié une méthode globale de refroidissement et de consommation électrique à la fois plus efficace et plus flexible. Cette méthode a permis à l'entreprise de réduire la consommation d'énergie de ses centres de données (déjà à haute efficacité énergétique) de 15 % supplémentaires (Evans et Gao, 2016). DeepMind laisse entrevoir des applications destinées à améliorer l'efficacité de la conversion des centrales électriques ou à réduire les quantités d'énergie et d'eau nécessaires pour les semi-conducteurs.

L'IA permet une réduction des dépenses liées à l'élaboration de prévisions par l'évaluation du profil de risques, la gestion des inventaires et l'anticipation de la demande. Les prévisions assistées par IA dans les domaines de la banque, de l'assurance, des soins préventifs, de la maintenance, de la logistique ou encore de la météorologie s'avèrent de plus en plus fiables et abordables. Des entreprises telles qu'Ocado et Amazon s'appuient sur l'IA pour tirer le meilleur parti de leurs réseaux de distribution et d'entreposage, déterminer les itinéraires de livraison les plus efficaces et exploiter au mieux leurs entrepôts. Dans le secteur des soins de santé, les données issues de smartphones et de bracelets d'activité peuvent être analysées dans l'optique d'améliorer le suivi d'affections chroniques, mais aussi d'anticiper et de prévenir les crises potentielles. IBM envisage d'utiliser son programme Watson pour détecter plus rapidement l'apparition de maladies de type Huntington, Alzheimer ou Parkinson en exploitant les outils d'analyse automatique de la parole disponibles sur les appareils mobiles.

L'intelligence artificielle peut aider à détecter des activités, personnes ou informations suspectes

L'apprentissage automatique est actuellement utilisé pour identifier des comportements criminels ou frauduleux et assurer le respect de la conformité par le biais de méthodes innovantes. La détection des fraudes est en réalité l'une des premières applications de l'IA dans le secteur bancaire. L'activité des comptes est surveillée afin de détecter d'éventuels comportements suspects et un contrôle est déclenché en cas d'anomalie. Grâce aux progrès de l'apprentissage automatique, cette surveillance commence à être possible en temps quasi réel. Les banques sont particulièrement attentives à cette problématique. En 2016, le Credit Suisse Group AG s'est associé sous la forme d'une entreprise commune spécialisée en IA avec une société de surveillance de sécurité de la Silicon Valley dont les solutions aident les banques à détecter les échanges commerciaux non autorisés (Voegeli, 2016).

Les technologies d'IA interviennent également de plus en plus dans les opérations de police et de lutte antiterroriste. L'organisation américaine IARPA (Intelligence Advanced Research Projects Activity) travaille sur plusieurs programmes visant à traiter d'importants volumes de données multidimensionnelles (photos et vidéos) provenant de tous les appareils disponibles, afin d'identifier des personnes recherchées. Ces programmes s'appuient sur l'IA pour dépasser les méthodes courantes de reconnaissance d'images bidimensionnelles, ou encore pour identifier des individus et géolocaliser automatiquement des vidéos suspectes non marquées publiées en ligne.

La véracité des actualités et donc des « *fake news* » (informations truquées) est un autre sujet sur lequel l'IA peut démontrer son utilité en analysant les données des milliers de milliards de messages d'utilisateurs. Facebook, le géant des réseaux sociaux, développerait

actuellement un système visant à identifier les *fake news* en fonction des types d'articles signalés par le passé comme relevant de la désinformation par les utilisateurs.

L'intelligence artificielle devrait donner lieu à des gains de productivité toujours plus importants

L'IA devrait participer à la génération de gains de productivité dans de nombreux secteurs, à la fois par l'automatisation d'opérations auparavant manuelles et par l'autonomisation des machines, autrement dit par la capacité des systèmes à fonctionner et à s'adapter aux variations contextuelles avec une intervention humaine réduite, voire nulle (OCDE, 2017). L'exemple le plus connu de machines autonomes est celui des voitures sans conducteur, mais leurs applications sont multiples : opérations financières automatisées, systèmes de curation de contenu automatisés ou encore systèmes capables de détecter et corriger les failles de sécurité.

Parce qu'elle permet l'automatisation de tâches cognitives et physiques complexes, l'IA offrirait des gains de productivité aussi bien dans les usines que dans les centres de service ou les bureaux. L'IA peut automatiser et hiérarchiser les tâches opérationnelles et administratives répétitives en éduquant des logiciels robots conversationnels (ou « *bots* »). Le programme Smart Reply de Google génère des propositions de réponse en fonction des réponses précédemment envoyées à des courriels similaires. Les rédactions utilisent de plus en plus l'apprentissage automatique pour créer des rapports et préparer des ébauches d'article. Ces applications s'appuient sur une intervention humaine limitée à une approbation finale, ce qui se traduit par une augmentation de la productivité des personnes concernées. Les robots équipés de capteurs lasers et de profondeur 3D, et de réseaux de neurones profonds avancés de vision par ordinateur, peuvent désormais œuvrer en toute sécurité au milieu du personnel d'une usine ou d'un entrepôt. L'IA permet également d'augmenter la productivité en réduisant les coûts associés au traitement de grands ensembles de données. Dans le secteur juridique, des entreprises telles que ROSS, Lex Machina, H5 ou CaseText utilisent le traitement automatique du langage naturel pour rechercher des informations spécifiques dans un corpus de documents, passant ainsi en revue des milliers de pages en l'espace de quelques jours contre plusieurs mois auparavant.

Différents instituts de sondages ont récemment cherché à prévoir l'impact de l'IA sur la croissance économique et la productivité. Purdy et Daugherty (2016) ont étudié 12 économies développées et conclu que l'IA pourrait doubler le taux de croissance annuel de ces pays et augmenter la productivité de leur main-d'œuvre jusqu'à 40 % d'ici à 2035. Le McKinsey Global Institute a estimé que l'automatisation, à la fois par le biais de l'IA et de la robotique, pourrait améliorer la productivité mondiale de 0.8 % à 1.4 % par an.

L'intelligence artificielle a pour vocation d'aider à la résolution de problèmes complexes dans des secteurs comme la santé, les transports et la sécurité

L'intelligence artificielle aide à détecter des maladies de manière précoce, à fournir des services de manière préventive et à développer de nouveaux traitements

Les progrès de l'IA dans le domaine des soins de santé devraient améliorer le traitement de maladies et la délivrance de médicaments, non seulement en participant à la détection rapide des affections, mais aussi (associés aux flux de données médicales disponibles en constante augmentation) en contribuant au développement de traitements médicaux préventifs et de précision. L'IA permet un dépistage précoce des maladies, notamment grâce

à la reconnaissance d'images dans des spécialités comme la radiographie, l'échographie, la tomographie par ordinateur et l'imagerie par résonance magnétique. Grâce au programme Watson d'IBM, une équipe de médecins de l'Université de Tokyo a réussi à diagnostiquer chez un patient japonais une forme rare de leucémie qu'aucun médecin n'avait jusque-là détectée. Dans le cas des mammographies de dépistage du cancer du sein, les algorithmes d'apprentissage profond associés à une intervention de médecins pathologistes ont permis de faire baisser le taux d'erreur à 0.5 % par rapport au taux atteint par les pathologistes seuls (3.5 %, soit une réduction de 85 %) ou par les machines seules (7.5 %) (Nikkei, 2015).

De nouvelles avancées en apprentissage automatique devraient également stimuler la découverte et le développement de nouveaux médicaments par l'exploration de données et de publications scientifiques. Les services de santé personnalisés et les outils d'accompagnement individualisé disponibles sur les smartphones commencent déjà à comprendre et intégrer différents ensembles de données sur la santé des utilisateurs. Dans le secteur des soins aux personnes âgées, les applications du traitement automatique du langage naturel et des dispositifs d'assistance visuelle et auditive (comme les exosquelettes ou les déambulateurs intelligents) devraient jouer un rôle prépondérant.

La conduite autonome et le calcul d'itinéraires optimisé rendus possible par l'intelligence artificielle simplifient la gestion des transports et permettent de sauver des vies

L'intégration de l'IA a déjà un impact majeur sur les transports avec l'apparition des dispositifs de conduite autonome et du calcul d'itinéraires en fonction des données de circulation. Le développement des réseaux de neurones profonds est l'un des principaux facteurs qui ont favorisé les avancées impressionnantes réalisées sur le front des véhicules autonomes au cours des dix dernières années, notamment grâce à la vision par ordinateur. Associés à de nombreux autres types d'algorithmes, les réseaux de neurones profonds ont la capacité de tirer pleinement parti des capteurs sophistiqués utilisés pour la navigation et d'apprendre à piloter dans des environnements complexes. Cela se traduit par une baisse du nombre d'accidents de la route et par une meilleure utilisation des temps de trajet à des fins productives, de divertissement ou de repos pour les utilisateurs. Bien que l'on ignore encore quelle forme prendra l'industrie automobile après sa restructuration et à quelle échéance, beaucoup estiment que les véhicules autonomes et connectés pourraient permettre d'éviter une grande partie des 1.3 million de victimes de la route dénombrées chaque année dans le monde. Bousculés par l'arrivée de nouveaux acteurs comme Google, Baidu, Tesla et Uber, les géants de l'automobile, comme Ford Motors ou Honda, se sont mis à investir dans des start-ups prometteuses spécialisées dans l'IA, à nouer des alliances ou à développer des solutions en interne.

L'intelligence artificielle permet de détecter et combattre aussi bien les cybermenaces que les menaces à la sécurité du monde réel

L'IA se révèle particulièrement efficace contre les cyber-attaques et l'usurpation d'identité par le biais de l'analyse des tendances et des anomalies. Elle est également utilisée dans le secteur de la défense contre les pirates, ainsi que dans l'élaboration de réponses proactives et immédiates aux tentatives de piratage. Le concours Cyber Grand Challenge organisé en août 2016 par l'organisation DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), consistant à utiliser des systèmes d'IA pour porter des attaques et se défendre en temps réel, fut une étape importante pour la cyberdéfense automatisée

puisque d'après la DARPA il en aurait défini le concept même. L'IA offre une gamme étendue d'applications de sécurité ne se limitant pas à la cybersécurité. Elle constitue en effet un puissant outil d'identification pour les services de police (notamment grâce à la reconnaissance faciale qui exploite d'importants réseaux de caméras de surveillance), mais permet aussi de plus en plus d'anticiper les lieux et moments où des crimes se produiront. Certaines start-ups créées dans le but de tirer parti des résultats de la recherche universitaire utilisent notamment l'IA pour détecter les tentatives de tromperie dans des écrits. Ce type de technologie pourrait avoir de nombreuses applications, comme le renforcement de la protection des mineurs sur le web (Dutton, 2011). Dans le cas de la gestion des crises et des catastrophes, l'IA pourrait permettre une optimisation de la planification et du déploiement des ressources par les organismes de secours, les agences internationales et les organisations non gouvernementales.

L'essor de l'intelligence artificielle intensifie les défis de politique existants et en fait naître de nouveaux

Même si les décideurs commencent à s'intéresser à la question de l'intelligence artificielle, une meilleure prise de conscience de ses conséquences potentielles s'avère nécessaire

De plus en plus, les pays développent des stratégies nationales d'IA ou font de cette technologie un composant majeur de plans numériques nationaux plus larges. L'Allemagne, la Chine, la Corée, les États-Unis, la France, le Japon, et le Royaume-Uni ont élaboré ou développent actuellement des initiatives et des programmes relevant de l'IA qui intègrent la robotique et autres secteurs complémentaires. Néanmoins, de manière générale, les décideurs et le grand public commencent seulement à envisager les répercussions possibles de l'IA dans les années à venir, et la vitesse à laquelle l'IA pénètre nos économies et la société peut parfois être sous-estimée.

À l'occasion de la réunion des ministres des TIC du G7 à Takamatsu (Japon) en 2016, les pays participants ont validé une proposition de Mme Takaichi, ministre japonaise de l'Intérieur et des Communications, visant à réunir toutes les parties prenantes afin d'aborder les problèmes sociaux, économiques, éthiques et juridiques relatifs à l'IA, et d'établir des principes généraux pour son développement (encadré 7.2).

Par ailleurs, le Conseil ministériel japonais pour la Science, la Technologie et l'Innovation a contribué à la coordination de la politique de la « Société 5.0 » lancée en mars 2017. Cette politique axée sur l'humain est destinée à aider le Japon à tirer profit des opportunités créées par l'IA tout en limitant les risques et en définissant les limites des processus de prise de décision automatisés.

À la suite d'une initiative inter-agences menée aux États-Unis, un rapport intitulé « Preparing for the future of artificial intelligence » (Se préparer à l'avenir de l'intelligence artificielle) a été publié en 2016, accompagné d'un plan stratégique national de développement et de recherche en intelligence artificielle. Ces documents décrivent en détail les mesures qui permettraient au gouvernement fédéral américain d'utiliser l'IA pour stimuler le bien-être social et améliorer les activités gouvernementales, adapter la législation de sorte à promouvoir l'innovation tout en protégeant le public, garantir que les applications de l'IA (même non réglementées) sont régulières, sécurisées et maîtrisables, développer une main-d'œuvre qualifiée et polyvalente, et s'attaquer à la question de l'IA dans l'armement.

Encadré 7.2. **Débats d'experts au Japon sur les réseaux d'intelligence artificielle**

Au cours du premier semestre 2016, le ministère japonais de l'Intérieur et des Communications a réuni des experts des domaines de la science et des technologies, et des sciences humaines et sociales, afin de débattre des problèmes liés au développement des « réseaux d'intelligence artificielle », autrement dit de systèmes d'IA interconnectés coopérant les uns avec les autres.

Ces échanges défendaient la notion de « société des réseaux de savoir » (*wisdom network society*), une société axée sur l'humain et fondée autour de l'IA dans laquelle chacun pourrait créer, diffuser et connecter des données, des informations et des connaissances, librement et en toute sécurité. Ces réseaux de savoir constitueraient une intégration harmonieuse entre intelligence artificielle et intelligence humaine par une mise en réseau de l'IA, et permettraient de relever les défis les plus complexes. Lors de ces débats, les experts ont examiné les répercussions et défis sociaux et économiques entraînés par les réseaux d'IA dans 16 secteurs différents à l'horizon des années 2040.

Depuis octobre 2016, le ministère coordonne les discussions au Japon en vue d'établir les principes fondateurs de la recherche et du développement (R-D) dans le domaine de l'IA, et d'étudier les répercussions et les risques de cette technologie. Le ministère incite aujourd'hui activement à une coopération internationale en matière d'IA et sollicite l'intervention de toutes les parties prenantes.

Sur le front de la R-D en IA, le ministère a souligné l'importance des facteurs suivants : 1) la transparence, soit la capacité à expliquer et contrôler le fonctionnement des réseaux d'IA ; 2) l'assistance aux utilisateurs, soit la garantie que les réseaux d'IA aident réellement les utilisateurs et leur offrent les moyens opportuns de faire des choix avisés ; 3) le contrôle humain, soit la possibilité pour les personnes de vérifier la bonne utilisation de l'IA, d'en prendre le contrôle rapidement en cas de besoin (notamment en cas d'urgence) et de déterminer la part de l'IA dans la prise de décision et l'exécution d'actions ; 4) la sécurité, soit la capacité à assurer la résistance et la fiabilité des réseaux d'IA ; 5) la protection, soit la garantie que les réseaux d'IA ne présentent aucun danger pour la vie ou l'intégrité physique des utilisateurs ou des tiers ; 6) la confidentialité, soit l'assurance du respect de la vie privée des utilisateurs ou des tiers ; 7) l'éthique, soit le respect de la dignité et de l'autonomie des personnes ; 8) la responsabilisation ; et 9) l'interopérabilité ou l'interconnexion, soit la garantie de la compatibilité entre les systèmes d'IA ou les réseaux d'IA.

Sur la base de ces échanges, le gouvernement japonais réfléchit à la nécessité de directives spécifiques sur l'utilisation et les applications de l'IA.

Source : OCDE (2016), « Summary of the CDEP Technology Foresight Forum: Economic and Social Implications of Artificial Intelligence », *http://oe.cd/ai2016*.

En mai 2016, le gouvernement chinois a dévoilé un plan national d'IA sur trois ans, élaboré en collaboration avec la Commission nationale pour le développement et la réforme, le ministère des Sciences et des Technologies, le ministère de l'Industrie et des Technologies de l'information, et l'Administration chinoise du cyberespace. Le gouvernement espère parvenir à la création d'un marché de 15 milliards USD d'ici à 2018 en investissant dans la recherche et en soutenant le développement d'une industrie nationale de l'IA. En 2016, le nombre de publications annuelles sur l'« apprentissage profond » comptées en Chine a dépassé celui des États-Unis, ce qui reflète bien la priorité que donne de plus en plus ce pays à la recherche sur l'IA.

Différents partenariats et initiatives voient le jour dans l'optique de promouvoir une IA éthique et tenter de prévenir de potentiels effets négatifs. À titre d'exemple, OpenAI est une association de recherche à but non lucratif en intelligence artificielle fondée fin 2015 qui emploie aujourd'hui 60 chercheurs à temps complet, avec pour mission de « concevoir une IA forte sécurisée et garantir que ses bienfaits sont répartis de manière aussi large et équitable que possible »[1]. En avril 2016, l'organisation de normalisation IEEE Standards Association a lancé son initiative pour l'éthique des systèmes autonomes (Global Initiative for Ethical Considerations in the Design of Autonomous Systems) afin de réunir différents acteurs des communautés de l'IA et des systèmes autonomes, et « faire en sorte que ces technologies soient en phase avec les valeurs morales et les principes éthiques des humains ». En septembre 2016, Amazon, DeepMind/Google, Facebook, IBM et Microsoft se sont associés pour lancer un partenariat pour une intelligence artificielle au service des individus et de la société (Partnership on Artificial Intelligence to Benefit People and Society) visant à permettre au public de mieux comprendre les technologies d'IA et à élaborer les meilleures pratiques face aux défis et opportunités qu'elles représentent[2].

L'intelligence artificielle révolutionnera le travail en remplaçant la main d'œuvre humaine ou en renforçant ses capacités à des postes hautement qualifiés ou très rémunérateurs

Les répercussions de l'IA sur l'emploi représentent un enjeu stratégique très largement débattu. L'IA devrait amplifier de manière significative les tendances de restructuration du marché du travail dues à l'automatisation, tel qu'abordé au chapitre 5, dans la mesure où les machines dotées de fonctions d'IA sont capables de remplacer ou de démultiplier les capacités humaines à de très nombreux postes et dans différents secteurs et chaînes de valeur. Il est difficile de savoir si cela se traduira par une augmentation des revenus et la création de nouveaux types d'emplois venant remplacer les postes automatisés, ou si cela entraînera une vague de licenciements. Différentes études menées au cours des cinq dernières années sur les conséquences générales de l'automatisation du travail présentent des résultats contrastés dans leurs évaluations et dans leurs prévisions (Arntz, Gregory et Zierahn, 2016 ; Frey et Osborne, 2013 ; Citibank, 2016).

L'impact de l'IA dépendra également de la vitesse du développement et de la pénétration des technologies d'IA dans les différents secteurs d'activité au cours des prochaines décennies. D'après le Forum international des transports (FIT) par exemple, la présence de camions autonomes sur le réseau routier pourrait se banaliser dans les dix ans à venir, provoquant de fait la suppression à grande échelle de postes de chauffeur routier en cas de déploiement rapide des camions autonomes. La mise en circulation de ces véhicules autonomes pourraient contribuer à l'amélioration de la sécurité routière, la réduction des émissions et la baisse des dépenses opérationnelles du transport routier à hauteur de 30 %. Cette baisse serait principalement due aux économies réalisées sur les coûts de main-d'œuvre qui représentent actuellement une part de 35 % à 45 % des coûts totaux, mais aussi à une exploitation plus intense du parc de véhicules (FIT, 2017). En 2016, la Maison Blanche a estimé à entre 2.2 et 3.1 millions le nombre d'emplois à temps partiel ou complet qui pourraient être menacés aux États-Unis par les véhicules autonomes dans les 20 prochaines années (Maison Blanche, 2016b).

Les emplois potentiellement menacés ne se limitent pas aux postes peu qualifiés ou de production. En effet, de nombreux emplois requérant des compétences cognitives de moyen à haut niveau pourraient également disparaître. Des recherches préliminaires

laissent présager que l'IA pourrait affecter les emplois basés sur des compétences cognitives comme la lecture, l'écriture et le calcul, autrement dit les savoirs fondamentaux au cœur de l'éducation obligatoire (Elliot, 2014). Les technologies d'apprentissage automatique représenteraient la menace la plus sérieuse pour les professions nécessitant de hauts niveaux de qualifications (encadré 5.1). Ainsi, les algorithmes de traitement des images et de reconnaissance des formes commenceraient à avoir des répercussions sur l'activité des radiologues. Comme décrit précédemment, les applications de reconnaissance des formes offrent des résultats de plus en plus probants dans la détection des problèmes de santé par l'identification des anomalies sur les radiographies, les échographies ou les images obtenues par résonance magnétique. Les applications de l'apprentissage automatique dans les domaines de la reconnaissance de la parole, du traitement automatique du langage naturel ou de la traduction automatique devraient avoir des répercussions sur la demande de prestations comme la traduction ou les services juridiques et de comptabilité.

Parmi les questions stratégiques à l'étude concernant l'impact de l'IA sur l'emploi, figurent les avantages d'une adaptation des politiques fiscales visant à rééquilibrer le basculement du travail vers le capital et à protéger les personnes vulnérables des risques d'exclusion socio-économiques (une taxation des robots serait même envisagée par certains), l'ajustement des mécanismes de redistribution et de protection sociale, le développement des systèmes éducatifs et de formation simplifiant les transitions professionnelles répétées et durables, et la nécessité d'assurer un accès équitable au crédit, aux soins de santé et aux prestations de retraite à une main-d'œuvre plus mobile et plus exposée aux risques.

Développer les compétences pour tirer parti de l'intelligence artificielle et renforcer ses applications

Paradoxalement, l'IA et autres technologies numériques favorisent aussi les approches innovantes et personnalisées des processus de recrutement et de recherche d'emploi, et améliorent l'efficacité de la mise en adéquation de l'offre et de la demande de main-d'œuvre. La plateforme LinkedIn s'appuie par exemple sur l'IA pour aider les recruteurs à identifier les meilleurs candidats et présenter aux utilisateurs des offres qui leur correspondent en fonction des données de profil et de l'activité des 470 millions d'inscrits sur la plateforme (Wong, 2017). Les outils d'IA peuvent bénéficier au développement de compétences et aux reconversions par le biais de dispositifs personnalisés assurant une formation de qualité à grande échelle.

À l'instar des TIC de manière plus générale (chapitre 4), l'IA devrait accroître les besoins en compétences nouvelles sur trois axes différents : 1) les compétences spécialisées, pour développer et programmer les applications d'IA (par exemple, via l'ingénierie et la recherche fondamentale en IA, la science des données ou la pensée computationnelle) ; 2) les compétences génériques, pour tirer parti des capacités de l'IA ; et 3) les compétences complémentaires, pour accompagner par exemple la pensée critique, la créativité, l'innovation, l'entrepreneuriat, ou encore le développement de facultés humaines comme l'empathie.

Les effets de l'intelligence artificielle sur la dynamique des entreprises soulève de nouvelles questions

La dynamique des entreprises que devrait favoriser l'IA soulève des questions en termes de répartition des richesses et d'équilibre des forces, mais aussi de concurrence et d'accès aux marchés. Par son essor rapide, l'IA pourrait en effet entrer en conflit avec les

politiques de concurrence existantes et soulever des interrogations sur ses répercussions potentielles sur la répartition des revenus et le contrôle réel des technologies d'IA. Sur le plan économique, il existe une possibilité que quelques entreprises spécialisées disposant d'un accès à d'importants volumes de données et aux sources de financement nécessaires finissent par avoir la mainmise sur l'IA. Elles bénéficieraient ainsi d'un accès direct à une intelligence surhumaine et récolteraient une très grande partie des bienfaits de cette technologie. Un autre effet de l'IA serait que les entreprises risquent à terme de moins dépendre de leur main-d'œuvre humaine.

Comme ce fut le cas sur d'autres marchés de l'économie numérique et des données, l'IA pourrait créer une dynamique de type « presque tout au gagnant » en raison d'effets de réseau et d'échelle. Alors que des entreprises multinationales hautement innovantes parviennent à exporter leurs modèles économiques originaux au-delà des frontières, l'accumulation de richesses et de pouvoir par un nombre limité d'acteurs privés de l'IA pourrait susciter des tensions sur un plan national et entre les pays. Certaines parties prenantes s'inquiètent de la possibilité que des géants du numérique fassent l'acquisition de start-ups avant que celles-ci ne puissent représenter une éventuelle concurrence et du risque de concentration des ressources qui en découlerait dans le domaine de l'IA.

Veiller à la transparence et à la surveillance des décisions basées sur l'intelligence artificielle qui pourraient affecter la population

La gouvernance des systèmes d'IA constitue un autre ensemble de questions en matière de politiques liées à l'IA. À quels mécanismes de surveillance et de responsabilisation doivent être soumis les algorithmes d'apprentissage automatique ? Comment trouver un équilibre entre la productivité et l'accès d'un côté, et les valeurs comme la justice, l'équité et la responsabilité de l'autre ? Ces questions se posent déjà sur des enjeux critiques comme l'établissement des priorités de prise en charge à l'hôpital, les procédures d'intervention d'urgence pour les véhicules autonomes, la définition des profils de risque dans les procédures pénales, la prévention policière ou encore l'accès au crédit et à l'assurance.

La difficulté de contrôler l'utilisation des algorithmes d'IA est étroitement liée aux techniques avancées d'apprentissage automatique, en ce sens qu'il est de plus en plus complexe de suivre et de comprendre les mécanismes décisionnels des algorithmes d'IA, en raison de leur sophistication croissante, et ce, même pour les professionnels qui les conçoivent et les programment (OCDE, 2016). Les chercheurs ont commencé à travailler sur une éventuelle solution, mais les résultats restent précaires et ne sont pas assez fiables. Il convient de noter que les articles 13-15 du nouveau Règlement général sur la protection des données de l'Union européenne (UE) prévoient que les personnes dont les données sont recueillies doivent recevoir des informations suffisantes sur la logique sous-jacente, ainsi que sur l'importance et les conséquences prévues du traitement des données par les systèmes automatisés de prise de décision. Est également établi à l'article 22 le « droit de ne pas faire l'objet d'une décision fondée (…) sur un traitement automatisé ». Les protections assurées pour les personnes concernées dans le cadre de la réglementation et leurs implications pour les chercheurs et spécialistes de l'IA sont encore sujettes à discussion (Wachter, Mittelstadt et Floridi, 2016).

Le développement et la mise en œuvre à grande échelle de solutions algorithmiques de responsabilisation devraient s'avérer aussi complexes qu'onéreux. La question se pose alors de savoir qui devra en supporter le coût. Si les différents acteurs optent pour une solution à moindre coût, il faudrait alors faire face à des risques d'abus. Les décideurs devront œuvrer en étroite collaboration avec des chercheurs et des ingénieurs spécialistes de

l'IA afin de développer des mécanismes permettant de trouver un équilibre entre le besoin de transparence et le secret des affaires admissible. Il peut arriver que certains concepts techniques et modèles économiques soient déjà en adéquation avec les échelles de valeur socialement acceptées. Dans ce cas, les autorités indépendantes et les organismes de normalisation technique ont un rôle essentiel à jouer. L'IEEE (Institute of Electronical and Electronics Engineers) est à l'origine d'une initiative pour l'éthique appliquée à l'intelligence artificielle et aux systèmes autonomes (Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems), dont l'objectif est de garantir que la technologie et les professionnels du secteur œuvrent dans l'intérêt de l'humanité selon des principes établis. Cette initiative s'appuie sur l'expérience de l'institut dans les processus complexes de normalisation et sur ses capacités à toucher et mobiliser une communauté mondiale de plus de 400 000 spécialistes et experts répartis dans 160 pays.

Dans la mesure où l'apprentissage automatique nécessite de disposer d'importants volumes de données, les questions de gouvernance de l'IA s'étendent également à la réglementation de la collecte, du stockage, du traitement, de la propriété et de la monétisation des données. Pour libérer le potentiel de l'IA en faveur de la croissance, du développement et de l'intérêt public, il faudra s'accorder sur des normes techniques et des mécanismes de gouvernance capables d'optimiser la libre circulation des données et de promouvoir les investissements dans les services à forte intensité de données (OCDE, 2015). La difficulté de régir l'utilisation des données s'avère d'autant plus grande qu'elle est accentuée par l'impossibilité de déterminer avec certitude dans quelle mesure les technologies d'IA actuelles et futures pourront aider à la création, à l'analyse et à l'exploitation des données selon des procédés totalement nouveaux et encore jamais imaginés par les consommateurs, les entreprises et les pouvoirs publics.

Les applications comme la reconnaissance faciale et les services personnalisés offrent une plus grande commodité et une meilleure protection, mais pourraient présenter un risque pour les libertés publiques si les utilisateurs sont surveillés et si les interventions des machines ne sont pas transparentes, ou encore si chacun n'a pas accès à ses informations personnelles.

Empêcher une utilisation biaisée ou discriminatoire des algorithmes

Les inquiétudes qu'inspire la possibilité d'une amplification des préjugés sociaux et des discriminations due aux algorithmes d'apprentissage automatique se renforcent à mesure que les algorithmes tirant parti des données massives deviennent plus complexes, plus autonomes et plus puissants. L'IA s'enrichit des données, mais si ces données sont incomplètes ou partiales, certains préjugés pourraient s'en trouver accentués. L'affaire « Tay » illustre parfaitement ces risques. Ce bot conversationnel d'IA développé par Microsoft fut lancé sur Twitter en mars 2016 dans le cadre d'une expérimentation ayant pour objet d'améliorer la compréhension du langage en ligne des 18-24 ans. En l'espace de quelques heures, ce bot dut être désactivé après avoir commencé à proférer des injures raciales, prôné le suprématisme blanc et affiché son soutien pour le génocide. Un autre exemple régulièrement cité d'une discrimination potentielle due à l'IA est celui des préjugés raciaux identifiés dans certains outils de « prévision des risques » utilisés par les juges dans la prise de décisions de justice ou dans le cadre d'audiences de mise en liberté sous caution. D'aucuns s'interrogent sur l'équité et l'efficacité des outils de prévision policière, d'évaluation de la solvabilité ou de recrutement, et sur la garantie réelle de protection de la diversité et de l'égalité qu'offrent ces algorithmes.

Responsabilité, obligations, sécurité et protection

Le concept de prise de décision automatisée assistée par l'IA soulève des questions de responsabilité et d'obligations, par exemple en cas d'accident impliquant des véhicules autonomes. La nature même de l'IA, entre machine et programme créé par l'homme, rend difficile toute reconnaissance d'un statut de personne morale potentiellement responsable de ses décisions. Quant aux conducteurs humains, les assurances sont perçues comme un moyen de gérer les risques probabilistes éventuels. De nouvelles problématiques de sécurité commencent également à apparaître, comme la possibilité que des logiciels malveillants parviennent à détourner de leur utilisation première des réseaux d'IA ou des robots tueurs.

Les chaînes de blocs

Une chaîne de blocs est une technologie de base de données distribuée et inviolable qui peut être utilisée pour conserver n'importe quel type de données, dont les transactions financières, et qui permet d'instaurer un climat de confiance dans un environnement pourtant peu fiable.

Cette section s'attache d'abord à décrire les caractéristiques propres de la technologie de chaîne de blocs et comment celle-ci contribue à instaurer un environnement technique de confiance pour les interactions sociales et économiques marquées par leur manque de fiabilité. À partir de l'exemple du Bitcoin, le premier et le plus populaire des réseaux de chaînes de blocs du secteur financier, cette section aborde également les fonctionnalités techniques et les limites des chaînes de blocs existantes. La sous-section suivante présente les principaux avantages et opportunités offerts par les chaînes de blocs, accompagnés d'exemples d'applications dans différents secteurs. Enfin, nous terminerons par une description des défis stratégiques posés par la technologie de chaîne de blocs, et notamment de la possibilité que l'utilisation des chaînes de blocs échappe à tout contrôle légal si aucune réglementation adaptée n'est prévue.

Les transactions gérées par des chaînes de blocs pourraient être exécutées sans l'intervention d'un quelconque intermédiaire de confiance

Une chaîne de blocs est une base de données distribuée inviolable capable de conserver n'importe quel type de données, et notamment des transactions financières. En raison de ses caractéristiques particulières (décrites ci-après), une chaîne de blocs peut être considérée comme une source de « confiance indirecte » (Werbach, 2016). La notion de confiance n'est plus garantie par des intermédiaires centralisés, mais par les développeurs d'une infrastructure technique sous-jacente, laquelle permet de réaliser des transactions fiables entre des nœuds qui ne seraient pas nécessairement dignes de confiance. Les nœuds d'un réseau de chaînes de blocs se coordonnent selon un protocole défini, régissant les règles d'enregistrement des informations dans une base de données distribuée. Les chaînes de blocs sont généralement mises en œuvre de telle sorte qu'aucun intervenant ne puisse contrôler l'infrastructure sous-jacente ou mettre en péril le système (Brakeville et Perepa, 2016).

Le fonctionnement des bases de données traditionnelles est assuré par des opérateurs centralisés, responsables de l'hébergement des données sur leurs propres serveurs ou dans des centres de données. À l'inverse, les chaînes de blocs s'appuient à la fois sur une infrastructure réseau distribuée de pair à pair (*peer-to-peer* ou P2P) pour stocker et gérer les données, et sur un réseau de pairs pour tenir et conserver un registre distribué. Le caractère distribué des chaînes de blocs laisse apparaître de nouvelles difficultés en termes de politiques et de législation. En l'absence d'un opérateur centralisé responsable

de la gestion du réseau, il s'avère en effet difficile pour les régulateurs et autres autorités gouvernementales d'influencer le fonctionnement d'une grande partie de ces réseaux de chaînes de blocs.

Comparées aux bases de données traditionnelles, les chaînes de blocs présentent plusieurs caractéristiques uniques qui les rendent particulièrement adaptées à l'enregistrement de transactions et au transfert de valeurs dans des situations où les utilisateurs ne peuvent pas, ou ne souhaitent pas, avoir recours à une tierce partie de confiance :

- Les chaînes de blocs jouissent d'une résistance élevée et fonctionnent indépendamment de tout opérateur intermédiaire ou autorité centrale. De ce fait, elles se démarquent par leur haut niveau de désintermédiation.
- Les chaînes de blocs sont des bases de données inviolables fonctionnant uniquement par ajout. Elles s'appuient sur des primitives cryptographiques et des principes de la théorie des jeux afin de garantir qu'une fois les données enregistrées de manière décentralisée, celles-ci ne peuvent être supprimées ou modifiées de manière unilatérale.
- Les données enregistrées dans une chaîne de blocs sont signées par la partie d'origine et conservées par ordre chronologique dans un nouveau bloc de transactions, dont les informations d'horodatage sont consignées par le réseau sous-jacent.

Certaines chaînes de blocs disposent également de la capacité à exécuter des logiques logicielles de manière décentralisée. En l'absence d'opérateur central responsable de l'exécution du code, ces applications en chaînes de blocs peuvent opérer selon des modalités précises et prédéterminées, garantissant aux utilisateurs un niveau de sécurité non négligeable.

Le Bitcoin

Le Bitcoin est l'une des premières applications de la technologie de chaîne de blocs dans le domaine financier. Il s'agit d'une devise virtuelle (ou « crypto-monnaie »), doublée d'un système de paiement décentralisé fonctionnant indépendamment de toute banque centrale. Lancé en 2009 par une entité connue sous le nom d'emprunt Satoshi Nakamoto, la chaîne de blocs Bitcoin s'appuie sur un ensemble de technologies préexistantes dont l'association permet la création d'une base de données décentralisée et hautement sécurisée destinée à répertorier toutes les transactions réalisées sur le réseau concerné.

En seulement quelques années, le réseau Bitcoin a enregistré un taux d'adoption spectaculaire. Alors qu'il ne traitait que 100 transactions par jour en 2009, le réseau est passé à plus de 250 000 transactions confirmées par jour au 1er trimestre 2017 (graphique 7.1). Malgré sa volatilité, la valeur du Bitcoin a également connu une forte croissance. De quelques transactions d'1 dollar en 2009, le prix du Bitcoin a atteint en mars 2017 plus de 1 200 USD.

Le Bitcoin est essentiellement une base de données décentralisée répliquée sur un réseau P2P (Nakamoto, 2008). Un réseau P2P est un ensemble d'ordinateurs (ou nœuds) œuvrant de concert pour atteindre un objectif commun, qu'il s'agisse d'échanger des fichiers, comme le réseau BitTorrent, ou d'établir des communications anonymes, à l'instar du réseau The Onion Router (Tor). Contrairement aux infrastructures client-serveur traditionnelles, ces réseaux ne sont pas gérés par un opérateur centralisé, mais s'appuient sur un réseau distribué de pairs qui interagissent et se coordonnent grâce à un protocole informatique commun.

Dans le cas du Bitcoin, les nœuds assurent la gestion et la mise à jour de l'état de la base de données selon un protocole spécifique, surnommé « preuve de travail ». L'objectif premier de ce protocole est de permettre aux nœuds de s'accorder sur l'état de la chaîne de

blocs à intervalles réguliers, tout en protégeant la base de données décentralisée d'agents malveillants souhaitant altérer les données ou y insérer de fausses informations.

Graphique 7.1. **Transactions Bitcoin confirmées par jour**

Moyennes mobiles



Source : Blockchain.info, *https://blockchain.info/charts/n-transactions?timespan=all* (consulté le 24 avril 2017).

StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933660260

Ces nœuds mettent volontairement à disposition du réseau P2P leur puissance de calcul pour valider les transactions et assurer la conformité au protocole sous-jacent. Les transactions validées sont ainsi conservées dans un bloc de transactions qui est alors ajouté, en respectant l'ordre chronologique, aux chaînes de blocs précédentes.

La chaîne de blocs du Bitcoin s'appuie sur une cryptographie asymétrique[3] pour garantir que seules les transactions autorisées sont prises en compte. Chaque compte Bitcoin est identifié par une adresse fixe (ou « clé publique »), à laquelle est associé un mot de passe unique (ou « clé privée ») généré de manière automatique. Pour être considérée comme valide, une transaction Bitcoin doit être signée par le titulaire du compte concerné par le biais de sa clé privée. Le système évalue ensuite la légitimité de cette transaction en vérifiant son bien-fondé (autrement dit, si le compte dispose des fonds suffisants pour honorer la transaction) et si les fonds n'ont pas été affectés plus d'une fois (en soumettant la transaction à un contrôle de « double dépense »).

La question de la « double dépense » est un problème récurrent des monnaies virtuelles décentralisées. En l'absence d'une chambre de compensation centralisée, les parties malintentionnées peuvent tenter de dépenser deux fois une même unité de monnaie virtuelle en initiant en même temps deux transactions différentes et pourtant incompatibles, comptant sur une synchronisation trop lente du réseau pour qu'aucune de ces transactions ne soit bloquée. Cette problématique a été globalement résolue par l'introduction d'un intermédiaire centralisé responsable de la compensation des transactions.

Le Bitcoin a donné lieu à l'apparition d'une solution innovante au problème de double dépense par le biais du protocole de preuve de travail. Avant qu'un bloc de transactions ne soit ajouté à la chaîne de blocs du Bitcoin, les nœuds du réseau (généralement désignés par l'appellation « mineurs ») doivent avant tout trouver une solution au puzzle mathématique inhérent à ce bloc. Ce puzzle se base sur une fonction de hachage (SHA-256) difficile à

résoudre d'un point de vue informatique mais simple à vérifier une fois la solution trouvée (Bonneau et al., 2015). Cette solution est alors diffusée sur l'ensemble du réseau afin que les autres intervenants puissent vérifier sa conformité. Ce n'est qu'une fois cette étape validée que le bloc de transactions intègre enfin la chaîne de blocs du Bitcoin.

Le protocole Bitcoin adapte le niveau de difficulté du puzzle mathématique au nombre de resources actuellement mobilisables sur le réseau (soit à la puissance de hachage disponible). Plus le nombre de ressources mobilisables est important, plus le problème devient complexe, de sorte qu'un nouveau bloc de transactions ne soit ajouté que toutes les dix minutes en moyenne. Le réseau Bitcoin prévoit des incitations pour les mineurs assurant l'important travail de calcul dans le contrôle des preuves de travail. Le premier mineur qui parvient à résoudre le puzzle informatique de chaque bloc reçoit ainsi un montant donné de bitcoins, accompagné du droit de percevoir tous les frais de transaction associés au bloc concerné. Le système Bitcoin a été conçu pour que le nombre total de bitcoins en circulation soit limité à 21 millions. Par conséquent, les mineurs ne pourront à terme plus être rémunérés pour leur participation à la vérification des preuves de travail. Au vu du nombre d'utilisateurs estimé lorsque cette limite sera atteinte, les frais de transaction devraient représenter une rémunération suffisante pour l'effort consenti.

Contrairement à d'autres types de bases de données, une chaîne de blocs fonctionne uniquement par ajout. Il est donc possible d'ajouter des données à une chaîne de blocs, mais une fois enregistrées, celles-ci ne peuvent plus être supprimées ou modifiées de manière unilatérale (Narayanan et al., 2016). Dans le cas du Bitcoin, les informations enregistrées dans la chaîne de blocs ne peuvent être éditées que si une ou plusieurs parties parviennent à prendre en charge plus de la moitié de la puissance de calcul mobilisée sur le réseau. Il s'agit de ce que l'on appelle une « attaque des 51 % ». Bien que possible[4], une telle attaque serait extrêmement difficile et coûteuse à mettre en œuvre, eu égard à la taille actuelle du réseau Bitcoin.

La chaîne de blocs du Bitcoin peut ainsi être considérée comme un journal certifié de transactions chronologiques, dont l'authenticité et l'intégrité sont garanties par des primitives cryptographiques. Dans la mesure où chaque transaction doit être signée numériquement à l'aide de la clé privée du titulaire du compte, la chaîne de blocs offre une preuve vérifiable qu'un utilisateur a transféré un montant précis de bitcoins à un autre utilisateur, et ce, à un moment déterminé. Chaque bloc intégrant une référence (hachage cryptographique) à un bloc précédent, toute tentative d'altération des données enregistrées dans un bloc sera immédiatement détectée par le réseau. En réalité, la modification d'une transaction invalidera la référence au bloc précédent, ce qui entraînerait alors la rupture de la chaîne, et par la suite une détection automatique par tous les autres membres du réseau.

Mécanismes de gouvernance

Toutes les chaînes de blocs n'appliquent pas les mêmes mécanismes de gouvernance. En théorie, elles peuvent toutes être placées sur une même ligne continue, allant de chaînes de blocs publiques et intégralement ouvertes, comme le Bitcoin, à des chaînes de blocs privées et accessibles uniquement sur autorisation. Les chaînes de blocs publiques et ouvertes n'appliquent aucune restriction en termes de lecture ou d'écriture sur la base de données décentralisée. Les utilisateurs ont généralement recours à des pseudonymes dans la mesure où les nœuds du réseau ne requièrent pas qu'ils dévoilent leur véritable identité. Dans leur majorité, les premiers réseaux basés sur des chaînes de blocs qui ont vu le jour après Bitcoin (dont Litecoin, Namecoin, Peercoin et Ethereum) fonctionnent sur un modèle public.

À l'inverse, une chaîne de blocs privée et accessible sur autorisation intègre un mécanisme de contrôle d'accès capable de limiter le nombre d'intervenants autorisés à exécuter certaines tâches de base sur la chaîne de blocs. Ces chaînes de blocs privées s'appuient sur des réseaux fermés gérés de manière plus étroite. Leur accès peut être réservé à des individus pré-autorisés, et le droit de valider une transaction peut n'être accordé qu'à des intervenants sélectionnés.

Les chaînes de blocs accessibles sur autorisation comme Ripple et Corda (voir ci-après) ont été développées spécifiquement pour les services financiers. Seuls les membres d'un groupe défini sont ainsi habilités à prendre part au processus de validation et à exécuter les transactions sur ces chaînes de blocs.

Le recours à une chaîne de blocs ouverte ou uniquement accessible sur autorisation se résume à une question de confiance, d'échelle et de transparence. D'un côté, les chaînes de blocs publiques et ouvertes mettent plus l'accent sur la notion de confiance. Elles la répartissent en effet sur un grand nombre de nœuds individuels et s'appuient sur des preuves de travail pour faire en sorte qu'il soit matériellement difficile et coûteux d'exploiter le réseau à des fins malveillantes. Par nature, les chaînes de blocs publiques peuvent toutefois nécessiter un investissement financier important en termes de gestion, offrent des performances limitées et, malgré le respect de l'anonymat des utilisateurs, la transparence inhérente à ces réseaux peut affecter la confidentialité des parties concernées. D'un autre côté, les chaînes de blocs privées et accessibles sur autorisation offrent une plus grande flexibilité car elles ont recours à des protocoles moins gourmands en ressources informatiques pour valider les transactions, mais aussi parce qu'un certain niveau de confiance est déjà assuré par les intervenants impliqués. Elles permettent également la création d'un environnement plus contrôlé en octroyant un accès différencié à ses parties prenantes et en privatisant une partie des transactions. Un groupement de banques peut par exemple choisir de partager un même écosystème de chaîne de blocs accessible sur autorisation, sans pour autant avoir à rendre publiques l'ensemble des transactions entre ses différents établissements. Les chaînes de blocs privées et accessibles sur autorisation requièrent malgré tout un haut niveau de confiance dans les parties assurant la gestion du réseau, et peuvent par conséquent être plus facilement manipulées en cas de piratage ou de corruption d'une de ces parties.

Des outils sont par ailleurs en cours de développement afin de permettre l'interaction de différentes chaînes de blocs et garantir leur interopérabilité. Par exemple, la société Blockstream crée des outils spécifiques à la chaîne de blocs du Bitcoin pouvant servir de base à un grand nombre de chaînes de blocs plus spécialisées, qu'elles soient ouvertes ou accessibles sur autorisation.

Les limites de la technologie de chaîne de blocs

Malgré leur robustesse et leur inviolabilité, de nombreuses chaînes de blocs publiques et ouvertes souffrent des limites inhérentes à leur protocole de validation par consensus. Le modèle de la preuve de travail est fondé sur le principe qu'aucune partie ne doit contrôler plus de 50 % de la puissance de calcul mobilisée sur le réseau. Une fois ce seuil atteint, la partie majoritaire peut manipuler le réseau à sa guise et ainsi créer des entrées contradictoires (voir la partie relative au problème de la « double dépense ») ou encore empêcher l'ajout de certaines transactions à la base de données (Narayanan et al., 2016).

Même si l'attaque des 51 % est un problème qui affecte tous les types de chaînes de blocs, il est d'autant plus sérieux dans le cas des chaînes ouvertes, puisqu'il est particulièrement difficile de déterminer qui contrôle réellement la puissance de hachage mobilisée sur ces

réseaux. Alors qu'une situation de collusion entre plusieurs nœuds d'une même chaîne de blocs privée pourrait facilement être identifiée, et même donner lieu à des poursuites judiciaires, la prise de contrôle potentielle d'une chaîne de blocs publique par un groupe d'individus non identifiés serait bien plus complexe à détecter. Cette menace n'en reste pas moins réelle. En 2017, après huit ans de fonctionnement, plus de 50 % de la puissance de hachage du réseau Bitcoin est contrôlée par seulement cinq groupements de mineurs (Blockchain, s.d., a). Il est toutefois arrivé à quelques rares occasions qu'un seul et unique groupement de mineurs contrôle plus de la moitié de la puissance de calcul du réseau.

Outre ces problématiques de sécurité, et dans la mesure où les chaînes de blocs se basent sur une cryptographie asymétrique, l'un des principaux obstacles à l'adoption généralisée de la technologie de chaîne de blocs est l'absence d'un système standard de gestion des clés doté d'un mécanisme de récupération et de révocation. Sans récupération possible, la perte d'une clé privée empêche de fait le titulaire du compte de réaliser quelque opération que ce soit sur son compte. De la même manière, sans système de révocation, si une clé privée se trouve compromise, quiconque la détient peut exécuter des transactions non autorisées à la place du titulaire du compte.

Les performances constituent une autre limite importante de la technologie de chaîne de blocs, et plus particulièrement dans le cas des chaînes de blocs publiques et ouvertes. Les chaînes de blocs publiques ne peuvent prendre en charge qu'un nombre limité de transactions. À titre d'exemple, le réseau Bitcoin enregistre moins de 300 000 transactions par jour (Blockchain, s. d., b), contre 150 millions de transactions quotidiennes traitées par Visa. La validation des transactions Bitcoin prend environ dix minutes (Blockchain, s. d., c), soit une durée bien supérieure au temps normalement nécessaire pour l'enregistrement d'informations dans une base de données.

L'adoption généralisée de la technologie de chaîne de blocs ne sera possible que lorsque ces systèmes se seront suffisamment développés pour être en capacité de gérer un nombre quasiment illimité de transactions. Résoudre ces problèmes d'évolutivité n'est toutefois pas une mince affaire. Dans la mesure où une chaîne de blocs est une base de données fonctionnant uniquement par ajout, elle grandit à chaque nouvelle transaction. Plus une chaîne de blocs est étendue, plus les besoins en termes de puissance de calcul, de stockage et de bande passante sont importants, entraînant par là même une forte consommation d'énergie. Le coût croissant de ces besoins risque de faire baisser le nombre d'acteurs prêts à soutenir le réseau, et d'augmenter ainsi les risques qu'une poignée de groupements de mineurs en prennent le contrôle (James-Lubin, 2015). Il existe déjà de nombreux projets visant à adapter les chaînes de blocs pour une utilisation à grande échelle, mais ils ne sont encore pour la plupart qu'à un stade expérimental. Citons par exemple l'application de protocoles de consensus de validation alternatifs, comme la « preuve de participation » (Buterin, 2015 ; Iddo et al., 2014)[5]. Des initiatives internationales visant à établir des normes spécifiques pour la technologie de chaîne de blocs (comme la création en 2016 du Comité technique 307 de l'Organisation internationale de normalisation sur les technologies de chaîne de blocs et de registre distribué) pourraient stimuler le développement de ces technologies, notamment en encourageant une meilleure interopérabilité, une adhésion plus rapide et un plus grand effort d'innovation dans leur utilisation et dans leurs applications.

Les applications de chaînes de blocs sont source de nombreuses opportunités

Le Bitcoin fut la première application à tirer parti des nouvelles opportunités offertes par la technologie de chaîne de blocs dans le secteur de la finance, mais les applications sont multiples, et ce, dans de nombreux secteurs. La sous-section suivante présente les principaux

avantages de cette technologie, accompagnés d'exemples illustrant les expériences menées actuellement dans différents secteurs d'activité. La technologie de chaîne de blocs étant une technologie encore récente et manquant de maturité, il convient de noter que les exemples présentés ci-dessous correspondent en grande partie à des projets pilotes ou à des démonstrations de faisabilité mis en œuvre par des start-ups ou des entreprises en phase de démarrage.

Réduction des frictions sur les marchés et des coûts de transaction

La technologie de chaîne de blocs permet de réduire les frictions sur les marchés et les coûts de transaction dans certains secteurs d'activité. Malgré les coûts importants qu'implique la gestion d'une infrastructure de chaîne de blocs, cette technologie dispose d'un énorme potentiel, dont le meilleur exemple est sa capacité à augmenter l'efficacité des systèmes d'information existants en éliminant les tâches administratives et en réduisant les frais indirects inhérents aux interactions entre différents niveaux d'intermédiaires.

L'activité des envois de fonds, par exemple, fait partie des secteurs les plus affectés par les frictions sur les marchés et les coûts de transaction. Un envoi de fonds peut aujourd'hui nécessiter jusqu'à sept jours pour être validé. Les frais peuvent quant à eux représenter jusqu'à 10 % de la somme transférée. L'utilisation de chaînes de blocs peut entraîner une réduction du coût des envois de fonds en permettant à quiconque de transférer de l'argent à l'étranger, rapidement et à moindre frais depuis un appareil mobile. Lancée en novembre 2013 à Nairobi, BitPesa fut la première entreprise d'envoi de fonds à utiliser la chaîne de blocs du Bitcoin pour assurer des transferts d'argent entre pays africains. Depuis lors, de nombreuses autres start-ups ont réalisé des essais pour intégrer cette technologie. Abra semble aujourd'hui être devenu le principal acteur du secteur. Créée début 2017, cette société est la seule à avoir pris en compte les deux extrémités de la chaîne de distribution, autrement dit les étapes de conversion de monnaie fiduciaire en bitcoins et inversement.

Sur un plan plus général, les chaînes de blocs peuvent faire office d'infrastructure de base permettant aux établissements de dépôt de réaliser des transferts interbancaires et de convertir des fonds en devises. En 2012 par exemple, la société Ripple a lancé un protocole de paiement qui permet aux banques de convertir des fonds dans différentes devises en quelques secondes et à très faible coût. Le principe du protocole Ripple est de créer une série d'opérations entre des agents de change qui ont accepté d'intégrer le réseau Ripple et de déterminer la manière la plus rapide et efficace de convertir des fonds d'une devise vers une autre. Il exécute enfin ces opérations de manière instantanée grâce à une chaîne de blocs. Santander a récemment adopté ce système à titre expérimental pour l'envoi de fonds à l'international et les règlements transfrontaliers.

La technologie de chaîne de blocs peut également participer à la réduction des coûts de transaction en aidant les banques à finaliser les échanges plus rapidement et plus efficacement. Alors que chaque banque doit normalement gérer seule la consignation de ses transactions, un système de chaîne de blocs est capable de mettre à jour simultanément l'ensemble des enregistrements ; il n'est ainsi plus nécessaire d'effectuer des rapprochements bancaires entre les différents établissements concernés. Cette évolution est ce qui a inspiré la formation du consortium R3 en 2014. Comptant parmi ses membres plus de 70 banques et institutions financières, ce consortium œuvre actuellement au développement d'une technologie de registre distribué, appelée Corda, conçue pour prendre en charge et simplifier les transactions interbancaires.

La technologie de chaîne de blocs permet également d'accélérer le négoce de titres, en combinant compensation et règlement dans une seule et même opération. Plusieurs expérimentations de ce type sont actuellement en cours. En octobre 2015 par exemple, la société Nasdaq s'est associée à Chain pour travailler sur l'utilisation de la technologie de chaîne de blocs pour l'achat et la vente de parts dans des entreprises privées. Quelques mois plus tard, la société cotée Overstock, première grande boutique en ligne à accepter les règlements en bitcoins, mettait en vente ses propres actions sur une plateforme boursière (*t0*) basée sur la technologie de chaîne de blocs et spécialement conçue dans ce but.

Sur le marché des produits dérivés, les chaînes de blocs signent l'avènement d'une nouvelle ère d'ingénierie financière qui pourrait entraîner un gain important de sécurité, d'efficacité et de précision dans la gestion des risques. Grâce aux chaînes de blocs, il est possible d'intégrer les conditions relatives à un produit dérivé directement dans le code, afin qu'elles puissent être traitées et automatiquement exécutées par le réseau de chaînes de blocs sous-jacent. Un essai concluant a été mené en 2016 par la Depository Trust & Clearing Corporation et cinq autres sociétés cotées à Wall Street (Bank of America, Merrill Lynch, Citi, Credit Suisse et JPMorgan), consistant à coder les conditions des contrats d'échange sur le risque de défaillance directement dans un système de chaîne de blocs afin de faciliter la gestion de tous les événements ultérieurs aux transactions. Quelque temps après, début 2017, la Depository Trust & Clearing Corporation annonçait son intention de transférer l'équivalent de 11 000 milliards USD de dérivés de crédit vers une infrastructure de chaîne de blocs développée spécifiquement à ces fins. L'objectif de cette opération est d'améliorer le traitement des produits dérivés par une automatisation de la tenue du registre et de réduire les coûts de rapprochement.

Transparence et responsabilité

Parce qu'elles constituent des bases de données transparentes, inviolables et capables d'enregistrer des informations horodatées, les chaînes de blocs peuvent faire office de registre mondial de transactions certifiées et authentifiées. Il est possible d'enregistrer des données importantes sur une chaîne de blocs, de sorte à les rendre immédiatement disponibles à l'ensemble des utilisateurs, et à en empêcher toute modification ou suppression *a posteriori* par la partie responsable de leur enregistrement.

Dans de nombreuses situations toutefois, il est important de préserver la confidentialité des informations. Plutôt que de conserver les données directement dans une chaîne de blocs, celles-ci peuvent être soumises à un processus de hachage[6]. Elles sont ainsi divisées en courtes chaînes (appelées « empreintes ») faisant office d'identifiant unique pour les données concernées. Cette opération aide à la certification de la source et de l'intégrité d'enregistrements spécifiques sans pour autant divulguer publiquement d'informations sensibles. Bien qu'il soit en effet impossible d'extraire des informations par simple consultation d'une empreinte, quiconque dispose des données d'origine peut vérifier qu'elles n'ont pas été altérées en comparant cette empreinte avec celle qui a été enregistrée dans la chaîne de blocs.

Plusieurs gouvernements étudient la possibilité d'utiliser les chaînes de blocs pour assurer la transparence et la fiabilité des archives publiques. En 2015, le gouvernement estonien annonçait un partenariat avec la start-up Bitnation visant à proposer à tous ses ressortissants disposant d'un compte en ligne des services de notariat basés sur des chaînes de blocs (actes de mariage, extraits de naissance, contrats commerciaux, etc.). En 2016, l'agence Estonian eHealth Authority s'est associée avec Guardtime, une société de sécurité

informatique, afin de créer une infrastructure de chaîne de blocs ayant pour objectif de préserver l'intégrité des dossiers médicaux et autres données sensibles, et d'en améliorer l'auditabilité. En mai 2016, le Ghana s'alliait à l'organisation Bitland pour constituer un cadastre basé sur des chaînes de blocs afin de venir compléter le registre foncier officiel du gouvernement. En janvier 2017, c'est la Géorgie qui s'associait à la société Bitfury pour conserver ses informations de propriété foncière dans un système de chaînes de blocs. Enfin, en avril 2017, la start-up Civic Ledger bénéficiait d'un financement du gouvernement australien afin d'améliorer la transparence et la fiabilité des informations du marché des ressources en eau grâce aux chaînes de blocs.

De nouvelles opportunités sont également apparues dans les secteurs de l'éducation et de la culture. Citons par exemple l'initiative Digital Certificates Project du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Lancé en octobre 2016, ce projet s'appuie sur la chaîne de blocs du Bitcoin pour la délivrance de certificats ou d'attestations indiquant qu'un étudiant a suivi une formation spécifique ou réussi un examen. Une initiative du même ordre a vu le jour en France, à l'École supérieure d'ingénieurs Léonard-de-Vinci, laquelle s'est associée avec Paymium, une start-up française spécialisée dans le Bitcoin, afin d'utiliser la chaîne de blocs du Bitcoin pour certifier les diplômes. La société Verisart, fondée en 2015, utilise par ailleurs une chaîne de blocs pour permettre aux artistes et aux collectionneurs d'établir des certificats d'authenticité pour leurs œuvres. Lorsqu'une œuvre est vendue, la transaction est enregistrée sur une chaîne de blocs, de sorte à permettre à chacun de vérifier l'existence d'un titre de propriété valide. Cette initiative a pour objectif la création d'un registre mondial simplifiant l'authentification et la traçabilité des œuvres d'art au niveau mondial.

Pour les entreprises, la technologie de chaîne de blocs représente également un nouveau moyen d'établir la source et l'authenticité des produits. Différentes initiatives ont déjà été mises en place pour lutter contre la contrefaçon de produits de luxe. La société Blockverify exploite ainsi les technologies de chaîne de blocs et de registre distribué pour proposer des solutions de transparence de la chaîne de l'offre et de lutte anti-contrefaçon pour les applications spécifiques aux produits pharmaceutiques, articles de luxe, diamants et équipements électroniques. De même, la société Everledger utilise depuis 2015 une chaîne de blocs pour affecter aux diamants un identifiant unique afin d'en assurer le suivi sur le marché secondaire. Cette technologie peut également aider dans la lutte contre la fraude, le marché clandestin et le trafic, notamment dans le cas des diamants de conflit provenant de zones de guerre.

Le même principe s'applique à d'autres types de produits. Sur le marché du commerce équitable, l'entreprise sociale Provenance, fondée en 2013, met à profit la technologie de chaîne de blocs pour contrôler la provenance des denrées alimentaires, et assurer leur traçabilité à chaque étape, et ce, jusqu'au consommateur final. À ce jour, la société est parvenue à mener une expérimentation concluante basée sur la technologie de chaîne de blocs et l'étiquetage intelligent pour contrôler la provenance de thon en Indonésie, dans le respect des exigences de durabilité sociale. D'autres start-ups ont mis en place des expérimentations du même ordre, notamment pour suivre l'acheminement de produits par transport maritime (TBSx3) ou aider les entreprises agricoles à mieux gérer leur chaîne d'approvisionnement et vérifier la provenance des produits qu'ils utilisent (Agridigital).

Exécution garantie grâce aux contrats intelligents

Une chaîne de blocs peut également contenir des programmes logiciels, généralement appelés « contrats intelligents » (Szabo, 1997)[7], exécutés par des mineurs de manière distribuée sur un réseau de chaîne de blocs. Ces contrats intelligents se distinguent de

programmes existants du fait de leur capacité à s'exécuter de façon autonome, c'est-à-dire indépendamment de tout opérateur centralisé ou tierce partie de confiance. On les décrit ainsi souvent comme étant auto-exécutables et à exécution garantie (Buterin, 2013). Ils fonctionnent selon plusieurs étapes de traitement et appliquent des conditions de type « si x, alors y », dont quiconque sur le réseau peut vérifier l'exécution. Parce qu'ils se basent sur un réseau décentralisé qui n'est contrôlé par aucun opérateur unique, les contrats intelligents offrent l'assurance d'une exécution prédéfinie et déterministe, sans nécessiter d'intervention extérieure.

Lancée en août 2015, Ethereum est de loin la plus importante plateforme de déploiement de codes pour contrats intelligents. Il s'agit également du deuxième plus grand réseau de chaînes de blocs après Bitcoin, puisqu'elle totalise une capitalisation boursière de plus de 4 milliards USD et enregistre un volume de transactions quotidien supérieur à 100 millions USD. La chaîne de blocs d'Ethereum exploite un langage de programmation complet au sens de Turing[8], appelé Solidity, associé à une machine virtuelle partagée. Ce langage est de fait devenu une norme pour le développement d'un grand nombre d'applications de chaînes de blocs. Une fois déployé, le code d'un contrat intelligent est conservé, sous une forme précompilée, dans la chaîne de blocs d'Ethereum, puis une adresse lui est affectée. Pour interagir avec un contrat intelligent, les parties doivent envoyer une transaction à l'adresse correspondante, ce qui déclenche automatiquement l'exécution du code sous-jacent. La plateforme Ethereum peut ainsi être considérée comme une couche de traitement mondiale et distribuée, servant de base pour des applications et systèmes décentralisés. Même si Ethereum fait figure de précurseur, d'autres plateformes ont depuis mis en place des fonctionnalités similaires, comme Rootstock, Monax, Lisk et Tezos.

Les contrats intelligents ne permettent généralement la mise en œuvre que de fonctionnalités de base, comme l'exécution d'une transaction conditionnelle en fonction d'un ensemble de paramètres prédéfinis. Ils sont également utilisés pour l'application de systèmes de séquestre, dont le principe vise à lancer une transaction dès qu'une condition précise est remplie. Grâce à un contrat intelligent, il est possible de transférer un actif vers un programme qui s'exécutera automatiquement de manière périodique afin de valider automatiquement certaines conditions et déterminer si cet actif doit être transmis à un tiers, renvoyé à la personne qui en est à l'origine, ou les deux. Ces contrats intelligents peuvent également servir à automatiser des paiements récurrents. Un contrat de location peut ainsi être appliqué à l'aide d'un contrat intelligent stipulant par exemple les dispositions sur lesquelles un locataire et un propriétaire se sont accordés (montant de la location, date de remise des clés, date de libération des lieux, etc.). En combinant et en interconnectant plusieurs contrats intelligents, il est possible de créer des systèmes sophistiqués capables de proposer des fonctionnalités avancées.

Il est important de noter qu'aucun logiciel n'est jamais dénué de défauts, et il en va de même pour les contrats intelligents. L'exécution garantie du code d'un contrat intelligent, associée à l'interdépendance de nombreuses transactions, peut représenter un risque majeur, notamment lorsque ce code est déployé dans un environnement sans système formalisé d'arbitrage ou de résolution des conflits. Le piratage de la plateforme TheDAO illustre parfaitement ce risque (encadré 7.3), puisqu'une vulnérabilité présente dans le code d'un contrat intelligent aurait pu entraîner une perte potentielle de plus 150 millions USD.

Encadré 7.3. **Quelles applications décentralisées sont aujourd'hui disponibles ?**

Malgré le déploiement d'un nombre important de contrats intelligents sur des chaînes de blocs, il n'existait jusqu'alors que peu d'applications décentralisées réellement exploitables. Même si la plupart ne sont encore qu'à un stade expérimental, elles témoignent clairement du potentiel de la technologie de chaîne de blocs. Par exemple, Akasha et Steem.it sont deux réseaux sociaux distribués qui contrairement à Facebook fonctionnent sans plateforme centrale. Plutôt que de s'appuyer sur un organe principal pour gérer le réseau, ces plateformes sont exécutées de manière décentralisée. Elles rassemblent en effet les contributions des nombreux pairs d'un réseau distribué, lesquels se coordonnent conformément à un ensemble de règles codées directement dans une plateforme de chaîne de blocs.

OpenBazaar est un réseau décentralisé, comparable à eBay, à la différence qu'il fonctionne indépendamment de tout opérateur intermédiaire. Cette plateforme exploite la technologie de chaîne de blocs pour permettre aux vendeurs et aux acheteurs d'interagir directement, sans entremise extérieure. Dès qu'un acheteur sollicite un produit auprès d'un vendeur, un compte de séquestre est créé sur la chaîne de blocs du Bitcoin afin de garantir que les fonds ne seront débloqués qu'une fois le produit reçu par l'acheteur.

Plusieurs plateformes décentralisées de covoiturage ont également vu le jour, comme Lazooz ou ArcadeCity. Celles-ci ne sont pas gérées par une tierce partie de confiance (de type Uber), mais sont régies par le code déployé dans une infrastructure de chaîne de blocs qui assure les interactions de pair à pair entre chauffeurs et clients.

TheDAO est certainement l'exemple plus célèbre des applications décentralisées. Ce fonds de placement, mis en œuvre sur la chaîne de blocs Ethereum en avril 2016, permettait aux investisseurs de voter pour les propositions à soutenir. De ce fait, il fut décrit comme la première organisation décentralisée tirant parti de la technologie de chaîne de blocs pour coordonner l'activité de personnes qui ne se connaissent pas et n'ont donc aucune raison de se faire confiance. Un mois après son lancement, TheDAO avait levé l'équivalent de plus de 150 millions USD d'Ethers (devise numérique d'Ethereum). Cette expérimentation fut malheureusement de courte durée. TheDAO fut contraint de mettre un terme à ses opérations après qu'un pirate eut exploité une vulnérabilité présente dans son code et détourné plus d'un tiers de ses fonds. Face à l'ampleur de cette attaque et à ses conséquences potentielles sur l'écosystème global d'Ethereum, la communauté des utilisateurs se mobilisa pour annuler la transaction et récupérer les fonds détournés. Cette opération nécessita une division du réseau Ethereum en deux chaînes distinctes, une décision vivement critiquée par certains membres de la communauté car elle allait à l'encontre des garanties d'immuabilité de la chaîne de blocs Ethereum. Cet incident a permis une meilleure sensibilisation sur les questions de responsabilité afférentes à ces applications intégralement décentralisées.

L'internet des objets

Les opportunités que représente la technologie de chaîne de blocs ne se limitent pas au monde numérique. Elles s'étendent en effet au monde physique par l'amélioration des capacités des objets qui nous entourent. L'avènement de l'IdO marque l'émergence d'appareils connectés capables de communiquer entre eux et d'interagir avec les personnes à proximité afin de mieux s'adapter à leurs besoins spécifiques. Ces appareils présentent des caractéristiques propres aux technologies numériques : la connectivité et la programmabilité.

Une fois ces appareils connectés à une chaîne de blocs, ils bénéficient de fonctionnalités complémentaires du simple fait qu'ils peuvent directement interagir les uns avec les autres, sans l'intervention d'un opérateur intermédiaire, et ainsi échanger des données de manière décentralisée.

Samsung s'est ainsi récemment associé à IBM pour tester la faisabilité d'un appareil IdO doté de fonctionnalités de chaîne de blocs : un lave-linge capable, après avoir détecté un faible niveau de lessive, de déclencher une transaction sur la base d'un contrat intelligent avec un détaillant afin de commander et payer une nouvelle recharge de lessive (IBM, 2015). Outre une réduction des coûts de transaction, ce modèle a pour avantage de ne pas nécessiter du consommateur qu'il communique ses coordonnées bancaires à Samsung ou à un autre opérateur de confiance. Il lui suffit en effet d'approvisionner le compte de son appareil chaque fois que son solde devient insuffisant.

Il s'agit ici d'un exemple d'application très simple, mais ce modèle pourrait être déployé sur de nombreux types d'appareils connectés différents. L'intégration de la technologie de chaîne de blocs avec l'IdO permet l'activation ou la désactivation d'appareils connectés par le biais de simples transactions de chaîne de blocs. À l'instar des lignes téléphoniques mobiles prépayées qui ne peuvent être utilisées que si l'utilisateur dispose d'un crédit suffisant sur son compte, on pourrait imaginer une voiture qu'il n'est possible de démarrer que si le conducteur a acheté un stock suffisant de kilomètres. On pourrait également envisager un véhicule de location dont les droits d'utilisation seraient représentés par un jeton sur une chaîne de blocs et qui pourraient ainsi être transférés à tout moment par le biais d'une simple transaction, sans recourir à un quelconque opérateur centralisé.

Bien que ces exemples ne soient actuellement que théoriques, différentes initiatives de ce type sont d'ores et déjà à l'œuvre. La société allemande Slock.it développe par exemple depuis 2015 des serrures connectées qu'il est possible de contrôler à l'aide de contrats intelligents. Le propriétaire d'une telle serrure exploitant la technologie de chaîne de blocs peut ainsi définir le tarif dont devra s'acquitter un tiers pour avoir le droit d'ouvrir cette serrure pendant une durée déterminée. Une fois la somme versée, un contrat intelligent octroiera au tiers à l'origine de la transaction le droit d'utiliser cette serrure pendant la période complète de la location. Bien que le développement de ce produit ne soit qu'à ses prémices, la société Slock.it a pour ambition de voir sa technologie s'appliquer à la location de bicyclettes, de garde-meubles, d'habitations et même de véhicules. Une autre société, Filament, travaille depuis 2012 sur la mise au point d'un réseau sans fil sécurisé pour appareils connectés, et se penche actuellement sur l'adoption d'une chaîne de blocs pour l'échange de données de capteurs et autres informations, ainsi que pour l'établissement de transactions entre ces appareils dans le cadre de contrats intelligents.

Les applications décentralisées de chaînes de blocs soulèvent de nouveaux défis en termes de politiques publiques

Les défis stratégiques les plus couramment associés à la technologie de chaîne de blocs ont trait aux problématiques de l'évasion fiscale, du blanchiment de capitaux, du financement d'activités terroristes et du soutien de la criminalité (trafic d'armes ou de stupéfiants, par exemple), comme illustré par la plateforme décentralisée de marché noir Silk Road[9].

La plupart de ces défis sont en partie liés au caractère transnational des réseaux de chaînes de blocs existants. Parce qu'elles sont déployées sur un réseau P2P décentralisé, la grande majorité des applications de chaînes de blocs mises en œuvre jusqu'à maintenant posent des difficultés d'application des législations nationales. Réguler ou interdire ces

applications présente une réelle difficulté, dans la mesure où les utilisateurs peuvent facilement contourner les contraintes réglementaires prévues par un gouvernement ou un État particulier. De par leur nature décentralisée, les réseaux de chaînes de blocs s'avèrent difficiles à neutraliser, puisque cela nécessiterait de neutraliser chacun des nœuds constituant le réseau. D'autres technologies décentralisées ont par le passé soulevé des défis du même ordre, comme le système de communication P2P anonymisé Tor, ou encore des technologies de partage de fichier P2P comme BitTorrent ou eMule.

Ce qui fait la particularité principale des défis soulevés par la technologie de chaîne de blocs et les distingue des problématiques liées aux technologies de l'internet existantes est le fait que les applications basées sur les chaînes de blocs fonctionnent généralement de manière indépendante de tout intermédiaire centralisé ou autorité de confiance. Elles peuvent par conséquent susciter des inquiétudes semblables à celles associées à l'IA sur le marché de l'emploi, même si leur effet potentiel sur le travail est extrêmement difficile à évaluer en raison du déploiement encore trop sommaire des chaînes de blocs. Elles privent également les gouvernements du recours à un opérateur ou intermédiaire centralisé pour veiller au respect des législations nationales applicables à l'internet.

Comme décrit précédemment, les chaînes de blocs ouvertes simplifient la création de systèmes de paiement décentralisés (Bitcoin, par exemple) fonctionnant sans organisme central de compensation, augmentant ainsi les craintes d'une éventuelle perte du contrôle monétaire (Blundell-Wignall, 2014). Elles permettent aussi l'émergence de marchés décentralisés, sur lesquels des titres peuvent être émis et échangés sans recourir à un quelconque intermédiaire réglementé, ou encore l'apparition d'applications décentralisées fonctionnant indépendamment de toute autorité centrale. Contrairement aux applications existantes (exécutées depuis un serveur, détenues et contrôlées par un opérateur défini), les applications basées sur des chaînes de blocs sont exécutées de manière distribuée sur un réseau décentralisé de pairs. Elles évoluent ainsi en dehors du contrôle de tout opérateur extérieur.

Cela peut s'avérer problématique dans le cas des systèmes anonymisés où toutes les parties ne sont identifiables que par leur clé privée. Dans un modèle centralisé, l'intermédiaire exécutant une transaction a également la capacité de l'annuler. À l'inverse, si une transaction a été exécutée par inadvertance ou à des fins malveillantes dans une chaîne de blocs ouverte, aucune partie ne peut l'annuler de manière unilatérale. Le vol ou la perte d'une clé privée pourrait ainsi avoir de graves conséquences pour le titulaire du compte.

Par ailleurs, dans la mesure où elles sont anonymisées, les chaînes de blocs ouvertes compliquent sensiblement (voire rendent impossibles) l'application de législations prévues pour lutter contre les pratiques illicites. Cela soulève plusieurs questions essentielles : comment et à qui imputer les préjudices causés par les systèmes de chaînes de blocs ? Qui doit endosser la responsabilité juridique de ces préjudices et comment assurer la réparation des dommages liés à un système basé sur des chaînes de blocs si sa gestion n'est assurée par aucune autorité centrale ?

La nature décentralisée des chaînes de blocs, associée à la capacité d'exécution automatique des contrats intelligents, implique qu'il devient possible de concevoir des systèmes de chaînes de blocs quasiment invulnérables aux mesures coercitives de l'État. Le cas échéant, ces systèmes peuvent passer outre une ordonnance judiciaire, dans la mesure où ils peuvent être programmés pour empêcher quiconque de saisir leurs actifs.

De toute évidence, les pouvoirs publics pourraient en théorie poursuivre les parties concernées au titre de la création et du déploiement de systèmes de chaînes de blocs, au motif

que ces systèmes sont utilisés pour des activités dangereuses ou illégales. Les développeurs d'une chaîne de blocs pourraient par exemple se voir imputer la responsabilité de tout dommage prévisible que ces systèmes sont susceptibles de causer à un tiers, en vertu du droit de la responsabilité du fait des produits. L'invocation de ces dispositions législatives risquerait néanmoins de décourager tout effort d'innovation dans ce domaine et, même dans l'éventualité où les développeurs d'un système basé sur des chaînes de blocs illicite étaient poursuivis pour leurs travaux, cela n'affecterait en rien la manière dont ce système fonctionne.

En raison de la robustesse et de l'inviolabilité des contrats intelligents, une fois qu'une transaction a été exécutée puis validée par le réseau de chaînes de blocs sous-jacent, elle ne peut être supprimée *a posteriori* de manière unilatérale. Et dans la mesure où l'exécution garantie fait partie des principaux avantages de ces systèmes une fois qu'ils ont été déployés, il devient extrêmement difficile de modifier le code et le fonctionnement d'une application basée sur des chaînes de blocs, et plus encore de neutraliser celle-ci complètement. Le seul moyen d'annuler une transaction de chaîne de blocs ou de suspendre l'application d'un contrat intelligent est de recourir à une action coordonnée du réseau dans sa globalité, à l'instar du réseau Ethereum suite à l'attaque dont fut victime TheDAO. Bien qu'une telle opération puisse facilement être mise en œuvre dans le cas des chaînes de blocs accessibles sur autorisation (puisqu'elles ne requièrent qu'un nombre restreint d'intervenants identifiés pour atteindre un consensus), cela s'avère bien plus délicat pour les chaînes de blocs ouvertes en raison des coûts importants de coordination nécessaires pour établir un consensus auprès d'un grand nombre de parties non identifiées.

La transparence et la quasi-immunité de ces systèmes à tout contrôle sont également source de défis importants. Même si l'anonymat garanti par les environnements de chaîne de blocs ouverts peut encourager la liberté d'expression et améliorer à terme la disponibilité des informations, il peut également entraver l'application des législations visant à contrôler les flux d'informations, comme les lois sur les droits d'auteur, les propos haineux ou la diffamation. Par exemple, associée aux réseaux décentralisés de partage de fichiers, la capacité à enregistrer des informations dans une base de données inviolable pourrait faciliter l'échange de contenus illicites ou contraires aux bonnes mœurs (pédopornographie, vengeance pornographique ou humiliation publique notamment). Certains experts considèrent néanmoins qu'il est peu probable que de telles activités criminelles soient hébergées sur des chaînes de blocs dans la mesure où les transactions laissent trop de traces qui permettraient d'identifier leurs auteurs. Ces risques restent limités dans le cas des chaînes de blocs accessibles sur autorisation, puisqu'il est possible de relier directement l'identité physique d'un individu à son identité numérique. Le fait qu'une donnée ne puisse être supprimée de manière unilatérale une fois intégrée à une chaîne de blocs augmente toutefois considérablement la difficulté d'une application efficace de certaines réglementations, comme le droit à l'oubli garanti par la législation de l'Union européenne.

Aucun système de chaînes de blocs, même conçu spécifiquement pour contourner la loi, n'est jamais totalement isolé et autonome. Il existe en effet un certain nombre d'intermédiaires incontournables assurant l'interfaçage de ces systèmes avec le reste de la société. Citons notamment les mineurs responsables du contrôle et de la validation des transactions, les agents de change assurant la conversion de devises virtuelles basées sur des chaînes de blocs en monnaie fiduciaire (et inversement) ou encore les divers opérateurs commerciaux ou non commerciaux qui interagissent avec ces systèmes. Ces points de contact constituent la meilleure chance pour les autorités législatives d'exercer leur influence afin de réguler ces systèmes, même indirectement.

Notes

1. OpenAI est dirigé sous la présidence conjointe de Sam Altman et d'Elon Musk, et compte parmi ses soutiens financiers Amazon Web Services (AWS), Infosys et YC Research.
2. Depuis lors, de nouveaux partenaires se sont associés à cette initiative, parmi lesquels des entreprises commerciales (eBay, Intel, McKinsey & Company, Salesforce, SAP, Sony, Zalando et Cogitai) et des organisations à but non lucratif (Allen Institute for Artificial Intelligence, AI Forum of New Zealand, Center for Democracy & Technology, Centre for Internet and Society – India, Data & Society Research Institute, Digital Asia Hub, Electronic Frontier Foundation, Future of Humanity Institute, Future of Privacy Forum, Human Rights Watch, Leverhulme Centre for the Future of Intelligence, l'UNICEF, Upturn et la Fondation XPRIZE). Elles rejoignent ainsi les sociétés fondatrices et les partenaires à but non lucratif existants (AAAI, ACLU et OpenAI). Dans le cadre de ce partenariat, chaque organisation s'engage à promouvoir la science ouverte et à débattre des implications éthiques, sociales, économiques et juridiques de l'IA, mais aussi à développer la recherche en IA pour des technologies stables, fiables, dignes de confiance et fonctionnant dans un environnement sécurisé.
3. La cryptographie asymétrique permet un échange d'informations chiffrées sans nécessiter d'échange de clé. Tout utilisateur souhaitant envoyer des données à un autre utilisateur utilisera alors sa clé privée et la clé publique du destinataire pour coder les informations. Ce destinataire sera par la suite en mesure de décoder les informations reçues à l'aide de sa clé privée et de la clé publique de l'expéditeur.
4. Malgré les faibles probabilités, il convient de noter qu'un tel scénario s'est déjà produit en 2014. Un groupement de mineurs (Ghash.io) est ainsi parvenu à prendre en charge 55 % des besoins de calcul du réseau Bitcoin. Plutôt que d'exploiter cette situation à des fins malveillantes, Ghash.io a immédiatement réduit sa capacité de calcul pour éviter de compromettre la crédibilité du réseau.
5. La « preuve de participation » est une méthode selon laquelle un réseau de chaînes de blocs cherche à établir un consensus distribué en demandant aux utilisateurs de prouver la possession d'une certaine quantité d'une ressource définie. Cette méthode présente de nombreux avantages, puisqu'elle augmente notamment de manière importante le nombre de transactions possibles lorsqu'elle est appliquée conjointement avec le protocole Casper. Des canaux de paiement comme le réseau Bitcoin Lightning (Poon et Dryja, 2016) et des mécanismes de type partitionnement (ou *sharding*) (Iddo et al., 2014) constituent d'autres approches possibles.
6. Le hachage consiste en la génération d'une courte chaîne (ou empreinte) à partir d'un élément spécifique de contenu. Cette empreinte est générée par l'application d'une formule mathématique conçue de telle sorte que la moindre modification du contenu, même minime, produirait une chaîne totalement différente. Une empreinte est souvent utilisée comme l'identifiant unique du contenu à partir duquel elle a été générée, car les probabilités qu'un autre élément de contenu donne lieu à la même valeur d'empreinte sont extrêmement faibles. Parce qu'elles permettent de garantir qu'un message n'a pas été altéré, les empreintes jouent un rôle essentiel dans les systèmes de sécurité.
7. Szabo (1997) décrivait les contrats intelligents comme « un ensemble d'engagements, définis sous forme numérique, incluant des protocoles selon lesquels les parties accomplissent d'autres engagements ».
8. Un langage de programmation est considéré comme complet au sens de Turing si l'on peut démontrer qu'il présente des capacités de calcul équivalentes à celles d'une machine de Turing. Autrement dit, tout problème pouvant être résolu par une machine de Turing à partir d'une quantité limitée de ressources doit également pouvoir être résolu à l'aide de ce langage de programmation à partir d'une quantité limitée de ressources.
9. Le marché Silk Road s'appuyait sur le Bitcoin et le réseau Tor pour permettre la création de transactions anonymes entre ses utilisateurs et faciliter le commerce de produits illicites, comme les armes ou les stupéfiants. Cette plateforme a finalement pu être démantelée en raison de l'incapacité de son fondateur, Ross Ulbricht, à masquer les retraits en bitcoins qu'il effectuait lui-même depuis le site.

Références

Arntz, M., T. Gregory et U. Zierahn (2016), « The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en*.

Blockchain (s.d., a), « Répartition du hashrate : Une estimation de la répartition du hashrate parmi les pools minières les plus importantes », page web, *https://blockchain.info/fr/pools*.

Blockchain (s.d., b), « Confirmed transactions per day », page web, *https://blockchain.info/fr/charts/n-transactions*.

Blockchain (s.d., c), « Median confirmation time », page web, *https://blockchain.info/fr/charts/median-confirmation-time*.

Blundell-Wignall, A. (2014), « The Bitcoin Question: Currency versus Trust-less Transfer Technology », *OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions*, nº 37, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5jz2pwjd9t20-en*.

Bonneau, J. et al. (2015), « Research perspectives and challenges for Bitcoin and cryptocurrencies », *Proceedings of IEEE Symposium on Security and Privacy*, 17-21 mai 2015.

Brakeville, S. et B. Perepa (2016), « Blockchain basics: Introduction to distributed ledgers », IBM, 9 mai, *www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-blockchain-basics-intro-bluemix-trs*.

Buterin, V. (2015), « Slasher: A punitive proof-of-stake algorithm », blog Ethereum, 14 août.

Buterin, V. (2013), « Livre Blanc », Ethereum, *www.asseth.fr/2016/11/09/traduction-whitepaper-ethereum/*.

CB Insights (2017), « The 2016 AI Recap: Startups See Record High In Deals And Funding », *Research Briefs*, *www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-startup-funding/* (consulté le 16 août 2017)

Chen, K. et al. (2012), « Building high-level features using large scale unsupervised learning », juillet, v5, *https://arxiv.org/abs/1112.6209*.

Citibank (2016), *Technology at Work v2.0: The Future is Not What it Used to Be*, Citigroup, *www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi_GPS_Technology_Work_2.pdf*.

Dutton, J. (2011), « Raging Bull: The Lie Catcher! », *Mental Floss*, *http://mentalfloss.com/article/28568/raging-bull-lie-catcher*.

Elliot, S.W. (2014), « Anticipating a Luddite revival », *Issues in Science and Technology*, vol. XXX/3, printemps, *http://issues.org/30-3/stuart*.

Evans, R. et J. Gao (2016), « DeepMind AI reduces Google Data Centre cooling bill by 40% », blog DeepMind, 20 juillet, *https://deepmind.com/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40*.

FIT (Forum international des transports) (2017), « Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport », *International Transport Forum Policy Papers*, nº 32, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/0f240722-en*.

Frey, C.B. et M.A. Osborne (2013), « The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? », Oxford Martin School, 17 septembre, *www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf*.

Goertzel, B. et C. Pennachin (2006), *Artificial General Intelligence*, Springer, Berin, Heidelberg, *http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4*.

IBM (2015), « Empowering the edge: Practical insights on a decentralized Internet of Things », IBM Institute for Business Value, Somers, New York, *https://www-935.ibm.com/services/multimedia/GBE03662USEN.pdf*.

Iddo, B. et al. (2014), « Proof of activity: Extending Bitcoin's proof of work via proof of stake », *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, vol. 42, nº 3, pp. 34-37.

James-Lubin, K. (2015), « Blockchain scalability », O'Reilly Media, 21 janvier, *www.oreilly.com/ideas/blockchain-scalability*.

Lake, B. et al. (2016), « Building machines that learn and think like people », *Behavioral and Brain Sciences*, 2 novembre, *http://cims.nyu.edu/~brenden/1604.00289v3.pdf*.

Maison Blanche (2016a), « Preparing for the future of AI », Executive Office of the President, National Science and Technology Council, Washington, DC, octobre, *https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf*.

Maison Blanche (2016b), « Artificial intelligence, automation, and the economy », Executive Office of the President, Washington, DC, décembre, *https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF*.

Nakamoto, S. (2008), « Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system », *https://bitcoin.org/bitcoin.pdf*.

Narayanan, A. et al. (2016), *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Nikkei (2015), « IBM's Watson to help doctors devise optimal cancer treatment », *Asian Review*, 30 juillet, *http://asia.nikkei.com/Tech-Science/Science/IBM-s-Watson-to-help-doctors-devise-optimal-cancer-treatment*.

Nilsson, N. (2010), *The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.

OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) (à paraître), « Neurotechnology and Society: Strengthening Responsible Innovation in Brain Science », *Science, Technology and Industry Policy Papers*, OCDE, Paris.

OCDE (2017), *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en*.

OCDE (2016), « Summary of the CDEP Technology Foresight Forum: Economic and Social Implications of Artificial Intelligence », éléments de la communication de MM. Susumu Hirano et Tatsuya Kurosaka, OCDE, Paris, *http://oe.cd/ai2016*.

OCDE (2015), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en*.

Poon, J. et T. Dryja (2016), « The Bitcoin Lightning Network: Scalable off-chain instant payments ».

Purdy, M. et P. Daugherty (2016), « Why artificial intelligence is the future of growth », Accenture, octobre, *www.accenture.com/futureofAI*.

Szabo, N. (1997), « The idea of smart contracts », *www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html*.

UK Government Office for Science (2016), « Artificial intelligence: Opportunities and implications for the future of decision-making », Government Office for Science, Londres, *https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-an-overview-for-policy-makers*.

Voegeli, J. (2016), « CIA-funded Palantir to target rogue bankers », Bloomberg, 22 mars, *https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-03-22/credit-suisse-cia-funded-palantir-build-joint-compliance-firm*.

Wachter, S., B. Mittelstadt et L. Floridi (2016), « Why a right to explanation of automated decision-making does not exist in the general data protection regulation », *International Data Privacy Law*, 28 décembre, *https://ssrn.com/abstract=2903469*.

Wang, D. et al. (2016), « Deep Learning for Identifying Metastatic Breast Cancer », 18 juin, Cornell University Library, *https://arxiv.org/pdf/1606.05718v1.pdf*.

Werbach, K.D. (2016), « Trustless trust », *https://ssrn.com/abstract=2844409*.

Wong, Q. (2017), « At LinkedIn, artificial intelligence is like “oxygen” », *The Mercury News*, 6 janvier, *www.mercurynews.com/2017/01/06/at-linkedin-artificial-intelligence-is-like-oxygen*.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, la Lettonie, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. L'Union européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Éditions OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
(93 2017 01 2 P) ISBN 978-92-64-28240-7 – 2018

Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2017

La publication biennale des *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE* examine et décrypte les évolutions et les opportunités et défis qui se font jour dans l'économie numérique. Elle met en lumière la manière dont les pays membres et les économies partenaires de l'OCDE tirent parti des technologies de l'information et des communications (TIC) et de l'internet pour atteindre leurs objectifs d'action publique. Données comparatives à l'appui, elle signale les pratiques réglementaires et les lignes d'action dont les décideurs peuvent s'inspirer pour optimiser le potentiel de l'économie numérique au service de l'innovation et de la croissance inclusive.

Cette publication s'inscrit dans le cadre du projet « Going Digital » de l'OCDE. Dans un monde résolument tourné vers le numérique et les données, ce projet vise à fournir aux décideurs les outils dont ils ont besoin pour aider leurs économies et leurs sociétés à prospérer.

Pour plus d'informations, consultez ***www.oecd.org/going-digital***

#GoingDigital

Veuillez consulter cet ouvrage en ligne : ***http://dx.doi.org/10.1787/9789264282483-fr***.

Cet ouvrage est publié sur OECD iLibrary, la bibliothèque en ligne de l'OCDE, qui regroupe tous les livres, périodiques et bases de données statistiques de l'Organisation.
Rendez-vous sur le site ***www.oecd-ilibrary.org*** pour plus d'informations.

éditionsOCDE
www.oecd.org/editions

ISBN 978-92-64-28240-7
93 2017 01 2 P