

L'énergie nucléaire aujourd'hui

Introduction

L'énergie nucléaire peut-elle contribuer au développement durable ?

L'énergie nucléaire est-elle sûre ?

Quelle est la meilleure solution pour gérer les déchets radioactifs ?

Quel avenir pour le nucléaire ?

Pour plus d'informations

Introduction

L'énergie nucléaire est utilisée depuis plus d'une cinquantaine d'années pour produire de l'électricité. Elle assure aujourd'hui près de 17 % de la production électrique dans le monde et 23 % dans les pays de l'OCDE.

La crise du pétrole au début des années 70 a stimulé les commandes et la construction de centrales nucléaires. Ensuite, lorsque les cours du pétrole se sont stabilisés, voire affaiblis, et que les mises en service de centrales électriques ont permis de satisfaire la demande, les commandes se sont raréfiées. Avec les accidents de Three Mile Island aux États-Unis (1979) et de Tchernobyl en Ukraine (1986), le public a commencé à s'interroger sur la sûreté nucléaire.

Aujourd'hui l'énergie nucléaire est de nouveau sur le devant de la scène car de nombreux pays, qui ont pris conscience des risques d'une dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles et du vieillissement de leur outils de production d'électricité, réévaluent leurs politiques énergétiques. Le pétrole, le charbon et le gaz assurent plus des deux tiers de la production d'énergie et d'électricité dans le monde, mais ils sont aussi à l'origine des gaz à effet de serre jugés principaux responsables du réchauffement climatique. Parallèlement, la progression rapide de la demande d'énergie prévue dans les cinquante prochaines années constituera un véritable défi pour les sociétés du monde entier qui devront trouver comment produire l'énergie nécessaire à la croissance économique et au développement social sans dégrader l'environnement. Les récentes flambées des cours du pétrole, les coupures de courant en Amérique du Nord et en Europe et les dérèglements climatiques ont aussi attiré l'attention sur des questions telles que la stabilité des prix à long terme, la sécurité d'approvisionnement en énergie et le développement durable.

Depuis plus de quarante ans, l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) réunit des spécialistes de toutes disciplines pour mener des analyses scientifiques et techniques sur lesquelles les décideurs puissent s'appuyer pour définir leurs politiques nucléaires et énergétiques.

Cette Synthèse dresse un bilan de la situation actuelle de l'énergie nucléaire, de ses perspectives et des principaux enjeux pour les gouvernements. ■

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) est une institution semi-autonome, au sein de l'OCDE, qui compte 28 pays membres. Elle a pour mission d'aider ses membres à préserver et à approfondir, par la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques. Elle produit des analyses faisant autorité et favorise le consensus sur des questions importantes afin d'éclairer les décisions des pouvoirs publics sur la politique nucléaire et d'enrichir les analyses de l'OCDE concernant la politique à mener dans les domaines de l'énergie et du développement durable. L'AEN est un instrument international objectif et impartial de coopération au service d'une exploitation sûre et rentable de l'énergie nucléaire. ■

L'énergie nucléaire peut-elle contribuer au développement durable?

Les services énergétiques sont vitaux pour le développement et la prospérité économiques. Néanmoins, au fur et à mesure de l'augmentation de la consommation d'énergie, les objectifs du développement durable imposent d'en maîtriser, limiter ou atténuer les effets sur la santé et l'environnement. Progressivement, on s'accorde pour dire que les techniques actuelles de production d'énergie ne sont pas durables, soit parce que les réserves s'épuisent soit parce que ces techniques produisent des gaz à effet de serre. À cet égard, l'énergie nucléaire présente des avantages certains puisqu'elle produit de la chaleur et de l'électricité sans émettre au niveau de la centrale électrique de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et que le combustible ne risque pas de s'épuiser.

Il est couramment admis que le développement durable comporte trois dimensions : économique, environnementale et sociale.

Sur le front de l'économie, la possibilité d'assurer une fourniture d'électricité fiable à bas prix est un facteur de développement durable important. Hors coûts de la construction, une centrale nucléaire produit une électricité souvent meilleur marché que les autres modes de production. Ce type de centrale a en effet une longue durée de vie et de faibles coûts d'exploitation et de maintenance. Cependant, la construction, le respect de la réglementation, le démantèlement de l'installation à la fin de sa durée de vie utile et le stockage à long terme des déchets radioactifs coûtent plus chers que pour les autres technologies. Malgré tout, la production électronucléaire peut, dans une majorité de pays, concurrencer les autres techniques. En outre, l'apparition de nouvelles filières plus rentables, l'amélioration des méthodes de construction et la construction en série des tranches devraient faire baisser les coûts d'investissement.

Dans le cas des centrales au gaz naturel ou au charbon, l'investissement initial est moindre, mais les coûts des combustibles sont plus élevés et fluctuent de manière imprévisible. Les sources d'énergie renouvelables telles que le vent ou l'énergie hydraulique partagent avec l'énergie nucléaire des coûts d'investissement élevés et de faibles coûts de production par unité d'électricité produite. Mais ces énergies renouvelables ne sont pour le moment exploitées qu'à échelle réduite pour assurer une fourniture intermittente ; elles ne sont pas utilisées en base.

L'exploitation des combustibles fossiles intègre d'ores et déjà une partie du coût de la réduction des rejets dans l'atmosphère et dans l'eau. Malgré cela, une forte proportion des déchets partent dans l'atmosphère entraînant, pour la collectivité, des coûts qui ne transparaissent pas dans le prix de l'électricité.

Dans le cas du nucléaire, par contre, les coûts de stockage des déchets de haute activité et de démantèlement des installations sont déjà inclus dans le prix demandé au consommateur. De fait, la compétitivité de l'énergie nucléaire serait nettement supérieure si, par exemple, une taxe sur le carbone était appliquée aux émissions de gaz à effet de serre.

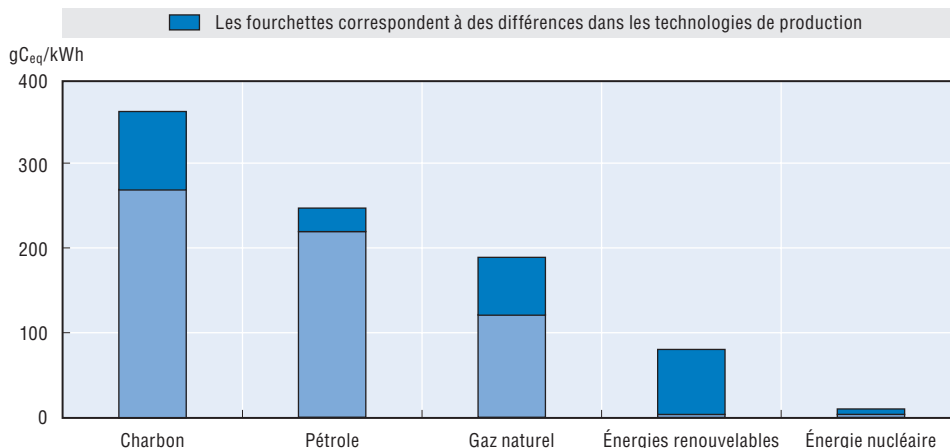
Dans chaque pays, la dimension économique du développement durable est fortement liée à l'existence de ressources naturelles. Les pays du Moyen-Orient et la Fédération de Russie détiennent 70 % des réserves mondiales de pétrole et de gaz qui par ailleurs s'épuisent. Parallèlement, les pays de l'OCDE produisent près de 55 % de l'uranium utilisé dans le monde et possèdent 40 % des ressources estimées, c'est-à-dire des ressources qui, au rythme actuel de la consommation, devraient suffire à la production d'énergie pendant une centaine d'années, quand bien même le retraitement et le recyclage des matières utilisables seraient exclus et sans tenir compte des ressources supplémentaires qui pourraient être découvertes. Les coûts du combustible des réacteurs nucléaires en service aujourd'hui ne représentent que 20 % du coût total de l'électricité produite. Un doublement du prix de l'uranium entrant dans la fabrication du combustible aurait un effet minime sur le prix de l'électricité produite. Par comparaison, le doublement du prix du gaz naturel pourrait faire bondir de quelques 70 % le prix de l'électricité sortant des centrales au gaz.

Au chapitre de l'environnement, il faut rappeler que l'énergie nucléaire est l'une des rares sources d'énergie qui n'émettent pour ainsi dire pas de gaz à effet de serre. Les objectifs d'émission fixés dans le Protocole de Kyoto imposent aux pays de l'OCDE de diminuer de 700 millions de tonnes d'ici 2012 le montant de leurs émissions totales annuelles d'équivalent de dioxyde de carbone par rapport aux niveaux de 1990. Sans l'énergie nucléaire pour produire l'énergie nécessaire, les centrales des pays de l'OCDE émettraient un tiers de plus de dioxyde de carbone qu'actuellement. Grâce aux centrales nucléaires, ce sont 1 200 millions de tonnes de dioxyde de carbone qui ne sont pas rejetées chaque année, soit environ 10 % des émissions totales de CO₂ imputables à la consommation d'énergie dans les pays de l'OCDE. Les sources d'énergie non polluantes, telles que l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables seront essentielles pour la réduction des émissions.

Pour que l'énergie nucléaire contribue de manière déterminante à la lutte contre le réchauffement climatique, il faudra développer la puissance nucléaire installée dans de fortes proportions. Avec les techniques actuelles,

Figure 1 :

**ÉMISSIONS DE GAZ
À EFFET DE SERRE
IMPUTABLES
À LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR
DE DIFFÉRENTES SOURCES**



Source : OCDE/AEN (2001), AEN Infos 2001 – n° 19.1.

cette expansion s'accompagnerait d'une augmentation proportionnelle de la production de déchets nucléaires. Pour que l'énergie nucléaire demeure une option efficiente et acceptable par la société, la technologie de réacteurs avancés et le recyclage du combustible, susceptibles de limiter cet accroissement et d'offrir des avantages en matière d'économie, de sûreté et de non-prolifération, pourraient être très utiles.

Au chapitre social, les mesures destinées à préserver et à améliorer l'infrastructure technique et intellectuelle indispensable à l'exploitation de l'énergie nucléaire ont de nombreuses retombées positives sur la société. Ainsi, par le passé, l'énergie nucléaire a contribué de manière décisive au développement de matériaux, techniques et compétences, dont ont, à leur tour, bénéficié d'autres secteurs comme la médecine, l'industrie, la santé publique et l'agriculture et, par ricochet, la société dans son ensemble.

Il faut être conscient que les technologies de l'énergie suscitent fréquemment l'inquiétude quand elles ne sont pas sources de conflit. L'histoire du charbon est jalonnée d'affrontements, voire de conflits sociaux. À l'échelle internationale, il en va de même du pétrole. Certains redoutent que la multiplication des éoliennes dépare le paysage, crée une pollution sonore et menace l'avifaune. L'hydraulique pose des problèmes environnementaux et sociaux particuliers. Dans le cas de l'énergie nucléaire, l'inquiétude s'est cristallisée sur la sûreté, la prolifération nucléaire et le stockage des déchets. ■

L'énergie nucléaire est-elle sûre ?

À en juger par le nombre d'accidents du travail, l'industrie nucléaire obtient l'un des meilleurs palmarès de sécurité. En 2003, par exemple, la fréquence des accidents du travail avec arrêt était de 0.28 accidents pour 100 travailleurs à plein-temps, un chiffre à comparer à la moyenne pour les États-Unis qui est de 2.6 pour 100 travailleurs à plein-temps en 2003.

Cependant, un accident dans une centrale nucléaire peut provoquer davantage de dégâts que les accidents frappant d'autres installations industrielles, à cause de la quantité de radioactivité produite par la fission. C'est pourquoi l'exploitation de l'énergie nucléaire a toujours été subordonnée à l'obtention de niveaux de sûreté extrêmement élevés.

La sûreté nucléaire repose sur la capacité des systèmes et du personnel de l'installation à éviter les accidents et, au cas où il s'en produirait un, d'en limiter le plus possible les conséquences. La mise en œuvre de la « défense en profondeur », qui s'appuie sur des facteurs complémentaires et redondants, est un moyen d'y parvenir. Les défenses en question sont, entre autres, le soin apporté au choix du site, la robustesse de la conception et la qualité de la construction, la multiplication des niveaux de protection, les mesures de prévention des pannes et l'existence d'une enceinte de confinement appropriée, le fait d'encourager chez le personnel le développement d'une culture de sûreté et les contrôles par une autorité de sûreté indépendante.

La responsabilité de la sûreté nucléaire est avant tout nationale, ce qui revient à dire que tout pays est responsable de la sûreté des centrales nucléaires construites sur son territoire. Toutefois, la coopération internationale, dans le cadre d'organisations telles que l'AEN et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) contribue largement à l'élaboration des concepts pertinents et à la diffusion des bonnes pratiques. Par exemple, la Convention sur la sûreté nucléaire signée sous les auspices de l'AIEA par tous les États exploitant des centrales nucléaires définit, pour les aspects fondamentaux de la sûreté nucléaire, des principes et obligations reconnus à l'échelle internationale.

Quel que soit le palmarès de sûreté des activités en rapport avec des rayonnements ionisants, des accidents avec exposition des travailleurs et du public ne sont pas exclus, et peuvent même, comme à Tchernobyl, avoir des conséquences par delà les frontières. C'est pourquoi la communauté internationale a mis soigneusement au point des programmes et méthodes de préparation aux situations d'urgence nucléaire et de gestion de crise de façon à limiter le plus possible les conséquences des accidents. Toutes les installations nucléaires du monde entier se sont dotées de ce type de dispositif en concertation avec les autorités locales et nationales. Aux niveaux national et international, des exercices de crise sont organisés régulièrement.

Il ne faut pas confondre sûreté et sécurité nucléaire. En matière de sécurité les pays membres de l'OCDE ont toujours pris très au sérieux la protection physique des matières et installations nucléaires, y compris contre d'éventuels actes de malveillance et ils se sont engagés dans des programmes de grande ampleur afin de renforcer cette protection. Depuis le 11 septembre 2001, des études ont été entreprises pour vérifier que les installations nucléaires présentent toutes les garanties de sécurité et que les dispositifs de garantie sont en place. Éviter la prolifération des armes nucléaires reste également une priorité, dont la mise en œuvre repose notamment par l'intermédiaire du système des garanties et des vérifications de l'AIEA. ■

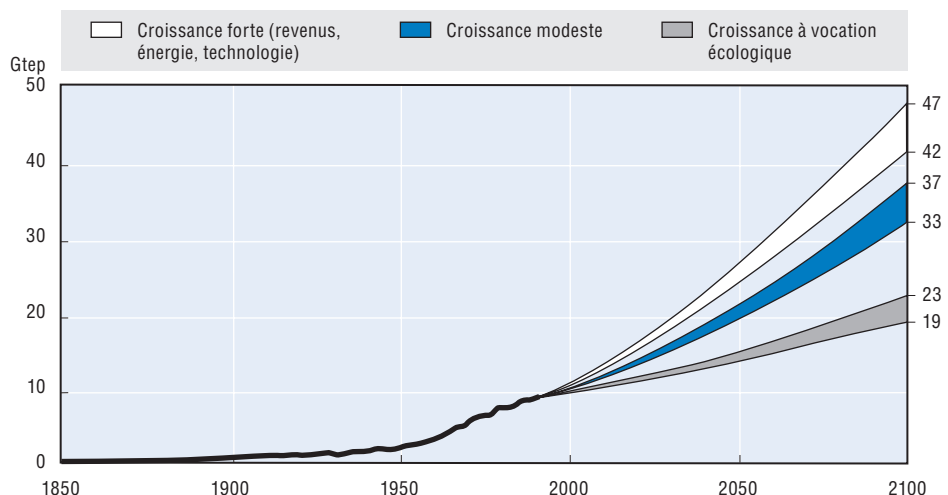
Quelle est la meilleure solution pour gérer les déchets radioactifs ?

Il existe des procédés industriels et des techniques médicales qui produisent des déchets radioactifs, tels accélérateurs de particules notamment, mais la production électronucléaire reste la principale source de déchets, en termes de volume comme la période radioactive.

Une centrale type de 1 000 MWe produit chaque année environ 300 mètres cubes de déchets de faible et de moyenne activité et à peu près 30 tonnes de déchets de haute activité solides emballés. Les centrales nucléaires dans le monde produisent tous les ans près de 200 000 mètres cubes de déchets de faible et moyenne activité et 10 000 mètres cubes de déchets de haute activité, si l'on considère le combustible irradié comme déchet. À titre de comparaison, les membres de l'Union européenne, avant son élargissement, produisaient à eux seuls, 10 millions de mètres cubes de déchets industriels toxiques chaque année.

Le stockage des déchets de faible activité et de la plupart des déchets de moyenne activité est une pratique bien établie et certains sites sont déjà

Figure 2 :
SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE À L'HORIZON 2100



Source : OCDE/AEN (2003), *L'énergie nucléaire aujourd'hui*.

pleins et fermés. Par contre, pour le stockage à long terme des déchets de haute activité à vie longue et du combustible irradié, la recherche de solutions s'est révélée plus ardue.

Le combustible irradié doit être isolé de l'environnement humain sur de longues périodes, pendant lesquelles sa radioactivité diminue. La solution que l'on privilégie aujourd'hui pour le stockage définitif des déchets de haute activité consiste à les placer dans des dépôts souterrains profonds. En général, le processus de stockage géologique consiste, dans un premier temps, à traiter les déchets pour leur donner une forme physique et chimique adaptée, puis à les installer, une fois conditionnés, à l'intérieur de barrières ouvragées souterraines prévues pour durer longtemps et enfin à sceller ces installations. Dans les sites en profondeur, les conditions restent stables sur les longues périodes nécessaires pour que la radioactivité atteigne un niveau suffisamment faible.

La communauté scientifique et technique est convaincue du bien-fondé éthique et écologique du confinement de ces déchets fortement radioactifs dans des dépôts géologiques. Pourtant, à l'exception des États-Unis et de la Finlande, les pays de l'OCDE n'ont pas encore décidé du lieu où ils installeraient leurs dépôts de déchets de haute activité.

Sachant que l'on doit confiner sur de longues périodes des volumes de déchets relativement peu importants, qu'il s'agisse des déchets de haute activité ou des déchets de faible activité, la centralisation de l'entreposage et du stockage paraît souhaitable, un choix qui exigera de transporter les déchets sur les sites choisis. Les dépôts sont également la destination finale du combustible irradié, après une phase initiale d'entreposage et de refroidissement.

Les matières radioactives, y compris celles utilisées pour des applications industrielles et médicales, doivent aussi être transportées du fournisseur chez l'utilisateur final. Toutes ces opérations de transport doivent respecter les normes de sûreté nationales et internationales pertinentes. Chaque année des substances et déchets radioactifs de toutes sortes sont expédiés. Les accidents sont extrêmement rares. Depuis 1971, on a dénombré 20 000 cargaisons de combustible irradié et de déchets de haute activité par trains, camions ou navires qui ont parcouru au total plus de 30 millions de kilomètres. Jamais aucun incident n'a provoqué la rupture du conteneur ni libéré de la radioactivité dans l'environnement. ■

Quel avenir pour le nucléaire ?

La croissance de la demande mondiale d'énergie appelle des décisions concernant la construction ou non de centrales nucléaires. La conception des réacteurs évolue. Si le nucléaire est une technologie parvenue à maturité, il reste toujours des possibilités d'améliorations techniques et économiques. Les recherches concernent aujourd'hui les réacteurs à métal liquide, à haute température, ou consommant du thorium, mais aussi des techniques perfectionnées de recyclage permettant de valoriser davantage les ressources en uranium et en plutonium. Ces technologies avancées laissent augurer d'importants progrès de la durabilité de l'énergie nucléaire. Les dix pays qui ont lancé avec Euratom le Forum international Génération IV se proposent de concevoir un ou plusieurs systèmes nucléaires présentant des avantages sur les plans de l'économie, de la sûreté et de la durabilité et dont le déploiement industriel serait envisageable d'ici 2020-2030. L'AEN assure le secrétariat technique du Forum international Génération IV.

Jusqu'à présent, l'énergie nucléaire a servi presque exclusivement à produire de l'électricité, mais elle a d'autres applications possibles. De vastes recherches ont été entreprises afin d'étudier les possibilités de remplacer les hydrocarbures

par de l'hydrogène pour la propulsion des véhicules. Si l'on y parvient, cela signifie que la demande d'hydrogène augmentera de manière spectaculaire. Or, pour produire de l'hydrogène, on utilise aujourd'hui du gaz naturel qui rejette du carbone. Des méthodes moins coûteuses pour produire de l'hydrogène directement à partir de l'eau sans passer par des hydrocarbures sont nécessaires. L'énergie nucléaire pourrait ainsi se révéler être une source « durable » majeure d'hydrogène. Plusieurs pays et diverses agences internationales, dont l'AEN, étudient les moyens d'utiliser l'énergie nucléaire pour produire de l'hydrogène. Parmi les autres applications de l'énergie nucléaire qui sont susceptibles de se développer on retiendra le dessalement de l'eau de mer et la production d'eau chaude et de vapeur pour les procédés industriels et le chauffage des locaux. Les isotopes radioactifs sont très largement employés en médecine, dans l'industrie, l'agriculture, l'agroalimentaire et la recherche. Jusqu'à présent ils étaient un sous-produit de la recherche, mais l'on commence à construire plusieurs réacteurs dédiés à la production d'isotopes.

L'énergie nucléaire se trouve à la croisée des chemins. Pour les décideurs, il s'agit de trouver des moyens de répondre à la demande d'énergie mondiale qui ne cesse de croître en préservant le plus possible l'environnement. Ce faisant, il leur faut tenir compte de l'attitude du public, des coûts et de la compétitivité des diverses sources d'énergie et des objectifs des politiques publiques, la sécurité d'approvisionnement et la non-prolifération notamment. La façon dont ils parviendront à concilier des facteurs parfois contradictoires déterminera finalement la place qui sera réservée à l'énergie nucléaire dans le monde. ■

Pour plus d'informations

Pour plus d'informations sur cette Synthèse, veuillez prendre contact avec Karen Daifuku, Chef des relations extérieures et des relations publiques, Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire :

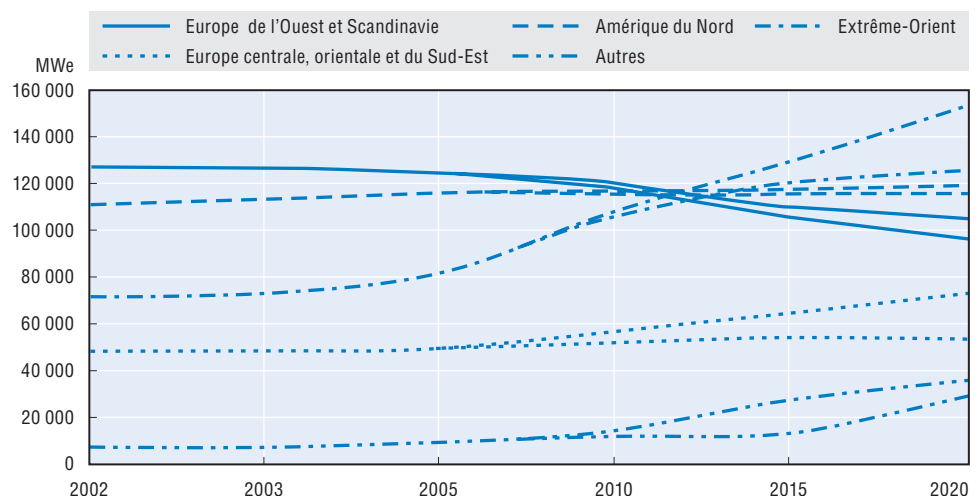
Tél. : +33 1 45 24 10 10

Fax : +33 1 45 24 11 10

e-mail : daifuku@nea.fr

Figure 3 :

PROJECTIONS DE LA PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE JUSQU'EN 2020 (PROJECTIONS HAUTES ET BASSES)



Source : OCDE/AEN (2004), Uranium 2003 : Ressources, production et demande.

Références

Coûts prévisionnels de production de l'électricité : Mise à jour 2005,
ISBN 92-64-00828-4, 70 €, 250 p.

Gouvernement et énergie nucléaire (2004), ISBN 92-64-01539-6, 21 €, 107 p.

Données sur l'énergie nucléaire (2004), ISBN 92-64-01632-5, 21 €, 102 p.

L'énergie nucléaire aujourd'hui (2003), ISBN 92-64-10329-5, 21 €, 120 p.

Les publications de l'OCDE sont en vente sur notre librairie en ligne :
www.oecd.org/bookshop

Les publications et les bases de données statistiques de l'OCDE sont aussi disponibles
sur notre bibliothèque en ligne : www.SourceOCDE.org

Où nous contacter ?

SIÈGE DE L'OCDE DE PARIS

2, rue André-Pascal
75775 PARIS Cedex 16
Tél. : (33) 01 45 24 81 67
Fax : (33) 01 45 24 19 50
E-mail : sales@oecd.org
Internet : www.oecd.org

ALLEMAGNE

Centre de l'OCDE de Berlin
Schumannstrasse 10
D-10117 BERLIN
Tél. : (49-30) 288 8353
Fax : (49-30) 288 83545
E-mail :
berlin.contact@oecd.org
Internet : [www.oecd.org/
deutschland](http://www.oecd.org/deutschland)

ÉTATS-UNIS

**Centre de l'OCDE
de Washington**
2001 L Street N.W., Suite 650
WASHINGTON DC 20036-4922
Tél. : (1-202) 785 6323
Fax : (1-202) 785 0350
E-mail : [washington.
contact@oecd.org](mailto:washington.
contact@oecd.org)
Internet : www.oecdwash.org
Toll free : (1-800) 456 6323

JAPON

Centre de l'OCDE de Tokyo
Nippon Press Center Bldg
2-2-1 Uchisaiwaicho,
Chiyoda-ku
TOKYO 100-0011
Tél. : (81-3) 5532 0021
Fax : (81-3) 5532 0035
E-mail : center@oecdtokyo.org
Internet : www.oecdtokyo.org

MEXIQUE

Centre de l'OCDE du Mexique
Av. Presidente Mazaryk 526
Colonia: Polanco
C.P. 11560 MEXICO, D.F.
Tél. : (00 52 55) 9138 6233
Fax : (00 52 55) 5280 0480
E-mail :
mexico.contact@oecd.org
Internet : www.rtn.net.mx/ocde

Les Synthèses de l'OCDE sont préparées par la Division des relations publiques de la Direction des relations publiques
et de la communication. Elles sont publiées sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.