



COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2001)11

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'OCDE
ET
AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

**PROJETS DE FORESTRIE : PERMANENCE,
COMPTABILISATION DES CRÉDITS
ET DURÉE DE VIE**

DOCUMENT D'INFORMATION



AVANT-PROPOS

Cette étude a été préparée en octobre 2001 par le Secrétariat de l'OCDE à la demande du Groupe d'experts des pays visés à l'annexe I de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le Groupe d'experts supervise l'élaboration de documents d'analyse devant contribuer utilement dans les délais voulus aux négociations visant le changement climatique. Ces documents peuvent aussi présenter un intérêt pour les responsables de l'action gouvernementale et autres décideurs à l'échelle nationale. Les auteurs travaillent en concertation avec le Groupe d'experts des pays visés à l'annexe I. Toutefois, les documents ne traduisent pas nécessairement les points de vue de l'OCDE ou de l'AIE ; ils ne préjugent pas davantage des prises de position des pays prenant part au Groupe d'experts. Il s'agit de documents d'information du Secrétariat qui s'adressent aux pays Membres et à l'ensemble des personnes intéressées par la CCNUCC.

Les Parties ou pays évoqués ici sont ceux qui sont visés à l'annexe I de la CCNUCC (compte tenu des modifications apportées lors de la 3^{ème} Conférence des Parties en décembre 1997) : Allemagne, Australie, Autriche, Bélarus, Belgique, Bulgarie, Canada, Communauté européenne, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Etats-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Japon, Lettonie, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Monaco, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie et Ukraine. Les « pays » ou « gouvernements » renvoient également, le cas échéant, à des « organisations régionales d'intégration économique ».

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été préparé par Jane Ellis (OCDE). L'auteur remercie Cyril Loisel, Tom Jones, Jan Corfee Morlot, Jonathan Pershing, Gérard Bonnis, Jackie Jones, Ben DeAngelo et Maria Netto pour leurs suggestions et commentaires.

Les questions et commentaires sont à envoyer à :

Jane Ellis
OECD
2 rue André Pascal
75775 Paris Cedex 16
France
Email: jane.ellis@oecd.org
Fax: + 33 1 45 24 78 76

Les documents de l'OCDE et l'AIE à l'intention du Groupe d'experts peuvent être téléchargés à partir du site suivant : <http://www.oecd.org/env/cc> .

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ DE SYNTHÈSE	5
1. INTRODUCTION	9
1.1 DYNAMIQUE DES STOCKS DE CARBONE FORESTIERS.....	9
2. RISQUES PHYSIQUES POSÉS À LA SÉQUESTRATION DU CARBONE	12
2.1 RISQUES NATURELS	12
2.2 INCENDIES	13
2.3 RISQUES LIÉS À L'HOMME.....	14
3. STRATÉGIES DE GESTION DES RISQUES.....	15
3.1 RÉDUCTION DES RISQUES PHYSIQUES D'UNE RÉDUCTION DU STOCK DE CARBONE	15
3.2 GESTION DES RISQUES ÉCONOMIQUES D'UNE RÉDUCTION DU STOCK DE CARBONE	17
3.3 GESTION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX D'UNE RÉDUCTION DU STOCK DE CARBONE	18
4. RÉGIMES DE COMPTABILISATION DES CRÉDITS ET PÉRIODE DES PROJETS	19
4.1 CRÉDITS « PERMANENTS » SUR LA BASE DES VARIATIONS DU STOCK.....	19
4.1.1 <i>Systèmes d'allocation de crédits basés uniquement sur les variations du stock de carbone</i>	<i>19</i>
<i>Systèmes d'allocation de crédits basée sur le stock de carbone mais tenant également compte du risque.....</i>	<i>21</i>
4.2 CRÉDITS « PERMANENTS » BASÉS SUR UNE COMPTABILISATION EN TONNES/ANNÉES.....	23
4.3 CRÉDITS D'ÉMISSION « TEMPORAIRES ».....	25
4.3.1 <i>Crédits temporaires et non renouvelables</i>	<i>25</i>
4.3.2 <i>Allocation de crédits temporaires renouvelables.....</i>	<i>26</i>
5. INCIDENCE DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ACTUALISATION/ALLOCATION DE CRÉDITS SUR LA VALEUR D'UN PROJET	28
6. CONCLUSION	31
7. RÉFÉRENCES	34
8. GLOSSAIRE.....	37

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 - INCIDENCES ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ALLOCATION DE CRÉDITS SUR UN PROJET DE BOISEMENT OU REBOISEMENT RELEVANT DU MDP ET PORTANT SUR DES ESSENCES À CROISSANCE LENTE.....	7
TABLEAU 2 - VARIATION ATTENDUE (EN POURCENTAGE) DES STOCKS DE CARBONE SUR UNE PÉRIODE DE 20 ANS DANS UNE ZONE SPÉCIFIQUE.....	14
TABLEAU 3 - CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ALLOCATION DES CRÉDITS POUR UN PROJET MDP DE BOISEMENT/REBOISEMENT PORTANT SUR DES ESSENCES À CROISSANCE LENTE	33

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 - STOCKS DE CARBONE DANS UNE FORÊT DE CHÊNES DE 150 HECTARES DANS LE SUD DE L'ÉCOSSE.....	10
FIGURE 2 - STOCKS DE CARBONE DANS DES PLANTATIONS, DES FORÊTS GÉRÉES ET DES FORÊTS NON GÉRÉES.....	11
FIGURE 3 - SYSTÈME D'ALLOCATION DE CRÉDITS BASÉE SUR LES VARIATIONS RÉELLES DU STOCK.....	20
FIGURE 4 - SYSTÈMES D'ALLOCATION DE CRÉDITS SIMPLIFIÉE ET EN FONCTION DE LA MOYENNE	21
FIGURE 5 - ALLOCATION DIFFÉRÉE DE LA TOTALITÉ DES CRÉDITS ET ALLOCATION BASÉE SUR LES VARIATIONS DU STOCK ASSORTIE D'UN VOLANT RÉGULATEUR.....	22
FIGURE 6 - ALLOCATION SIMPLIFIÉE ET PRUDENTE DES CRÉDITS	23
FIGURE 7 - ALLOCATION DES CRÉDITS SUR LA BASES DES TONNES/ANNÉES	25
FIGURE 8 - CRÉDITS D'ÉMISSION TEMPORAIRES NON RENOUVELABLES	26
FIGURE 9 - ALLOCATION DE CRÉDITS TEMPORAIRES RENOUVELABLES (SI LE CARBONE EST SÉQUESTRÉ DE MANIÈRE PERMANENTE).....	27
FIGURE 10 - ALLOCATION DE CRÉDITS TEMPORAIRES RENOUVELABLES (SI UNE PART DE LA SÉQUESTRATION N'EST PAS PERMANENTE).....	27
FIGURE 11 - INCIDENCE DES RÉSERVOIRS DE CARBONE, ET DE LA VARIATION DES SYSTÈMES D'ALLOCATION DE CRÉDITS ET DES TAUX D'ACTUALISATION SUR LA VALEUR DES CRÉDITS GÉNÉRÉS PAR UN PROJET DE BOISEMENT (SUR LA BASE D'UN PRIX DE 5 USD/TONNE DE CO ₂ SUR LA TOUTE LA PÉRIODE D'ALLOCATION DES CRÉDITS DU PROJET) .	29

Résumé de synthèse

Les activités de boisement ou reboisement séquestrent le carbone atmosphérique et, à ce titre, compensent l'impact sur l'environnement des émissions de gaz à effet de serre (GES). Potentiellement, les projets de foresterie relevant de l'Application conjointe (AC) et du Mécanisme pour un développement propre (MDP) du Protocole de Kyoto, constituent une option permettant de séquestrer d'importantes quantités de carbone à pour coût relativement modeste¹.

La fixation et la réémission du carbone par les zones boisées sont des phases naturelles du cycle du carbone. Néanmoins, il existe un risque que la fixation nette de carbone par un projet de foresterie relevant de l'AC/MDP soit réduite à un moment ou un autre par des réémissions massives dans l'atmosphère, par exemple en raison d'un incendie ou d'une attaque de ravageurs. Dans cette étude, ce phénomène de réduction des stocks de carbone est ce qu'on appelle la question de la « permanence ». Il faut souligner que la réémission du carbone stocké dans un projet de boisement ou reboisement relevant du MDP peut avoir pour effet d'inverser les avantages produits du point de vue du climat, voire d'accroître les émissions mondiales.

La présente étude examine les différents systèmes d'allocation de crédits envisageable pour délivrer des crédits d'émission aux projets de foresterie. Le choix d'un système donné a une incidence sur la période d'allocation des crédits d'un projet, ainsi que sur les incitations en faveur d'une séquestration à long terme. Par conséquent, la phase d'élaboration de ces systèmes est l'occasion d'agir pour gérer les conséquences environnementales et économiques qui surviennent lorsqu'un projet rejette prématurément du carbone. Les décisions concernant l'allocation des crédits doivent être prises à un niveau international. Parallèlement, cette étude identifie les différents risques physiques de réduction du stock de carbone, ainsi que les différentes options permettant aux participants d'un projet de gérer ces risques et les problèmes économiques qui peuvent en résulter. Cette étude porte uniquement sur le CO₂, mais les projets de foresterie et la réduction du stock de carbone ont, dans une certaine mesure, un impact sur les émissions d'autres gaz.

Les risques d'une réduction non prévue du carbone ne sont pas négligeables, loin de là, en particulier pour certains types de projets, tels que les plantations monospécifiques, et certains emplacements, tels que les zones où le risque d'empiètement est élevé. Une réduction des stocks de carbone, provoquée par des causes naturelles ou par l'homme lui-même, peut avoir de graves conséquences. Au pire, elle peut complètement inverser l'effet d'atténuation des GES d'un projet. Cela dit, certains des risques physiques qui menacent la séquestration de carbone, peuvent très bien être gérés ou minimisés. Évaluer l'importance des différents risques et planifier les projets en conséquences sont des étapes importantes de la gestion et l'atténuation des risques.

L'allocation aux investisseurs des crédits générés par un projet de boisement ou reboisement relevant du MDP peut être conduite de différentes manières². La méthode et la période d'allocation des crédits, ainsi que les obligations qui s'y rattachent sont autant de critères économiques qui peuvent inciter les investisseurs à maintenir un projet. Pour élaborer un système d'allocation des crédits qui favorise la

¹ Les projets de foresterie peuvent avoir d'autres effets sur l'environnement (non liés aux GES) : réduction de l'érosion du sol ou augmentation de la production de bois d'œuvre et de denrées alimentaires. Toutefois, la présente étude s'intéresse uniquement à l'impact des projets de boisement ou reboisement sur les GES (et en particulier le carbone).

² Les systèmes d'allocation des crédits générés par des projets énergétiques ou industriels sont moins nombreux dans la mesure où les réductions d'émissions permises par ces projet sont permanentes, mais aussi parce qu'une surveillance peut être menée chaque année (ce qui n'est pas le cas avec les projets de foresterie).

séquestration à long terme des projets, ou réduise l'impact sur l'environnement d'une réduction du stock de carbone, les options suivantes doivent être considérées :

- Emission de crédits « permanents », la plupart des crédits étant toutefois émis vers la fin de la période d'allocation.
- Emission de crédits « temporaires » (par exemple, comme dans la « proposition colombienne ».
- Emission de crédits traduisant les avantages environnementaux d'une séquestration temporaire (c'est-à-dire sur la base d'une comptabilisation en tonnes-années).

La plupart des systèmes d'allocation examinés allouent des crédits d'émission permanents aux projets de foresterie. Ces crédits permanents restent valables indéfiniment, c'est-à-dire qu'ils peuvent être utilisés même dans l'hypothèse d'une réduction du stock de carbone. Il existe plusieurs méthodes d'allocations de crédits permanents. Par exemple, tous les crédits peuvent être alloués en fonction des variations réelles du stock, ou en fonction de la séquestration moyenne ou simplifiée au cours d'une période donnée. Une autre possibilité consiste à retenir tout ou partie des crédits (dans le cadre d'un système d'allocation différée ou assortie d'un volant régulateur) aussi longtemps que la séquestration doit être maintenue. Enfin, on peut aussi mettre en place un système d'allocation par « tonnes-années » qui alloue de petits crédits aux activités de séquestration à court terme, de façon à traduire l'avantage pour l'environnement qu'il y a à retarder la hausse des émissions de GES (plutôt que de les réduire).

Ce rapport s'intéresse également à deux systèmes qui allouent des crédits temporaires à la séquestration de carbone au niveau d'un projet, conformément à la « proposition colombienne ». Dans le premier, les crédits sont « remboursés » à l'issue d'une période donnée, que la séquestration qui a généré ces crédits ait été maintenue ou non. Dans le second, l'« allocation de crédits temporaires renouvelables », les crédits restent valables (et utilisables aux fins de respect des obligations) aussi longtemps que la séquestration est maintenue. En revanche, en cas d'inversion de la séquestration, les crédits cessent d'être valables.

Il faudrait sans doute que la période d'allocation des crédits générés par des projets de boisement ou reboisement soit plus longue – voire nettement plus longue – que celle applicable aux projets dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie. Cela tient au fait que les avantages des projets de foresterie se manifestent sur des périodes bien plus longues que ceux des projets énergétiques ou industriels. De plus, ces périodes d'allocation plus longues sont sans doute également nécessaires pour garantir que leurs avantages, qui peuvent s'inverser, s'inscrivent bel et bien dans le long terme.

On pourrait tout à fait établir des périodes d'allocation de crédits sur la base de critères objectifs, comme par exemple des périodes correspondant exactement à la durée réelle de la séquestration du carbone dans les projets. Toutefois, avec certains systèmes, il faut procéder à des choix subjectifs. C'est le cas de ceux qui imposent que la séquestration du carbone dure X années avant toute allocation des crédits. Or, le recours à des critères subjectifs pour fixer la durée à l'issue de laquelle un projet génère des crédits peut entraîner de grandes disparités entre les périodes d'allocation (par exemple, plus de 100 ans dans le cas de l'exemple utilisé dans cette étude).

Le choix du système d'allocation des crédits et de la période d'allocation que l'on y associe a des répercussions sur l'intérêt économique des projets de boisement ou reboisement aux yeux des investisseurs. Avec l'exemple proposé dans cette étude, les différents systèmes d'allocation parviennent à des valeurs actuelles nettes des crédits qui varient selon un facteur de 30 (sur la base d'un prix du carbone et d'un taux d'actualisation comparables). Si ces différences sont moindres pour les projets basés sur des essences à croissance rapide, les écarts entre les valeurs des crédits générés par un projet restent importants. Cela dit, malgré les variations de la valeur actuelle nette des crédits (les flux de revenus), les

projets du type de celui examiné dans cette étude restent une option d'atténuation économiquement intéressante, même avec le système d'allocation le plus prudent.

Le Protocole de Kyoto et les Accords de Bonn fixent certains critères indispensables pour qu'un projet relevant du MDP génère des réductions d'émissions certifiées (REC). L'un d'eux est que ces projets doivent produire des avantages « réels, mesurables et à long terme ». Or, la plupart des systèmes examinés ici ne peuvent garantir cet objectif dans l'éventualité d'une réduction du stock de carbone (Tableaux 1 et 3). Par exemple, les crédits alloués avec le système basé sur les variations réelles du stock traduisent bien des avantages mesurables, mais comme ils ne sont assortis d'aucune obligation, ces avantages ne sont pas à long terme si la séquestration du carbone est inversée. Avec un système basé sur le stockage moyen, les crédits alloués ne représentent les réductions « réelles » dans aucune année donnée, mais ils correspondent à ces réductions sur l'ensemble de la période d'allocation si toutefois la séquestration est permanente. Enfin, si la mise en place d'un système basé sur les tonnes-années garantit des avantages à long terme, les crédits générés ne correspondent à aucun avantage mesurable au cours d'une année donnée, compte tenu des postulats hypothétiques nécessaires pour les calculer.

Les Accords de Bonn stipule que l'inversion de toute activité de séquestration doit pouvoir être a) comptabilisée et b) « au moment approprié ». Or, faute d'une obligation spécifique associée aux crédits générés par un projet de foresterie, seuls les systèmes allouant des crédits temporaires à court terme peuvent répondre à ce critère. En effet, par définition, les crédits permanents ne peuvent pas être rappelés ou annulés en cas de réduction du stock de carbone.

Tableau 1 – Incidences économiques et environnementales de différents systèmes d'allocation de crédits sur un projet de boisement ou reboisement relevant du MDP et portant sur des essences à croissance lente

Système d'allocation	Les crédits alloués sont-ils			Comptabilisation des réductions du stock de carbone ?*	Intérêt économique relatif pour les investisseurs**
	Réels	Mesurables	A long terme		
Variations réelles du stock	++	++	--	Non	++
Moyenne simplifiée***	ou Variable : de – à + (selon la période d'allocation retenue)	Variable : - ou +	Variable : de – à +	Non	De +++ à ++
Allocation différée	++	++	++	Partielle	--
Allocation avec volant régulateur	++	+	++	Partielle	+
Tonnes-années	+	--	++	Oui	--
Crédits temporaires non renouvelables	+	+	-	Oui	+
Crédits temporaires renouvelables	++	++	+	Oui	Variable

* En partant du principe que les crédits ne sont assortis d'aucune obligation.

** Calculé sur la base d'un taux d'actualisation de 5 pour cent et pour un prix du carbone constant sur toute la période d'allocation des crédits. L'intérêt économique absolu et relatif des différentes options varie selon le taux d'actualisation retenu. Si le prix du carbone augmente (mais à un rythme inférieur au taux d'actualisation de 5 pour cent), les écarts se réduisent entre les différents systèmes.

*** Les crédits alloués via le système d'allocation moyenne représentent les avantages réels uniquement sur la période d'allocation et si la séquestration est permanente.

Les trois systèmes d'allocation qui à la fois favorisent et traduisent le plus les avantages réels, mesurables et à long terme des projets sont « l'allocation différée de la totalité des crédits », « l'allocation assortie d'un volant régulateur » et « l'allocation de crédits temporaires renouvelables ». Toutefois, l'allocation différée de la totalité des crédits n'est pas intéressante, tant du point de vue économique que de celui de la conformité, puisque les crédits ne sont alloués que très loin dans l'avenir. Le système de l'allocation assortie d'un volant régulateur encourage la séquestration à long terme et se révèle plus intéressant sur le plan économique que d'autres options d'allocation. Toutefois, ce système présente un risque, faible mais non négligeable, que de crédits permanents soient alloués pour des activités de séquestration qui sont ensuite inversées.

L'allocation de crédits temporaires mais renouvelables, en contrepartie des avantages produits par les projets de foresterie au regard des GES, peut déboucher sur des crédits qui traduisent à la fois les avantages réels et mesurables. Cette méthode limite également les conséquences pour l'environnement d'une réduction des stocks de carbone. L'intérêt économique d'un tel projet peut varier en fonction des prix relatifs des crédits d'émission temporaires et permanents. Cela dit, un projet susceptible de produire une séquestration à long terme débouche sur un prix supérieur à celui d'un projet dans lequel aucune stratégie de gestion des risques n'a été élaborée ou mise en oeuvre. Par conséquent, permettre le renouvellement des crédits si la séquestration est maintenue peut aussi favoriser la séquestration à long terme.

1. Introduction

Potentiellement, les opérations de boisement et reboisement peuvent permettre de fixer de grandes quantités de carbone à des coûts relativement faibles. Selon les Accords de Bonn (FCCC 2001), les projets liés aux forêts sont des activités qui entrent dans le cadre de l'application conjointe (AC) et du mécanisme pour un développement propre (MDP) du Protocole de Kyoto³. Toutefois, le niveau des crédits liés aux activités de foresterie relevant du MDP est plafonné. Outre qu'ils peuvent atténuer les émissions de GES, les projets de foresterie peuvent produire d'autres effets positifs sur l'environnement, tels qu'un recul de l'érosion des sols.

A l'instar des projets d'atténuation menés dans d'autres secteurs, les projets de foresterie comportent une part inhérente de risque. Toutefois, il existe un risque spécifiquement associé aux projets de foresterie pour l'atténuation des GES, celui de leur réversibilité, c'est-à-dire la réémission prématurée du carbone stockée dans la biomasse. C'est ce que l'on appelle la question de la « non-permanence ». Par conséquent, on envisage actuellement diverses options – dont beaucoup ont été proposées lors des négociations de la CCNUCC mais aussi en dehors – qui permettraient de compenser ou limiter ces risques, notamment :

- des options visant à gérer les conséquences économiques de la réversibilité potentielle de la séquestration du carbone ;
- des options portant sur les régimes de comptabilisation (telles qu'une méthode prenant en compte le risque de « durée de vie » variable des projets) ; et
- des options envisageant différents types de régimes de crédits d'émission.

L'impact environnemental de la réduction du stock de carbone varie selon que celle-ci intervienne à l'intérieur d'un pays dont les émissions sont plafonnées (c'est le cas par exemple des actions nationales ou des projets relevant de l'AC) ou pas (c'est le cas par exemple des projets relevant du MDP). Du point de vue de la comptabilisation du carbone, la séquestration non permanente dans un pays ayant un plafond d'émissions ne produit pas nécessairement un désavantage environnemental, si l'on part du principe que le carbone piégé est réémis sous forme de CO₂ et que la réduction du stock de carbone associée à un projet de foresterie est compensée par des réductions d'émissions ailleurs. En revanche, pour les projets menés dans des pays relevant du MDP, une réduction du stock de carbone peut très bien entraîner un dommage environnemental important puisque les réémissions ne sont pas forcément compensées ailleurs. En termes de réchauffement instantané, les conséquences sont encore pires s'il s'agit de dégagements de méthane (CH₄) et non pas de CO₂.

Cette étude examine ces différentes questions, et détermine s'il y a lieu d'en tenir compte dans les règles établissant le fonctionnement des projets de foresterie pour l'atténuation des GES, et si oui de quelle manière. A cette fin, cette étude s'appuie sur l'exemple d'un projet de boisement.

1.1 Dynamique des stocks de carbone forestiers

Au fur et à mesure de leur croissance, les forêts accumulent, par le biais de la photosynthèse, du carbone présent dans l'atmosphère. Cette forme de séquestration du carbone suit une courbe en S (Figure 1). Le carbone est contenu dans plusieurs « réservoirs » : la biomasse aérienne (arbres, déchets et débris ligneux

³ Les activités de foresterie admises au bénéfice du MDP sont limitées, au cours de la première période d'engagement, aux projets de boisement et reboisement.

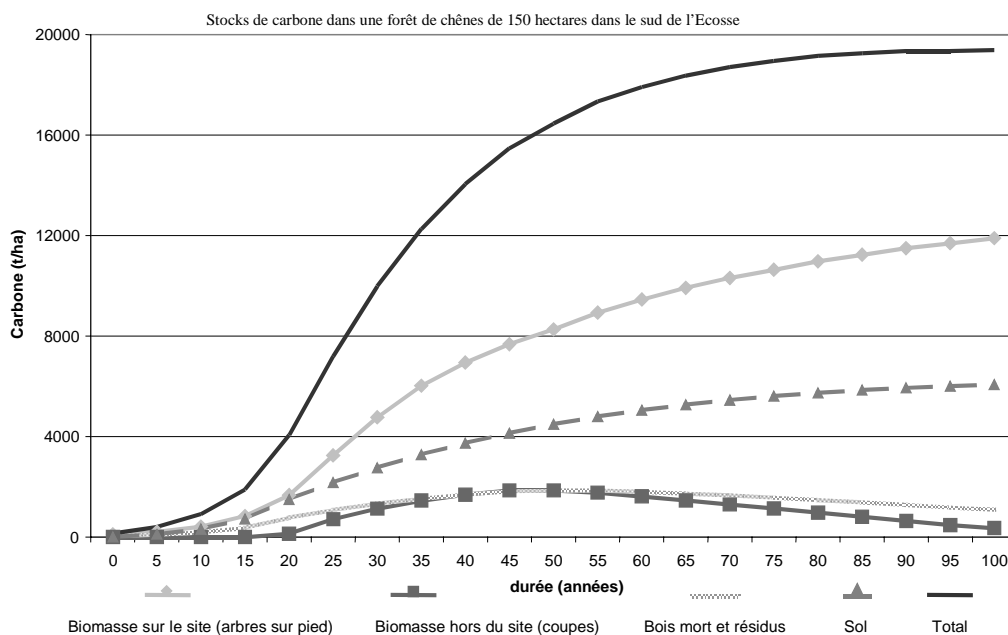
jonchant le sol des forêts), et la biomasse souterraine (racines et carbone dans le sol) et les matériaux récoltés. Parallèlement, les sols et la végétation dégagent aussi du CO₂ par le processus de la respiration.

Dans les premières années après plantation, l'accumulation du carbone est lente, voire négative, ce qui s'explique par la perturbation du sol liée à la plantation. Vient ensuite une période de croissance rapide des arbres et de séquestration du carbone. A l'approche de la maturité des arbres, le rapport croissance/séquestration fléchit, et le taux de séquestration net devient parfois nul à la pleine maturité.

Il faut entre 25 et 150 ans pour qu'une forêt parvienne à l'âge d'exploitabilité, selon la région climatique et les essences plantées (Face 2001). Il en découle que si les plantations d'essences à croissance rapide – en particulier les pins tropicaux, les feuillus et les eucalyptus – peuvent stocker d'importantes quantités de carbone au cours des 20 premières années d'un projet, ce n'est en revanche pas le cas de nombreuses autres activités de séquestration fondées sur des projets.

L'importance des différents réservoirs de carbone varie grandement selon les types de forêts (GIEC 2000). Par conséquent, la part relative de carbone fixée au-dessus et en dessous du sol peut être très différente selon les types de forêts (l'importance des stocks de carbone dans le sol étant bien supérieure dans les forêts boréales que dans les forêts tropicales).

Figure 1 – **Stocks de carbone dans une forêt de chênes de 150 hectares dans le sud de l'Ecosse**



Source : Tipper *et. al.* 2001

La quantité totale de carbone stockée par une forêt d'une superficie donnée varie en fonction des critères suivants :

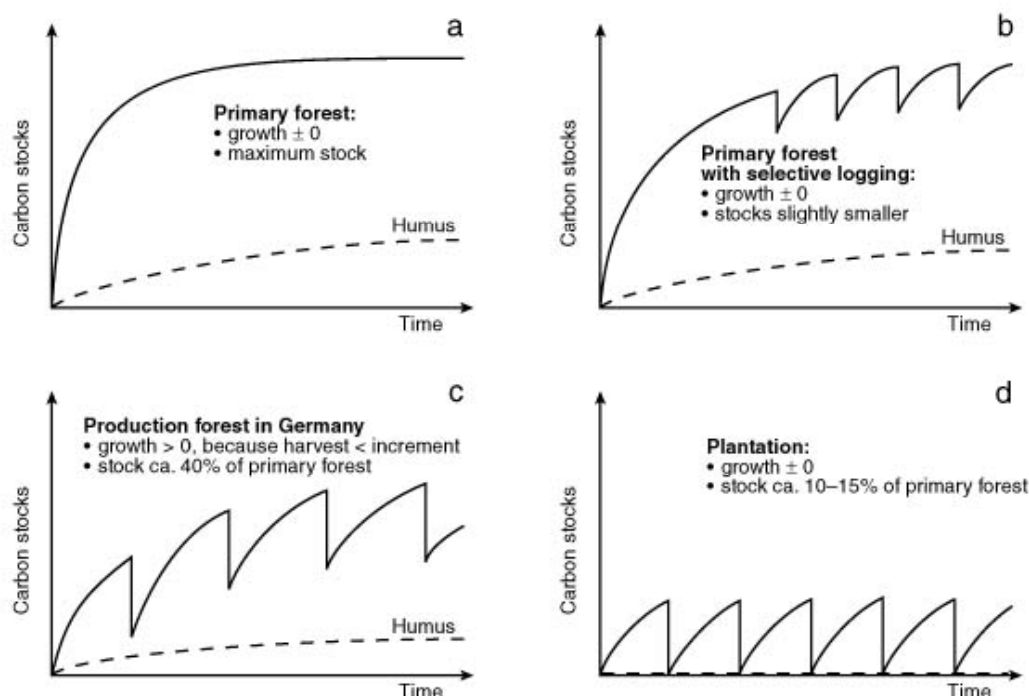
- les essences plantées ;
- les conditions climatiques (par exemple, la température et les précipitations) ;
- les conditions propres au site (vent, nuisibles, déclivité, etc.) ;

- et la gestion du site (éclaircies, durée des rotations, abattage, débroussaillage).

La Figure 2 présente l'impact des différents régimes de gestion des sites sur les quantités de carbone stockées.

Outre leur incidence sur le carbone stocké dans une forêt, les régimes de gestion (le drainage par exemple) peuvent aussi peser sur les émissions d'autres gaz (CH_4 et N_2O) dans certains écosystèmes forestiers. Le cas échéant, ces gaz méritent d'être également pris en compte dans l'évaluation des avantages environnementaux d'un projet. Néanmoins, la présente étude se concentre sur l'absorption et les réémissions potentielles de CO_2 , le gaz responsable de la majorité des incidences des GES dans la plupart des projets de boisement ou reboisement.

Figure 2 - **Stocks de carbone dans des plantations, des forêts gérées et des forêts non gérées**



a - Stocks de carbone – Forêt primaire. Croissance ± 0 . Stock maximal. Humus. Durée.

b - Stocks de carbone – Forêt primaire avec abattage sélectif. Croissance ± 0 . Stock légèrement inférieur. Humus. Durée.

c - Stocks de carbone – Forêt de production en Allemagne. Croissance > 0 car récolte $<$ incrément. Stock environ 40 % de la forêt primaire. Humus. Durée.

d - Stocks de carbone – Plantation. Croissance ± 0 . Stock environ 10-15 % de la forêt primaire. Durée.

Source : *WBGU 1998*

2. Risques physiques posés à la séquestration du carbone

L'émission d'une tonne de carbone sous forme de CO₂ affecte la concentration atmosphérique de CO₂ tout le temps où ce CO₂ reste dans l'atmosphère. Par conséquent, alors que les émissions sont comptabilisées pour une année donnée, leur incidence sur l'environnement va au-delà. Selon les règles de comptabilisation fixées dans le Protocole de Kyoto, l'incidence dans l'atmosphère de l'émission d'une tonne de CO₂ au cours d'une année X peut être compensée pour cette même année par la séquestration d'une tonne de CO₂ au cours de la période. Or, l'effet de cette « compensation » sur les concentrations atmosphériques de GES dure uniquement le temps pendant lequel le carbone est effectivement séquestré.

Par conséquent, la question de la « permanence » est primordiale au regard de tout projet lié à la foresterie. En effet, à tout moment, il peut arriver que la forêt brûle, soit abattue ou détruite par des ravageurs – auquel cas le carbone stocké est réémis (à cet égard, voir la Figure 2 qui illustre les variations du stock de carbone en fonction des régimes d'exploitation).

Les activités humaines comme celles de la nature peuvent entraîner la disparition de forêts. Par exemple, au cours des années 1990, près de 16 million d'hectares de la région amazonienne du Brésil ont été déboisés, et les incendies ont touché une superficie de forêt boréale au moins deux fois supérieure (Lecocq et Chomitz, 2001). Au cours de la seule année 1999, de grandes tempêtes ont abattu en trois jours quelque 193 millions de mètres cubes de bois en Europe, soit l'équivalent de plus de deux années de coupes (CEE/FAO 2000).

L'importance relative des différents types de risques posés à la séquestration et au stockage du carbone dans les forêts varie selon la localisation géographique des projets. Parfois, elle varie aussi en fonction des différentes sous-catégories de projets de boisement et reboisement⁴. La présente section examine les différents risques physiques posés à la séquestration du carbone.

2.1 Risques naturels

Dans la liste des événements naturels susceptibles d'inverser en tout ou en partie la séquestration du carbone d'une forêt adulte ou en phase de croissance, on trouve les incendies, les attaques fongiques ou de ravageurs, les inondations, les sécheresses, les tempêtes, les éruptions volcaniques, les tremblements de terre et les glissements de terrain⁵. Au regard du carbone fixé dans une forêt, la gravité de ces différents événements est variable (autrement dit, la part réémise de carbone fixé varie selon les cas). Pour certains d'entre eux, tels que les tempêtes, les risques de survenue sont plus difficiles à évaluer que pour d'autres, tels que les attaques de ravageurs. Par conséquent, les actions de protection (ou d'évitement) sont plus faciles à mettre en œuvre pour certains risques que pour d'autres.

L'analyse de certains projets de foresterie pour l'atténuation des GES a permis de quantifier certains de ces risques (SGS 2000a, b et c, Sumitomo 2001). Comme on pouvait s'y attendre, on note d'importantes variations de l'importance absolue et relative des différents types de risques dans les différents projets et zones considérés (SGS 2000a, b et c, Sumitomo 2001).

⁴ Par exemple, une plantation monospécifique est plus susceptible de subir des attaques de ravageurs qu'un projet d'agroforesterie.

⁵ Les dégâts causés aux jeunes arbres par le pacage des animaux d'élevage peuvent également poser un problème dans les premières années d'un projet, mais celui-ci est normalement pris en compte dans les activités de surveillance.

Les insectes et les maladies font partie intégrante de l'écosystème des forêts. Toutefois, au regard du potentiel de séquestration du carbone offert par les arbres, la gravité des dégâts causés par les ravageurs ou les attaques fongiques peut varier : de la mort des arbres à la perte de leur potentiel de reproduction/régénération, en passant par des malformations et une résistance moindre aux autres agressions telles que la sécheresse.

Les catastrophes naturelles, telles que les inondations, les sécheresses ou les tempêtes, peuvent toutes entraîner une inversion de la séquestration du carbone, même si les effets spécifiques de chaque type de catastrophes sont différents (tant du point de vue de l'ampleur de l'impact sur les arbres sur pied que de celui des types de GES émis et de leur rythme). Par exemple, les arbres tués par la sécheresse peuvent très bien rester sur pied, au moins à court et moyen terme, ceux abattus par une tempête peuvent se décomposer ou être utilisés comme bois de chauffage ou produits ligneux, et les forêts touchées par des inondations peuvent voir croître leurs émissions de méthane, à cause d'une décomposition anaérobie plus importante. Dans le cas d'inondations, le CO₂ absorbé dans l'atmosphère par un projet est réémis sous forme de CH₄, si bien que l'effet environnemental net de ce projet est négatif puisque le CH₄ est un GES plus actif que le CO₂.

Parallèlement, le réchauffement climatique peut avoir une incidence sur les probabilités que surviennent certains risques naturels tels que les inondations et les sécheresses. En outre, ce phénomène peut également influencer sur le dépérissement des forêts (Hogg *et al.* 2000) ou « l'effet de pollinisation ». Ces risques indirects liés aux activités humaines ne sont pas examinés dans cette étude.

2.2 Incendies

Les incendies peuvent être provoqués par l'homme (volontairement ou par négligence) ou par des causes naturelles (foudre ou éruption volcanique, par exemple). Ils peuvent survenir à n'importe quel stade au cours du développement d'une forêt, mais les dommages qui en résultent (sur le plan de la séquestration du carbone) augmentent généralement avec l'âge des arbres.

Dans certains écosystèmes, les incendies sont des phénomènes naturels nécessaires à la mise en forme des paysages et/ou au déclenchement de la régénération de certains types de végétation, par exemple dans les forêts boréales des régions nordiques ou dans les forêts tropicales de mousson. Mais ils peuvent aussi constituer une force destructive d'origine non naturelle, comme c'est le cas par exemple dans les forêts équatoriales pluviales (IFFN 2000). Dans ces dernières, l'humidité est généralement trop élevée pour que les feux irréprimés puissent se propager, mais des incendies peuvent néanmoins survenir dans des zones exploitées lors des périodes d'extrême sécheresse. Les feux d'origine non naturelle peuvent aussi avoir pour effet d'empêcher la régénération naturelle des forêts, dans la mesure où les zones incendiées sont parfois colonisées par des espèces envahissantes et très inflammables (ce qui ensuite facilite les départs de feux) (FAO 1999). Des incendies d'origine naturelle surviennent régulièrement dans les forêts tropicales d'Asie, souvent pendant le phénomène El Niño (ENSO - El Niño-Southern Oscillation).

Même s'il est difficile de réunir des informations sur les incendies de forêts, il apparaît néanmoins que l'homme est souvent la cause principale des feux dans les régions tropicales et sub-tropicales (Landsberg 1999, FAO 1999). Selon les données FAO/CEE (FAO/CEE 2000) sur les feux de forêts en Europe et dans les pays de l'ex-Union soviétique, plus de 606 083 hectares ont été touchés en 1997. Pour 331 301 hectares (55 pour cent), les causes sont connues, et dans 80 pour cent des cas (266 193 hectares) il s'agit d'incendies provoqués par l'homme.

2.3 Risques liés à l'homme

En plus des feux provoqués par l'homme, les risques que les activités humaines font directement peser sur les forêts sont notamment l'empiètement et le déboisement. Ces activités libèrent le carbone aérien (d'autant plus rapidement lorsque la zone est brûlée), mais aussi le carbone souterrain (même si cette libération s'étend sur une plus grande période).

Plusieurs causes sont à l'origine du déboisement : nécessité d'augmenter les surfaces agricoles pour la production alimentaire, utilisation du bois comme combustible, et mise en place d'infrastructures. Au sein d'une région donnée, le risque de déboisement varie selon l'emplacement du projet⁶. Par exemple, les forêts proches de paysans pratiquant une agriculture de subsistance et/ou de routes et de cours d'eau sont plus exposées à un risque de déboisement que celles qui en sont éloignées (Tableau 2).

Tableau 2: **Variation attendue (en pourcentage) des stocks de carbone sur une période de 20 ans dans une zone spécifique**

Emplacement du projet	Facteur prédisposant : éloignement par rapport à des terres cultivées		
	0-500 m	500-1 500 m	>1 500 m
Forêt contiguë à une petite exploitation pratiquant l'agriculture de subsistance	-50	-30	-10
Forêt contiguë à une petite exploitation commerciale	-45	-30	-10
Forêt contiguë à une exploitation de taille moyenne	-20	-10	0
Forêt contiguë à une grande exploitation	-10	0	0

Source : *Tipper et al. 2001*

Les questions de séquestration permanente, de déboisement et de fuites sont liées entre elles. Toutefois, la présente étude examine uniquement les questions liées à la permanence ou non de la séquestration sur un site donné⁷.

⁶ Le rythme du déboisement et des autres réaffectations du sol dépend de certains facteurs nationaux/régionaux, tels que la croissance démographique, le régime de propriété des forêts, la mise en place d'infrastructures, etc.

⁷ Il est sans doute préférable de prendre en compte la question des « fuites » liées au déboisement dans la phase de définition des limites et de la surveillance du projet.

3. Stratégies de gestion des risques

Qu'elle soit naturelle ou provoquée par l'homme, une réduction du stock de carbone produit toujours des effets identiques sur l'environnement, mais les options envisageables pour traiter l'inversion de la séquestration varient selon la source du risque⁸. Par ailleurs, selon les cas, ce n'est pas toujours la même personne qui est la mieux placée pour mettre en place une stratégie de gestion des risques. La présente section examine les différentes approches pour gérer ou réduire les risques physiques, environnementaux ou économiques de la séquestration non permanente, et recense les options que les personnes chargées d'un projet donné peuvent envisager pour faire face à ces risques.

Face au risque d'un niveau de crédits d'émissions inférieur à ce qui était escompté pour un projet donné, les investisseurs (entreprises ou gouvernementaux) peuvent recourir à deux grandes options. En l'occurrence, il s'agit de prendre des mesures visant à :

1. Réduire les probabilités que survienne une réduction du stock de carbone ; ou
2. Gérer le risque économique d'une réduction du stock de carbone, par exemple par le biais d'une assurance sur le projet, ou par une diversification des emplacements du projet.

Plusieurs méthodes permettent également de gérer les risques environnementaux liés à une réduction des stocks de carbone. Toutefois, il est sans doute souhaitable de mener ces actions à un niveau international pour garantir que l'ensemble des projets de même nature sont menés de manière cohérente et transparente.

3.1 Réduction des risques physiques d'une réduction du stock de carbone

La plupart des risques d'inversion de la séquestration du carbone assurée par un projet de foresterie peuvent être gérés. Dans ce contexte, le processus de gestion comporte plusieurs étapes :

1. identification du risque ;
2. identification des stratégies possibles de gestion et réduction du risque ;
3. mise en œuvre ;
4. surveillance de l'efficacité ; et
5. le cas échéant, révision des activités.

A l'évidence, l'efficacité d'un tel processus implique qu'il soit continu et itératif.

En matière de gestion et d'atténuation des risques, évaluer l'importance des différents facteurs de risque est une première étape importante. Bien sûr, les facteurs de risque sont différents selon les risques évalués (incendie, ravageurs, empiètement, etc.), mais aussi selon les essences, le climat et la localisation du projet. Évaluer l'importance de chacun d'eux peut se révéler une tâche difficile, et l'on ne peut pas forcément généraliser une stratégie détaillée de gestion des risques à tous les projets de boisement et reboisement dans toutes les régions.

⁸ Le fait d'investir dans un projet de foresterie AC/MDP ne pose pas que les risques physiques et économiques associés à la réduction du stock de carbone. Il y a également les risques liés aux incertitudes du niveau de référence du projet, qui peuvent faire varier substantiellement le nombre de crédits que ce projet reçoit, ainsi que les risques politiques (tels que la non-exécution des contrats) et institutionnels (tels qu'une modification des politiques ou des régimes foncier) qui peuvent eux aussi être importants. La présente section porte essentiellement sur le risque physique d'inversion de la séquestration du carbone, et n'aborde pas les risques liés aux incertitudes du niveau de référence du projet ou à l'évaluation de ses performances, ni aux risques institutionnels, politiques ou financiers.

Cela dit, on peut certainement définir des orientations générales sur la prévention des risques. Par exemple, il est important de mener une évaluation des risques le plus tôt possible dans le processus de planification d'un projet, sachant qu'une planification efficace permet de minimiser les risques.

Par exemple, des orientations générales sur la prévention des risques d'incendie pourraient comprendre les étapes suivantes :

- Evaluation des risques d'incendie (par exemple, par une recherche des précédents au plan local).
- Recherche des sources potentielles d'incendie (sachant que la gestion des risques d'incendie varie selon les sources).
- Collecte d'information sur les vents dominants, ceux-ci ayant une influence majeure sur la direction des menaces éventuelles.
- Mise en place de mesures appropriées de protection contre les incendies (par exemple, en structurant et gérant une zone boisée de façon à ménager un nombre suffisant de zones coupe-feu et coupe-vent et à faible teneur en combustible⁹).

La sensibilité des zones boisées et reboisées aux attaques de ravageurs peut varier avec l'âge. De manière générale, les peuplements âgés sont plus sensibles aux attaques (Pöyry Consulting 1992), mais certains ravageurs s'attaquent aux jeunes arbres uniquement. Il en découle que les récoltes de bois – qui peuvent faire partie intégrantes des projets de boisement ou reboisement – augmentent les risques d'attaques de certains ravageurs, mais en diminuent d'autres (Pöyry Consulting 1992).

Certaines actions permettent de réduire les risques d'attaques de ravageurs sur un projet de boisement ou reboisement :

- Augmenter la diversité des essences plantées. En effet, les zones monospécifiques, telles que les plantations, sont plus sensibles aux attaques que les zones de polyculture, telles que les forêts naturelles (Schneider 1999, Phillips *et al.* 2001).
- Veiller à ce que seuls de jeunes plants sains soient plantés, et à ce que les essences plantées conviennent aux conditions de sol et de climat du site retenu pour le projet (FAO 1989);
- Veiller au bon entretien du site¹⁰.

En cas d'attaque de ravageurs, plusieurs méthodes de lutte peuvent être envisagées (biologiques, chimiques, sylvicoles ou mécaniques) pour limiter les dégâts.

Pour limiter le déboisement intentionnel d'une zone boisée ou reboisée, les méthodes requises sont quelque peu différentes. Le déboisement d'une zone intervient en raison des pressions sociales, culturelles ou économiques qui s'exercent sur les terres. Par conséquent, ces facteurs doivent être pris en compte dans chaque projet. Pour s'assurer qu'un projet est cohérent avec les besoins locaux en matière d'aménagement,

⁹ Pour se propager, un feu a besoin d'un apport en combustible au niveau du sol (des végétaux morts, par exemple). Les « zones à faible teneur en combustible » sont des zones pauvres en combustible, que ce soit naturellement ou par le biais d'un entretien ou d'un débroussaillage réguliers du site.

¹⁰ Cela implique de former les personnes chargées de l'entretien des forêts sur les méthodes limitant les dommages pendant les coupes d'éclaircie.

une bonne solution consiste à impliquer la population locale dans le projet. De plus, le fait de veiller à ce que la population locale tire directement avantage d'un projet de boisement ou reboisement (par exemple, par la formation de revenu, la production alimentaire, la lutte contre l'érosion des sols, etc.) augmente les chances que ce projet perdure à l'avenir. Parallèlement, la création physique d'une zone tampon (par exemple, deux rangs d'arbres à croissance rapide plantés autour d'une zone de boisement ou reboisement) peut également contribuer à réduire l'impact de l'empiètement sur cette zone (à condition que les arbres à croissance rapide soient replantés).

Le texte du Protocole de Kyoto portant création du MDP lui assigne un double objectif : contribuer au développement durable et atténuer le changement climatique. Par conséquent, de nombreux projets relevant du MDP, y compris ceux liés à des activités forestières, peuvent présenter d'autres avantages encore que le seul stockage du carbone. Il peut s'agir d'avantages locaux ou régionaux en nature, tels que la conservation du sol, la création d'emplois ruraux et la formation de revenu. Ensuite, si le fait de veiller à la permanence de la séquestration du carbone contribue à préserver ces avantages, la participation de la population locale à la gestion du projet l'incitera puissamment à viser à sa pérennité (par exemple, FAO 1999a, CIFOR 2000).¹¹ La recherche de solutions permettant de lier ces deux objectifs est donc primordiale. Cependant, cette forme d'analyse relève du développement et sort du cadre de la présente étude.

Enfin, éviter d'implanter des projets de boisement ou reboisement dans des sites présentant des risques de catastrophes naturelles (éruptions volcaniques, tremblements de terre, inondations, glissements de terrain) au cours des 100 années à venir, peut certainement réduire les risques de telles éventualités. Cela étant, les données nécessaires à une telle évaluation ne sont pas toujours disponibles.

3.2 Gestion des risques économiques d'une réduction du stock de carbone

Une réduction du stock de carbone peut aussi avoir des conséquences économiques pour l'« acheteur » et/ou le vendeur des crédits d'émission découlant d'un projet de foresterie, si jamais cette réduction du stock de carbone au niveau du site du projet entraîne une diminution des crédits générés par rapport à ce qui était prévu.

Pour alléger l'impact économique d'une réduction du stock de carbone, les participants à un projet peuvent appliquer deux méthodes :

- Assurer le projet de boisement ou reboisement contre ces risques.
- Diversifier les activités d'atténuation des émissions.

Si une assurance ne modifie en rien les probabilités qu'un risque donné survienne, elle protège en revanche l'investisseur contre les risques de non-respect des objectifs d'émission, même dans le cas d'une réduction de stock de carbone. Avec une assurance, un versement est fait à l'investisseur en cas de dommage, et celui-ci peut être utilisé pour acheter ailleurs des crédits d'émission. Dans certaines régions (par exemple, en Australie), il est possible d'assurer les plantations contre les réductions de stock de carbone liées à certains risques (STTFN 2000).

Diversifier les activités d'atténuation des émissions peut contribuer à réduire les incidences économiques et environnementales de toute réduction du stock de carbone d'un projet de boisement ou reboisement. En l'occurrence, il peut s'agir d'investissements dans d'autres projets du même type mais à d'autres endroits

¹¹ En revanche, si les incidences d'un projet AC/MDP sont essentiellement négatives pour la population locale (par exemple, si l'accès à des sources de combustible ou de produits alimentaires sont réduites), il n'y a aucune incitation au maintien de la forêt.

(ce qui réduit l'impact économique des dommages à un projet). Il peut également s'agir d'investissements dans d'autres activités (par exemple, des activités visant à réduire les émissions).

3.3 Gestion des risques environnementaux d'une réduction du stock de carbone

C'est sans doute les personnes qui participent à l'élaboration et l'exécution d'un projet qui sont les mieux placées pour arrêter une stratégie de prévention des risques physiques et de gestion des risques économiques. En revanche, c'est incontestablement la communauté internationale qui est la mieux à même de décider comment réduire les risques environnementaux des projets de foresterie générant des crédits non additionnels.

Parmi les stratégies envisageables, on peut limiter les crédits accordés pour un projet donné d'une manière qui soit proportionnée au risque de réduction du stock de carbone. Cette approche limite les risques que l'on génère des crédits liés à une séquestration non permanente.

De même, on peut élaborer un certain nombre de méthodes d'allocation de façon à limiter le risque qu'un projet de boisement ou reboisement donne lieu à des crédits non additionnels, ou à des crédits qui ne traduisent pas les avantages environnementaux à long termes.

- Exclusion des zones d'un projet les plus exposées du point de vue de la réduction du stock de carbone (par exemple, les sections boisées les plus proches de routes) des zones générant des crédits d'émission. Toutefois, cette approche peut se révéler difficile et/ou coûteuse à mettre en pratique, puisqu'elle nécessite une évaluation détaillée des zones d'un projet les plus exposées, et de l'ampleur et de la nature du risque¹².
- Intégration de l'impact probable des activités de réduction du stock de carbone telles que le déboisement dans le niveau de référence des projets. Cette solution est théoriquement réalisable (voir le Tableau 2, par exemple). Toutefois, certains risques sont plus faciles à quantifier que d'autres. Par conséquent, prévoir une étape d'analyse du risque dans l'élaboration du niveau de référence ne peut que compliquer le processus déjà complexe de définition d'un niveau de référence pour un projet de foresterie¹³.
- Mise en place d'obligations relatives aux crédits générés par des projets AC/MDP. En effet, bon nombre des systèmes de comptabilisation des crédits proposés dans la littérature et présentés dans la suite de cette étude ne prévoient aucune conséquence obligatoire, tant pour l'acheteur que pour le vendeur, dans le cas d'une réduction du stock de carbone. Autrement dit, si un projet de boisement génère des crédits d'émission dans l'année X, et si la forêt est détruite dans l'année X+1 – avec réémission concomitante du carbone séquestré –, l'« acheteur » conserve néanmoins le droit d'utiliser les crédits d'émission générés dans l'année X pour compenser des émissions. Si ni l'acheteur ni le vendeur ne sont responsables en cas de réduction du stock de carbone, cela signifie que c'est l'environnement qui supporte le coût d'inversion de la séquestration.
- Mise en place d'un régime d'allocation de crédits qui encourage la séquestration à long terme et/ou réduise l'impact sur l'environnement de la séquestration à court terme. Ce point sera examiné dans la Section 4.

¹² Cette approche peut également compliquer les activités de surveillance d'un projet en segmentant un projet (par exemple, si le site du projet est traversé par des routes).

¹³ Il peut également être difficile de s'entendre sur le degré de probabilité d'un risque auquel il convient d'ajuster les crédits d'émission.

4. Régimes de comptabilisation des crédits et période des projets

Il existe plusieurs techniques différentes pour allouer à l'investisseur les crédits découlant d'un projet de boisement ou reboisement AC/MDP tout au long de la période du projet¹⁴. Le choix du régime a une incidence sur les performances environnementales et économiques du projet, notamment en fonction des périodes et méthodes d'allocation des crédits qui sont retenues. En outre, ce choix pèse également sur le risque d'un projet au regard de l'inversion de la séquestration du carbone.

Pour élaborer un système d'allocation des crédits qui réduise les risques d'inversion de la séquestration du carbone, ou du moins qui en tienne compte, les options suivantes doivent être considérées :

- Emission de crédits d'émission « permanents » basés sur les variations du stock de carbone, la plupart des crédits étant toutefois émis vers la fin d'une longue période d'allocation.
- Emission de crédits d'émission « temporaires » valables uniquement pendant une période limitée (par exemple, comme dans la « proposition colombienne » soumise pour les SB13 (FCCC 2000).
- Emission de crédits d'émission traduisant les avantages environnementaux d'une séquestration temporaire (c'est-à-dire sur la base d'une comptabilisation en tonnes-années).

La présente section vise à déterminer quelles sont les quantités de crédits d'émission générés par un projet de boisement donné selon différents systèmes d'allocation, ainsi que le moment auquel ces crédits sont alloués au promoteur du projet¹⁵.

4.1 Crédits « permanents » sur la base des variations du stock

Le GIEC (2000) propose plusieurs systèmes d'allocation de crédits pour les projets de foresterie. Ils se répartissent en deux grandes catégories : ceux basés uniquement sur les variations du stock de carbone, et ceux basés sur les variations du stock mais qui tiennent compte également du risque de séquestration non permanente. Dans les deux cas, on alloue des crédits « permanents » (autrement dit, une fois qu'ils sont émis, les crédits ne peuvent plus être rappelés). Cela signifie que c'est l'environnement qui est perdant en cas de réduction du stock de carbone – et non pas le vendeur ou l'acheteur.

4.1.1 Systèmes d'allocation de crédits basés uniquement sur les variations du stock de carbone

Les systèmes d'allocation de crédits basés uniquement sur les variations du stock de carbone sont les suivants :

- Variations effectives du stock.
- Allocation simplifiée de crédits.

¹⁴ Un nombre moindre de systèmes d'allocation des crédits s'appliquent aux projets énergétiques et industriels, dans la mesure où les réductions d'émission générées par ces projets ont un caractère « permanent », mais également parce qu'une surveillance annuelle est mise en place.

¹⁵ Les exemples proposés n'indiquent pas quels réservoirs de carbone sont surveillés et donnent lieu à l'affectation de crédits. On peut également envisager – mais cela peut se révéler inutilement complexe – d'allouer des crédits aux projets de foresterie en métissant différents systèmes selon les réservoirs. Ces options ne sont toutefois pas examinées dans cette étude.

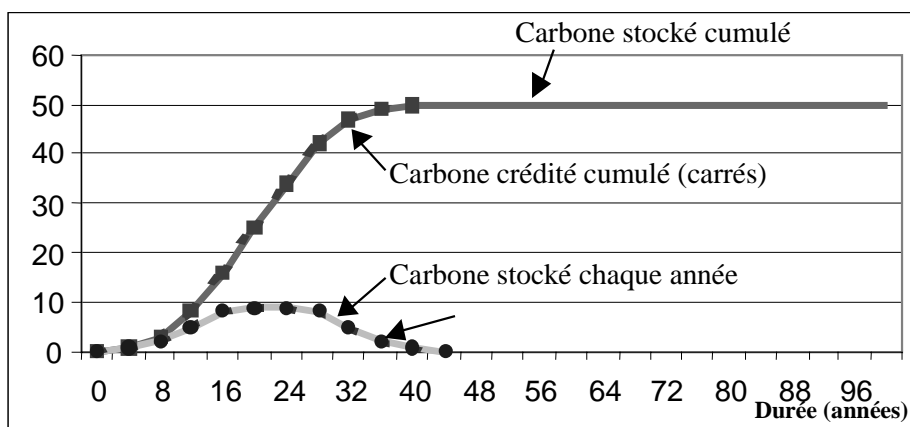
- Allocation de crédits en fonction de la moyenne de stockage.

Pour un même projet, ces trois systèmes d'allocation (détaillés ci-après) génèrent un nombre identique de crédits, mais à des moments différents.

Le plus souvent, les crédits d'émission liés à des projets non forestiers sont générés sur une base annuelle, suite aux opérations de surveillance et vérification des performances du projet. Un système du même type, c'est-à-dire basé sur les **variations réelles du stock**, peut être mis en place pour des projets de foresterie.

Dans le cadre d'un système basé sur les variations réelles du stock, les promoteurs d'un projet peuvent prétendre à une quantité de crédits équivalente à l'ensemble du carbone séquestré dans ledit projet, et ce dès que la séquestration intervient (Figure 3). Ce type d'allocation présente l'avantage que tous les crédits sont basés sur des variations réelles et mesurables du stock de carbone. Toutefois, les crédits « permanents » ne garantissent en rien la permanence de la séquestration, du fait que l'investisseur n'est pas financièrement incité à maintenir la séquestration au-delà du terme de la période prévue. Par ailleurs, cette méthode suppose des efforts de surveillance considérables, notamment si les crédits font l'objet d'une surveillance et d'une allocation annuelles (plutôt que tous les cinq ans en moyenne, par exemple). Dans ce contexte, les investisseurs peuvent aussi être poussés à privilégier les projets de boisement ou reboisement basés sur des essences à croissance rapide (que celles-ci soient ou non les mieux adaptées aux conditions et populations locales), sachant que ce sont eux qui leur assurent la rentabilité la plus rapide¹⁶.

Figure 3 – **Système d'allocation de crédits basée sur les variations réelles du stock**



L'**allocation simplifiée de crédits** (Figure 4) est une forme simplifiée de l'allocation basée sur les variations réelles du stock, dans laquelle des crédits annuels courent linéairement et non pas selon le schéma en courbe de la séquestration réelle du carbone. Par rapport au système basé sur les variations réelles du stock, celui-ci génère un peu plus de crédits au début du projet et un peu moins vers la fin. Pour les investisseurs, l'allocation simplifiée est légèrement plus attractive que la méthode du stockage de carbone par année, dans la mesure où la concentration partielle des crédits en début de projet accroît la valeur actuelle nette du projet. En outre, cette méthode permet également de réduire les coûts de surveillance (surveillance qu'il faudra quand même mener une fois la forêt parvenue à l'âge d'exploitabilité, mais qui peut être conduite uniquement périodiquement avant cela). En revanche, ce système n'encourage pas la séquestration permanente une fois la forêt parvenue à l'âge d'exploitabilité, et

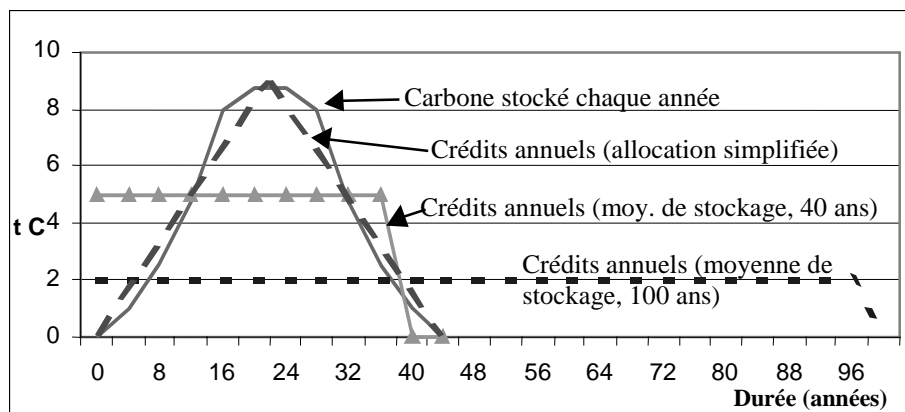
¹⁶ Cette configuration peut avoir des incidences négatives sur la diversité biologique, en particulier si les essences à croissance rapide n'appartiennent pas normalement à la zone concernée.

au cours des premières années du projet il alloue même des crédits au-delà de la quantité de carbone effectivement séquestrée.

Avec l'**allocation de crédits en fonction de la moyenne de stockage** (Figure 4), les crédits générés chaque année pour un projet donné sont basés sur la quantité moyenne de carbone séquestré au cours d'une période donnée (n), et non pas la quantité réelle séquestrée au cours de cette période. Différentes périodes peuvent être retenues (par exemple, le temps nécessaire pour que la forêt atteigne l'âge d'exploitabilité, la période écoulée jusqu'à la première coupe, 100 ans), certaines options étant parfaitement subjectives.

Si la séquestration est permanente, la somme des crédits alloués aux investisseurs doit correspondre à la quantité totale de carbone séquestré. Cependant, au cours d'une année, un écart significatif peut être enregistré entre la séquestration moyenne et la séquestration réelle, de sorte qu'avec cette méthode, les crédits alloués aux investisseurs dans les premières années d'un projet ne traduisent pas le niveau de séquestration réel. Cette approche n'encourage en rien la conservation à long terme du carbone séquestré, en particulier si ni le vendeur ni l'acheteur des crédits ne sont tenus de concrétiser dans les faits des crédits effectivement alloués mais qui ne correspondaient pas à une séquestration permanente du carbone. En outre, la période prise en compte (n) peut également avoir une incidence sur le nombre de crédits alloués à certains projets¹⁷. Cette approche offre plusieurs avantages pour les investisseurs : le flux annuel de crédits est connu à l'avance, et la concentration des crédits en début de projet accroît considérablement la valeur actuelle nette du projet.

Figure 4 – **Systèmes d'allocation de crédits simplifiée et en fonction de la moyenne**



4.1.2 **Systèmes d'allocation de crédits basée sur le stock de carbone mais tenant également compte du risque**

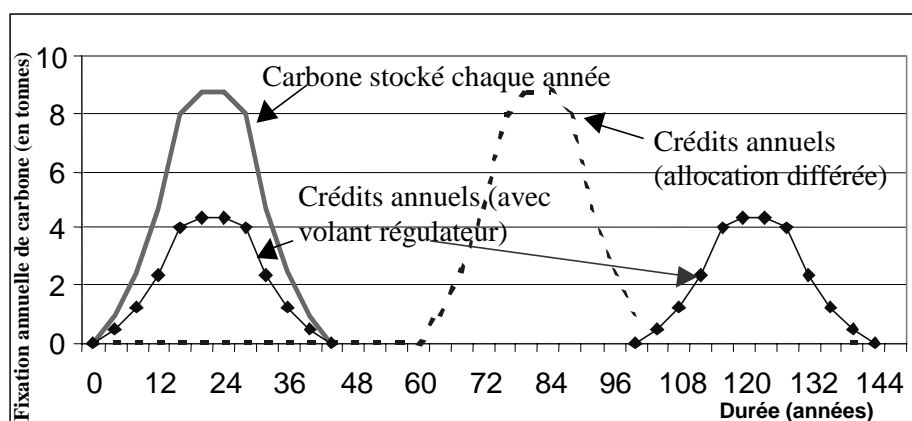
Il est également possible de mettre en place un système d'allocation de crédits basée sur le stock de carbone mais qui tient aussi compte du risque de séquestration non permanente. Deux options sont envisageables :

- Allocation différée de la totalité des crédits.
- Allocation basée sur les variations du stock assortie d'un volant régulateur.

¹⁷ La valeur de « n » peut faire varier le nombre de crédits alloués à un projet de boisement englobant les phases de coupe et de repousse, selon que « n » corresponde ou non à un cycle complet de pousse/coupe, ou à un cycle partiel de pousse/coupe/repousse.

Avec l'**allocation différée de la totalité des crédits** (Figure 5), le promoteur du projet est fondé à recevoir des crédits équivalents à la quantité totale de carbone séquestré, mais uniquement à l'issue d'une période donnée. Autrement dit, le carbone doit rester séquestré sur toute la période prévue (10, 50 ou 100 ans, par exemple) pour que les crédits soient alloués au promoteur. Par rapport aux méthodes fondées uniquement sur les variations du stock de carbone, celle-ci présente l'avantage de favoriser une plus grande « permanence » (en fonction de la durée de la période spécifiée). Cela dit, la durée du délai est aussi un facteur susceptible de décourager l'investissement dans ces projets, puisque les crédits ne sont obtenus qu'après un temps très long. De plus, cette méthode « verrouille » pour très longtemps le type d'utilisation du sol, ce qui peut soulever des questions de souveraineté. Enfin, le choix de la durée de la période est nécessairement une décision subjective.

Figure 5 – **Allocation différée de la totalité des crédits et allocation basée sur les variations du stock assortie d'un volant régulateur**



Avec l'**allocation basée sur les variations du stock assortie d'un volant régulateur** (Figure 5), sont alloués des crédits correspondant à une fraction seulement de la variation du stock de carbone. Ainsi, les crédits alloués à l'investisseur ne représentent qu'une partie de la variation du stock intervenue pendant la phase de croissance. Le reste de la variation du stock, non crédité, est conservé dans un volant régulateur, et alloué après une période donnée (par exemple, la moitié des crédits est allouée pendant la phase de croissance, et l'autre moitié après séquestration pendant 100 ans, comme dans l'exemple précédent). Cette méthode entraîne un allongement de la période d'allocation des crédits, mais présente l'avantage de limiter les crédits découlant d'activités d'atténuation non permanente, sans interdire pour autant la génération de crédits à faible risque au cours du projet. Bien sûr, pour l'investisseur, l'inconvénient réside dans le fait qu'il n'est pas assuré d'obtenir la totalité des crédits (et leur valeur) contenus dans le volant régulateur.

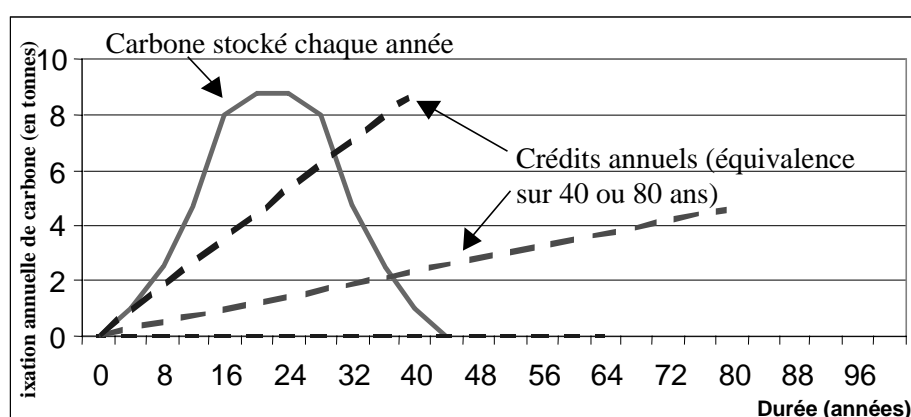
Le volant régulateur peut être exprimé sous forme de pourcentage ou de superficie. La décision concernant la taille du volant peut être prise après une évaluation des différents risques de réduction du stock de carbone. C'est cette approche qui a été utilisée pour déterminer les avantages de quelques projets de foresterie (SGS 2000a, b et c), et des volants de tailles sensiblement variables ont été définis. Pour deux de ces projets, les volants représentaient respectivement 24 et 60 pour du total du carbone séquestré (soit 0.6 et 5.6 millions de tonnes de CO₂). Il est également possible de déterminer de manière subjective la part des crédits qui doit être conservée dans le volant. Cette approche est plus économique, mais peut se révéler plus délicate sur le plan des négociations.

Si la conception d'un volant régulateur est un exercice théoriquement simple, la mise en place d'un volant spécifiquement conçu pour un projet, sur la base d'une évaluation quantitative des différents risques, peut se révéler coûteuse. En outre, l'opération peut manquer de transparence, dans la mesure où elle se fonde

sur des avis d'experts et des données détaillées. Enfin, compte tenu des écarts de risques entre différents sites et de la taille de certains projets, les investisseurs sont financièrement incités à minimiser la taille des volants. Cela étant, la solution consistant à établir un volant générique est inévitablement arbitraire, et la valeur retenue ne convient pas nécessairement à tous les projets.

L'**allocation simplifiée et prudente de crédits** est une autre approche simplifiée dans laquelle un projet génère des crédits d'émission dès lors qu'il contribue effectivement à l'atténuation des émissions. Les crédits peuvent être générés à un rythme constant ou non (la Figure 6 présente deux rythmes constants pour des périodes d'allocation différentes). Par conséquent, le nombre de crédits générés dans les premières années d'un projet est inférieur à l'incidence effective sur le carbone, mais le projet continue de produire des crédits même après qu'un point d'équilibre a été atteint du point de vue du carbone. Cette méthode présente le double avantage d'une allocation sûre de crédits, et d'une incitation à prolonger la durée du stockage du carbone.

Figure 6 – Allocation simplifiée et prudente des crédits



4.2 Crédits « permanents » basés sur une comptabilisation en tonnes/années

La durée de vie des GES dans l'atmosphère est limitée, de même par conséquent que leur capacité de forçage radiatif. Même si elle n'est que temporaire, la séquestration retarde les émissions de carbone dans l'atmosphère et, partant, retarde également l'augmentation des concentrations de CO₂ et le forçage radiatif. Selon certains, la séquestration à court terme devrait donc donner lieu à des crédits. Dans ce contexte, il conviendrait d'adopter une comptabilisation des tonnes/années (Chomitz 1998, CIFOR 2000, IO 2001, par exemple). En revanche, d'autres estiment que ce type de comptabilisation pourrait être préjudiciable à l'environnement et contraire aux objectifs de la Convention (McLaren 2000, Pingouin *et al.* 2000, par exemple).

Dans le cadre de l'approche basée sur les tonnes/années, on détermine quelle est la période pendant laquelle il faut qu'une tonne de carbone soit séquestrée pour produire le même effet positif sur l'environnement que le fait de ne pas émettre une tonne de carbone. A partir de ce « facteur d'équivalence », on détermine ensuite les crédits à allouer aux projets. Les crédits sont donc générés en proportion de la quantité de carbone séquestrée et de la durée de cette séquestration. Avec ce concept, une tonne de carbone séquestrée pendant toute la période d'un « facteur d'équivalence » équivaut directement à une tonne d'émissions évitées. Par conséquent, si le facteur d'équivalence est fixé à 100 ans (un choix subjectif, mais souvent utilisé), une tonne séquestrée pendant 100 ans produit normalement le même effet sur l'environnement qu'une réduction des émissions d'une tonne. De la même manière, le fait de séquestrer une tonne de carbone pendant moins de 100 ans équivaut à la séquestration permanente d'une fraction

donnée d'une tonne de carbone¹⁸. Avec cette comptabilisation, l'effet de la séquestration d'une tonne pendant 100 ans n'est pas minoré si la tonne séquestrée est rejetée à la fin de cette période (Moura Costa et Wilson, 2000).

L'incitation au retardement des émissions de carbone offre un avantage : les projets de séquestration ne doivent pas impérativement garantir indéfiniment une utilisation constante du sol d'une surface donnée (même si le nombre de crédits alloués croît avec la durée de l'utilisation constante du sol). Ce critère peut faciliter l'acceptation des projets de boisement ou reboisement par les populations locales puisqu'elles ont la possibilité de modifier le cas échéant l'utilisation du sol à une date donnée dans l'avenir. Or, une plus grande acceptation de restrictions « temporaires » imposées aux modifications de l'utilisation du sol peut certainement contribuer à multiplier les projets réussis. Néanmoins, cela signifie également que les effets de ces projets ne sont pas maximisés si le carbone séquestré est réémis avant la fin de la période d'équivalence.

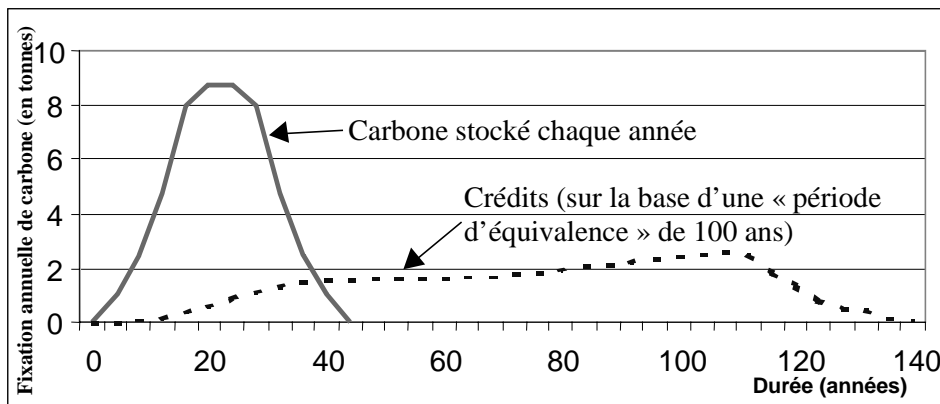
L'un des inconvénients de cette approche reste qu'il n'existe aucun consensus sur la durée (par exemple, 55 ans, 100 ans ou plus) pendant laquelle une tonne de carbone doit être séquestrée pour produire un effet équivalent à une réduction d'une tonne des émissions¹⁹ (GIEC 2000, par exemple). Or, bien évidemment, cette durée a des conséquences importantes tant sur le risque d'inversion du stock de carbone que sur la valeur du projet. En outre, partir du principe que séquestrer une tonne de CO₂ pendant N années équivaut à séquestrer N tonnes de CO₂ pendant un an, ou à réduire les émissions d'une tonne de CO₂, a d'autres conséquences plus larges du point de vue de l'utilisation du sol, de la diversité biologique et d'autres considérations²⁰. Enfin, avec cette méthode, le nombre de crédits générés dans les premières décennies d'un projet est très faible (Figure 7), même si les crédits sont en revanche générés sur une très longue période. Dans ce cadre, la période d'allocation des crédits pour un projet correspond au facteur d'équivalence auquel s'ajoute la durée nécessaire pour que la forêt atteigne l'âge d'exploitabilité (par exemple, 125 ans dans le cas d'essences à croissance rapide et sur la base d'un facteur d'équivalence de 100).

¹⁸ Par exemple, l'effet sur l'environnement de la séquestration d'une tonne de carbone pendant un an (avec un facteur d'équivalence de 100) est estimé à 0.00726 tonne de carbone (IGPO 2001).

¹⁹ Du fait que la comptabilisation donnée dans le Protocole de Kyoto s'appuie sur les potentiels de réchauffement de la planète des gaz sur 100 ans, on considère souvent que le facteur d'équivalence est de 100 ans. Toutefois, ce choix est lui aussi arbitraire.

²⁰ De la même manière, si séquestrer une tonne de CO₂ pendant n années équivaut à réduire d'une tonne les émissions, cela implique que le fait de séquestrer cette même tonne de carbone pendant une période de 2n est deux fois meilleur.

Figure 7 – Allocation des crédits sur la bases des tonnes/années



* Avec une période d'équivalence différente, les crédits sont générés à un rythme différent.

Une variante de cette méthode consiste à allouer les crédits sur la base de la méthode des variations réelles du stock de carbone, mais avec une responsabilité exprimée à partir des tonnes/années. Ainsi, dans l'hypothèse d'une réduction du stock de carbone, le promoteur est responsable de la différence entre le nombre de crédits alloués (ligne pleine de la Figure 7) et la valeur en tonnes/années de ces crédits (ligne en pointillés).

4.3 Crédits d'émission « temporaires »

Sachant que les effets positifs des projets de foresterie au regard des GES ne seront sans doute que temporaires, il est peut-être approprié que ces projets génèrent des crédits temporaires. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour mettre en place un système d'allocation de crédits temporaires (par exemple, celle proposée par la Colombie dans FCCC 2000). Une solution consiste à allouer des crédits temporaires et non renouvelables, c'est-à-dire que les projets de séquestration génèrent des crédits valides uniquement pour une période donnée, sans possibilité de les renouveler. Autre possibilité, les projets de séquestration génèrent des crédits valides uniquement pour une période donnée, mais leur période de validité peut être allongée (et les crédits renouvelés) si la séquestration est maintenue. Ces deux options sont détaillées ci-après.

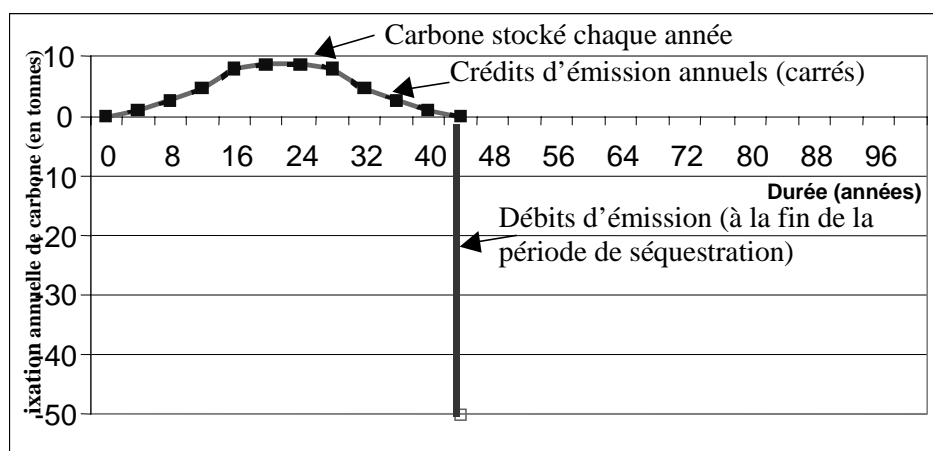
Ces deux systèmes ont l'avantage d'offrir une certaine souplesse du point de vue de la réaffectation du sol au niveau du site d'un projet. Pour les populations locales, cet engagement plus court envers une utilisation donnée du sol est sans doute plus acceptable que les dispositions prévoyant une affectation spécifique et constante pendant un siècle et plus.

4.3.1 Crédits temporaires et non renouvelables

Les crédits d'émission générés par des projets de foresterie relevant du MDP peuvent être assortis d'une période de validité limitée, par exemple X années ou toute la durée de la séquestration du projet. Si à la fin du projet, les crédits d'émission obtenus doivent être « remboursés » (Figure 8), cela signifie que plusieurs crédits temporaires non renouvelables²¹ sont nécessaires pour compenser une tonne d'émissions pendant la durée de vie de ces émissions dans l'atmosphère.

²¹ Ou une combinaison de crédits d'émission temporaires et de réductions additionnelles des émissions.

Figure 8 – Crédits d'émission temporaires non renouvelables



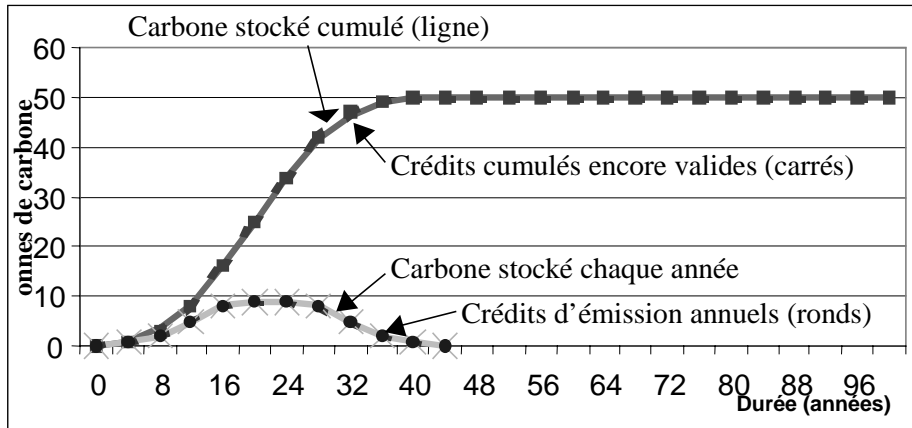
Un système d'allocation basé sur des crédits temporaires non renouvelables pourrait avoir une incidence positive sur les concentrations de GES, si toutefois la séquestration des projets générant ces crédits était permanente, sachant qu'il faut remplacer les crédits temporaires même si la séquestration est permanente. Cela dit, pour qu'un projet de boisement ou reboisement génère un certain nombre de crédits, une surface plus importante est nécessaire avec un système allouant des crédits temporaires et non renouvelables qu'avec un système allouant des crédits « permanents ». Cela peut alors entraîner des effets négatifs, par exemple sur la diversité biologique (si l'accroissement des zones plantées diminue les surfaces des forêts naturelles contiguës).

4.3.2 Allocation de crédits temporaires renouvelables

L'allocation de crédits temporaires renouvelables (décrite dans ONF 2001) prend en compte le fait que le carbone séquestré par un projet de foresterie peut rester séquestré pour une période plus ou moins longue, et alloue des crédits en conséquence. Avec ce système, les activités débouchant sur une séquestration permanente génèrent des crédits permanents, tandis que celles dont la durée est limitée génèrent des crédits temporaires. Les crédits liés à des activités de séquestration certifiée ont une validité limitée dans le temps (par exemple, cinq ans). A l'issue de cette période, s'il est confirmé que le carbone est toujours séquestré, la validité des crédits est renouvelée pour une nouvelle période²². Le processus se poursuit ainsi, et ce système alloue donc des crédits de la même manière que le système basé sur le stockage de carbone par année si la séquestration est permanente (Figure 9).

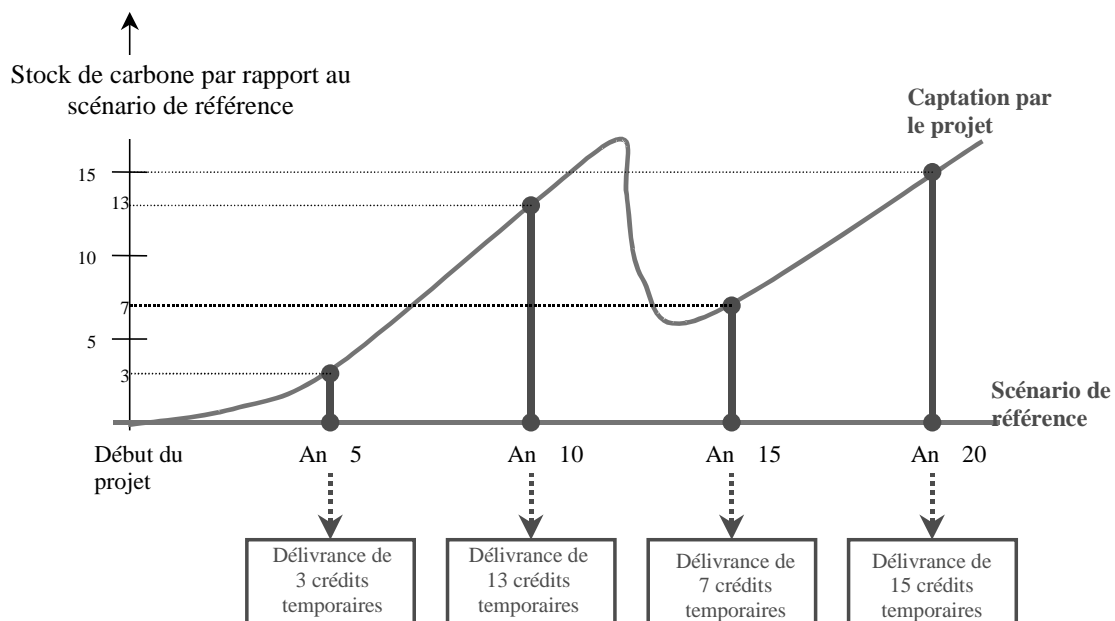
²² Autre possibilité, la première tranche de crédits temporaires est retirée de la circulation, mais remplacée par de nouveaux crédits.

Figure 9 – Allocation de crédits temporaires renouvelables (si le carbone est séquestré de manière permanente)



Cependant, si pendant une partie du projet la séquestration n'est pas permanente, la période de validité du nombre de crédits correspondant à cette réduction partielle du stock de carbone n'est pas renouvelée. Certains des crédits temporaires initialement attribués sont donc retirés du total du porteur (Figure 10). Si la période de validité des crédits est courte (cinq ans, par exemple), cela signifie que les crédits liés à la séquestration inversée perdront rapidement leur validité. Des périodes de validité plus longues (30 ans, par exemple) donnent une plus grande certitude aux investisseurs, mais elles ne permettent pas forcément de tenir compte rapidement d'une réduction du stock de carbone.

Figure 10 - Allocation de crédits temporaires renouvelables (si une part de la séquestration n'est pas permanente)



Source : ONF 2001

5. Incidence des différents systèmes d'actualisation/allocation de crédits sur la valeur d'un projet

La nature du système d'allocation des crédits et la durée de vie d'un projet sont des critères importants au regard de l'intérêt économique d'un projet, mais aussi de l'impact économique de la réduction du stock de carbone²³. Cette section examine l'incidence des différents systèmes d'allocation de crédits détaillés ci-avant sur la valeur des crédits générés par un projet de boisement actuellement mené en Ecosse (Ancient Woodlands Project, AWP, Tipper *et al.* 2001). Dans ce cas précis, les différents systèmes d'allocation donnent des durées de vie allant de 60 à 160 ans²⁴.

Compte tenu de l'actualisation, les revenus à venir sont moins importants que les revenus actuels. Les variations du point de vue du moment de l'allocation des crédits à un projet et de la durée de cette allocation entraînent des écarts importants quant à la valeur actuelle nette des crédits générés par ce projet (Figure 11). La Figure 11 a été calculée en partant du principe que le prix du CO₂ restait constant sur toute la période d'allocation des crédits du projet²⁵.

Même à taux d'actualisation et prix du carbone équivalents, la « valeur » des crédits peut varier d'un facteur supérieur à 30 (pour un taux d'actualisation de 5 pour cent) selon le moment auquel les crédits sont alloués au promoteur²⁶. Par exemple, à un prix de 5 USD/tonne de CO₂ sur la durée de l'allocation de crédits à un projet, et pour un taux d'actualisation de 5 pour cent, la valeur actuelle nette des crédits générés par ce projet peut être approximativement de 3 000 USD à plus de 100 000 USD.

Le système le plus intéressant sur le plan économique, est celui de l'allocation des crédits en fonction de la moyenne sur la période de croissance de la forêt. Les systèmes fondés sur les tonnes/années et l'allocation différée de la totalité des crédits minorent nettement la valeur actuelle nette d'un projet du fait qu'un nombre relativement important des crédits est généré plus de 50 ans après le début du projet. A cet égard, il est intéressant de noter que la proposition colombienne (dans laquelle les crédits doivent essentiellement être remboursés à la fin du projet) est encore plus intéressante sur le plan économique que certains systèmes dans lesquels l'investisseur obtient tous les crédits d'émission générés par le projet.

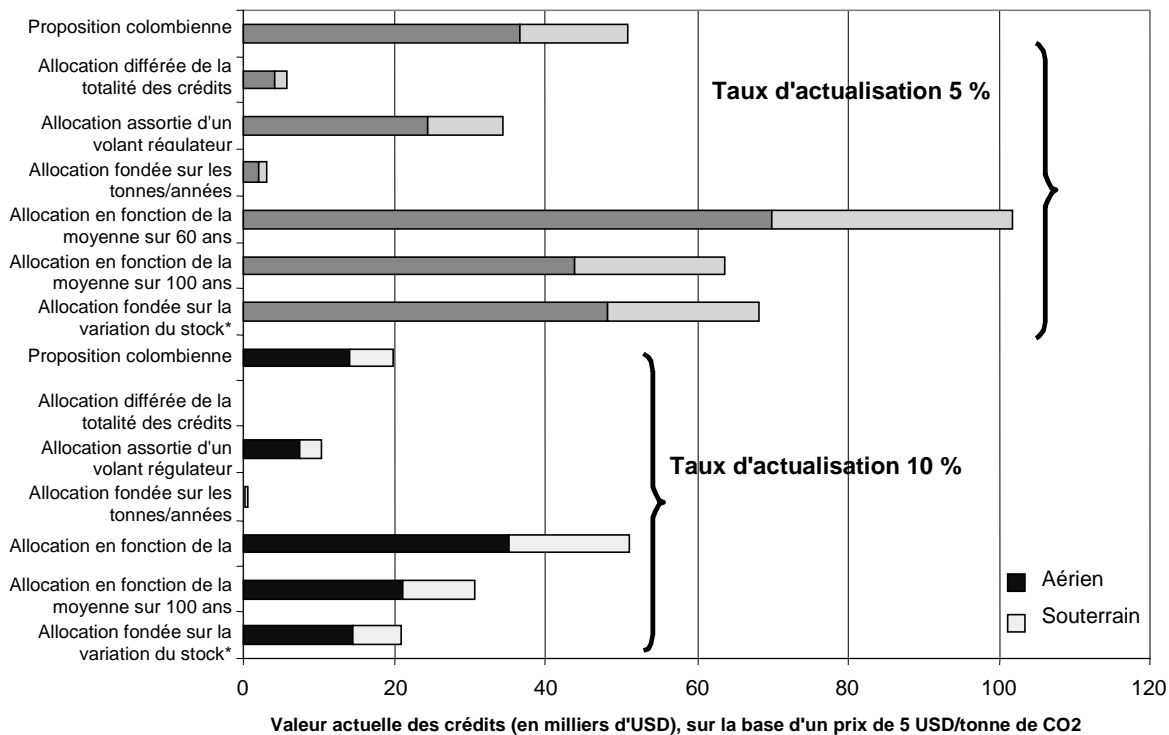
²³ La valeur d'un projet est affectée selon qu'intervient ou non une réduction du stock de carbone. A l'évidence, cela peut avoir un impact significatif sur la valeur du projet.

²⁴ Ce projet est situé en Ecosse. La progression totale du carbone n'est pas encore achevée après 100 années, mais plus de 96 pour cent de l'accumulation dans la biomasse aérienne est déjà réalisée à la soixantième année. Ce laps de temps a donc été retenu comme la période la plus courte pour l'allocation des crédits. Toutefois, pour les projets impliquant la création d'une forêt gérée de manière durable – c'est-à-dire avec des coupes – ou pour les projets portant sur des essences à croissance rapide dans des zones tropicales, le temps nécessaire pour parvenir au stock de carbone maximal est plus court, de sorte que des périodes d'allocation plus courtes conviennent mieux.

²⁵ Le prix du carbone varie en fonction de nombreux facteurs : le niveau et le calendrier des futurs engagements en faveur de la réduction des émissions ; l'ampleur des évolutions technologiques ; les modifications de la structure industrielles ; le niveau de la croissance économique ; et les activités qui pourront être retenues pour compenser les émissions. Toutefois, estimer différents scénarios quant au prix du carbone sur 100 ans ou plus sort du cadre de la présente étude.

²⁶ Bien évidemment, ces résultats sont modifiés si le prix du carbone varie dans le temps. S'il augmente progressivement (par exemple, de 1 à 2 pour cent par an), les écarts de la valeur actuelle nette entre les différents systèmes sont réduits. En revanche, s'il baisse plus rapidement que le taux d'actualisation retenu (un taux nominal de 5 ou 10 pour cent dans cette étude), les valeurs relatives des différents systèmes d'allocation des crédits peuvent varier.

Figure 11- Incidence des réservoirs de carbone, et de la variation des systèmes d'allocation de crédits et des taux d'actualisation sur la valeur des crédits générés par un projet de boisement (sur la base d'un prix de 5 USD/tonne de CO₂ sur la toute la période d'allocation des crédits du projet)



* Une allocation de crédits temporaires renouvelables donnerait des résultats comparables à ceux de l'allocation fondée sur la variation du stock, en partant du principe que la séquestration est permanente, et que les prix des crédits temporaires et permanents sont identiques²⁷.

Les écarts entre la valeur actuelle nette des crédits générés par le projet selon différents systèmes – pour un taux d'actualisation et un prix du carbone donnés – ne seraient pas les mêmes pour des essences à croissance rapide, par exemple avec un âge d'exploitabilité de 25 ans ou moins. Avec ce type de projets, l'écart entre le système le plus intéressant sur le plan économique et le moins intéressant serait plus grand, compte tenu d'une plus grande variation des périodes d'allocation des crédits²⁸. En revanche, l'écart entre

²⁷ Ce cas de figure a très peu de chances de se produire, mais l'évaluation des prix relatifs des crédits temporaires et permanents (qui dépendent de certains facteurs propres au projet considéré) sort du cadre de cette étude.

²⁸ Par exemple, la période d'allocation de crédits la plus courte pour un projet portant sur une forêt non exploitée correspondrait au temps nécessaire pour atteindre l'âge d'exploitabilité, et la période la plus longue correspondrait à une approche de type allocation différée ou en fonction des tonnes/années (le délai d'attente ou le facteur d'équivalence étant tous deux fixés à 100 ans). Dans le cas d'un projet dans lequel l'âge d'exploitabilité est de 25 ans, ces systèmes donneraient respectivement des périodes d'allocation des crédits de 25 et 125 ans, contre de 60 et 160 ans respectivement pour un âge d'exploitabilité de 60 ans. L'écart relatif entre les périodes d'allocation est donc plus grand dans le cas des essences à croissance rapide.

les valeurs actuelles nettes des crédits générés par les systèmes aux périodes d'allocation plus courtes (variations réelles du stock et stockage moyen sur la période de croissance, par exemple) serait réduit. S'il faut 50 ans pour que le projet examiné dans cette étude parvienne à 85 pour cent de la séquestration totale du carbone, d'autres essences plantées ailleurs parviennent beaucoup plus rapidement à l'âge d'exploitabilité. Pour les projets portant sur des essences à croissance rapide (ou pour des forêts ou plantations dans des régions tropicales où la croissance est plus rapide que dans les régions tempérées), une période d'allocation des crédits plus courte pourra être jugée préférable.

La majeure partie de l'atténuation produite par le projet AWP concerne les stocks de carbone aériens. L'importance relative du carbone aérien ou souterrain sur la valeur d'un projet dépend de l'affectation du sol avant le début du projet, ainsi que du type de forêt choisi. En outre, sachant que les taux d'accumulation du carbone aérien et souterrain sont différents, l'importance relative de la valeur des « crédits » relatifs au carbone aérien varie légèrement selon le système d'allocation de crédit et le calendrier retenus.

Les coûts actuels nets du projet AWP ont été estimés à 133.7 kUSD à un taux d'actualisation de 5 pour cent (BFT 2000), hors coût d'achat des terres puisque cela n'était pas obligatoire pour ce projet. Cela dit, pour d'autres projets, un tel achat peut se révéler nécessaire, ce qui augmente sensiblement le coût de l'atténuation des GES. Selon les estimations, le projet AWP a atténué 677 000 tonnes de CO₂ (Tipper *et al.* 2001), ce qui porte le coût de la réduction du carbone à 1.97 USD/tonne de CO₂. Ce coût déjà faible est encore réduit (dans une proportion plus ou moins grande, Figure 11) de la valeur des crédits reçus sur toute la durée du projet.

6. Conclusion

Les projets de changement d'affectation des terres et de foresterie peuvent produire des effets positifs significatifs sur l'environnement. Malheureusement, ces projets peuvent très bien être dégradés par des phénomènes naturels et/ou provoqués par l'homme : incendies, déboisement ou attaques de ravageurs. Pour les projets relevant de l'AC/MDP, cela signifie que les avantages du boisement ou du reboisement du point de vue des GES peuvent être inversés – contrairement aux réductions d'émissions obtenues par des projets de type AC/MDP dans les secteurs de l'industrie et de l'énergie. La mise au point d'orientations sur le choix des sites des projets et l'allocation des crédits peut contribuer à réduire les risques environnementaux et économiques liés à la réduction des stocks de carbone par des projets de foresterie.

Sur le plan de la réduction du carbone, certains types de projets (par exemple, les plantations monospécifiques) ou certains emplacements (par exemple, les zones soumises à un risque important d'empiètement ou de catastrophe naturelle) sont plus exposés que d'autres. Toutefois, grâce à certaines approches de gestion de l'environnement, on peut réduire, voire éviter, la réduction du stock de carbone. De ce point de vue, le promoteur d'un projet a tout intérêt à évaluer soigneusement les différents risques avant de choisir son site.

Quoi qu'il en soit, les différentes sources probables de risque et, partant, les stratégies appropriées de gestion du risque varient selon les projets, les sites, le climat et les essences plantées. De ce fait, on ne peut pas vraiment généraliser les stratégies de gestion du risque physique pour les projets de boisement ou reboisement.

La réduction des stocks de carbone d'une zone boisée ou reboisée peut avoir des conséquences économiques et environnementales. Pour les investisseurs, cette réduction peut diminuer les crédits attendus et le rendement du projet. Pour gérer ce risque, les promoteurs peuvent prendre certaines mesures : contrats d'assurance ou diversification des emplacements et types de projets de séquestration. Mais les mécanismes d'allocation des crédits générés par un projet de foresterie peuvent eux aussi peser sur les incidences environnementales et économiques de la réduction des stocks de carbone. Il est sans doute souhaitable que ce soit la communauté internationale qui prenne les décisions en la matière.

De nombreux systèmes différents peuvent être envisagés pour allouer aux investisseurs les crédits générés par les projets de foresterie. Selon les systèmes, l'incitation en faveur de la séquestration du carbone à long terme n'est pas la même. On pourrait mettre en place un système encourageant la séquestration à très long terme (ou permanente), par exemple en faisant en sorte que :

- les crédits soient générés sur une longue période – le cas échéant bien plus longue que la période de croissance de la forêt. La période d'allocation des crédits pourrait ainsi atteindre plusieurs décennies (pour les essences à croissance rapide), voire plus de cent ans (pour les essences à croissance lente).
- une part significative des crédits soit générée vers la fin de la période d'allocation du projet. Cela inciterait les investisseurs à maintenir sur le long terme des stratégies de prévention des risques (même si celles-ci ne diminuent pas les risques de catastrophes naturelles et n'atténuent pas non plus l'impact sur l'environnement des réductions du stock de carbone).

Si les REC émises pour un projet de foresterie sont « permanentes », elles restent valides même en cas d'inversion de l'activité de séquestration. Autrement dit, avec des REC permanentes pour des projets relevant du MDP, c'est l'environnement (et non pas l'« acheteur » ou le « vendeur » des crédits) qui est perdant en cas de réduction du stock de carbone. Cela dit, les systèmes d'allocation des crédits peuvent être conçus de façon à atténuer les incidences sur l'environnement de toute réduction du stock de carbone. Pour

ce faire, il faut associer une certaine forme de responsabilité aux crédits générés par un projet de boisement ou reboisement, ou comptabiliser les crédits générés sur la bases des tonnes/années.

Les différents systèmes examinés dans cette étude allouent les crédits sur la base des variations du stock de carbone, des tonnes-années, ou de crédits temporaires. Le Tableau 3 récapitule les caractéristiques de ces systèmes.

Bon nombre des options examinées imposent de choisir arbitrairement la période d'allocation des crédits. Or, selon le système et les postulats retenus, les périodes d'allocations peuvent être très différentes les unes des autres. Les écarts peuvent être de plusieurs décennies, avec des conséquences sur l'intérêt absolu et relatif des projets. Ainsi, une période d'allocation courte – comme c'est le cas avec l'allocation sur la base du stockage moyen – accroît la concentration des crédits en début de projet (et donc la valeur nette).

Cette étude a examiné les différents systèmes d'allocation des crédits et leur incidence sur la valeur des crédits que pourrait générer un projet actuellement en cours. Pour un coût actuel net de 133.7 kUSD, le projet a atténué 677 000 tonnes de CO₂, soit un coût d'atténuation du carbone de 1.97 USD/tonne de CO₂. Si ce projet générerait des crédits d'émission, les coûts engagés seraient largement compensés par les revenus des crédits d'émission, compris entre 3.1 et 101 kUSD (sur la base d'un prix constant de 5 USD/tonne de CO₂ sur toute la période d'allocation et à un taux d'actualisation de 5 pour cent) selon les différents systèmes examinés.

Selon le Protocole de Kyoto, les projets relevant du MDP doivent, pour générer des REC, produire des avantages réels, mesurables et à long terme, et contribuer en outre au développement durable. Si le pays d'accueil d'un projet joue un rôle clé dans l'évaluation de sa contribution au développement durable, la communauté internationale peut également faire en sorte que les crédits générés par des projets de boisement ou reboisement produisent bel et bien des avantages réels, mesurables et à long terme. Trois des systèmes examinés donnent ces résultats. Par ailleurs, les Accords de Bonn précisent que toute inversion des stocks de carbone doit pouvoir être prise en compte, et ce dans un délai approprié. Or, en l'absence de tout dispositif contraignant, seuls des systèmes allouant des crédits temporaires à court terme (renouvelables ou non) permettent d'obtenir ce résultat. C'est le cas de deux des systèmes examinés (Tableau 3).

Si les crédits générés par des projets relevant de l'AC et du MDP sont permanents (c'est-à-dire si leur période de validité n'est pas limitée et s'ils ne peuvent pas être repris en cas de réduction du stock de carbone), le recours à une allocation assortie d'un volant régulateur peut se révéler un bon compromis entre la nécessité d'encourager des avantages réels, mesurables et à long terme pour l'environnement, et d'inciter les investisseurs à investir dans des projets de boisement ou reboisement. Toutefois, dans un contexte de crédits temporaires (par exemple, distincts des crédits permanents générés par des projets AC/MDP dans d'autres secteurs), l'allocation de crédits temporaires renouvelables est sans doute la meilleure option. En effet, cette option peut être configurée de façon à générer des crédits reflétant des avantages réels, mesurables et à long terme, mais à prendre aussi en compte de manière appropriée toute inversion du carbone séquestré.

Si le choix du système d'allocation des crédits permet de gérer les risques de réduction du stock de carbone, d'autres méthodes permettent de gérer les risques environnementaux associés aux projets de foresterie. Par exemple, les crédits peuvent être assortis d'une obligation garantissant que le « vendeur » ou l'« acheteur » corrige toute réduction du stock de carbone, ou des dispositifs spécifiques peuvent être adoptés concernant l'élaboration du niveau de référence des activités de foresterie. Les travaux d'analyse des SBSTA sur l'élaboration de définitions et modalités pour l'inscription des projets de boisement et reboisement dans la liste des activités relevant du MDP, devraient comporter un examen des questions relatives aux obligations associées aux crédits d'émission alloués aux projets de foresterie.

Tableau 3 – **Caractéristiques des différents systèmes d'allocation des crédits pour un projet MDP de boisement/reboisement portant sur des essences à croissance lente¹**

Système d'allocation des crédits	Type de crédits	Période d'allocation	Moment de l'allocation	Conformité avec les dispositions VII 1g des Accords de Bonn ² ?	Les crédits alloués sont-ils				Intérêt économique relatif
					Réels	Mesurables	A terme	long	
Variation réelle du stock	Permanent	Croissance de la forêt (60 ans, par ex.)	Dès certification de la variation du stock	--, --	++	++	--	++	
Moyenne simplifiée ⁴	ou Permanent	a) Croissance de la forêt, ou b) autre période (arbitraire), 100 ans, par ex.	Selon a) croissance moyenne ou simplifiée b) croissance moyenne sur la période choisie	--, --	a) -- or + b) - or +	- or + +	-- +	+++ ++	
Allocation différée	Permanent	Délai d'attente + croissance de la forêt	Après un délai (50 ou 100 ans, par ex.)	++, -	++	++	++	--	
Allocation avec volant régulateur	Permanent	Croissance de la forêt + délai d'attente	Certains pendant la croissance, certains après un délai	+, -	++	+	++	+	
Tonnes-années	Permanent	Croissance de la forêt + « facteur d'équivalence » (55 ou 100 ans, par ex.)	Une petite partie des crédits allouée pendant toute la période d'allocation	+, -	+	--	++	--	
Crédits temporaires non renouvelables	Temporaire	Variable (tout ou partie de la période de croissance, par ex.)	Croissance de la forêt	++, +	+	+	-	+	
Crédits temporaires renouvelables	Temporaire	Durée du projet	Croissance de la forêt. La validité des crédits est renouvelée aussi longtemps que dure la séquestration	++, ++	++	++	+	Variable	

¹ L'intérêt économique relatif de ces systèmes d'allocation est différent pour les projets portant sur des essences à croissance rapide.

² Cela indique que l'inversion de la séquestration produite par un projet ATCATF a) peut être prise en compte, et b) dans un délai approprié.

³ L'intérêt économique a été calculé sur la base d'un taux d'actualisation de 5 pour cent et pour un prix du carbone constant sur toute la période d'allocation des crédits. L'intérêt économique absolu et relatif des différentes options varie selon le taux d'actualisation retenu. Si le prix du carbone augmente (mais à un rythme inférieur au taux d'actualisation de 5 pour cent), les écarts se réduisent entre les différents systèmes.

⁴ Si la séquestration est permanente, les crédits alloués dans le cadre du système basé sur la moyenne représentent les avantages « réel » sur la période d'allocation. Toutefois, si les crédits sont permanents mais pas la séquestration, les REC allouées ne représentent pas nécessairement des avantages réels.

7. Références

- Borders Forest Trust (BFT), 2000, *Management Plan for the Restoration of Ancient Woodland Habitats in the Scottish Borders*, Ancrum, Ecosse. (non publié)
- Centre for International Forest Research (CIFOR), 2000, *Capturing the value of forest carbon for local livelihoods: Opportunities Under the Clean Development Mechanism*, <http://www.cifor.org/news/carbon.htm#sum>
- Chomitz, K.M. 2000, *Evaluating carbon offsets from forestry and energy projects: how do they compare?* Development Research Group. Banque mondiale, Washington DC.
- CEE/FAO, 2000, *Aperçu général des marchés des produits forestiers en 1999 et au début de 2000*, <http://www.unece.org/unece/trade/timber/docs/rev-00/03.pdf>
- Face Foundation, 2001, <http://www.facefoundation.nl/Eng/frameset3dE.html>
- FAO, 1989, *Foresterie en zones arides - guide à l'intention des techniciens de terrain*, <http://www.fao.org/docrep/T0122E/t0122e00.htm#Contents>
- FAO, 1999a, *Situation des forêts du monde*, <http://www.fao.org/docrep/W9950E/w9950e03.htm>
- FAO, 1999, *Techniques de gestion des écosystèmes forestiers tropicaux: état de l'art*, <http://www.fao.org/DOCREP/003/X4110F/X4110F00.HTM>
- FAO/ECE, 1999, *Forest Fire Statistics*, <http://www.unene.org/trade/timb.pdf>
- Goldberg, Donald M, 2000, *Establishing permanent liability for LULUCF projects*, http://www.forest-trends.org/keytrends/pdf/durability/permanentliability_dmg.pdf
- Hadley Centre, 2000, *Climate effect on forestation*, <http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/B2000/forestation.html>
- Hogg, E. H., Brandt, J.P. et Kochtubajda, R, 2000, *Growth and Dieback of Aspen Forests in Northwestern Alberta in Relation to Climate and Insects*, http://nofc.cfs.nrcan.gc.ca/carbon/abstracts/toc_1.htm
- IFFN, 2000, *International Forest Fire News*, No. 23, December 2000, http://www.ruf.uni-freiburg.de/fireglobe/iffn/iffn_23/content.htm
- IGPO (International Greenhouse Partnerships Office), 2001, *Workbook on Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) Projects*, préparé par Jaakko Pöyry Consulting and Energy Strategies, Canberra
- GIEC 2000, *Rapport spécial du GIEC, Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jaakko Pöyry Consulting Inc, 1992, *Forest Health*, <http://www.iic.state.mn.us/download/geis/health/forhealt.pdf>
- Koskela, Jarkko, Pekka Nygren, Frank Berniger, Olavi Luukkanen, 2000, *Implications of the Kyoto Protocol for tropical forest management and land use: prospects and pitfalls*, Université d'Helsinki, <http://honeybee.helsinki.fi/tropic/Kyoto.pdf>
- Landsberg, Johanna D, 1999, *Fire and forests: fire – a good servant or a bad master*, <http://www.unece.org/trade/timb.PDF>

- Lecocq, Franck, et Kenneth Chomitz, 2001, *Optimal use of carbon sequestration in a global climate mitigation strategy: is there a wooden bridge to a clean energy future?* (version préliminaire)
- Loisel, Cyril, 2001, communication personnelle (11.9.2001)
- Maclaren, Piers, 2000, *Carbon accounting methodologies – a comparison of real-time, tonne-years, and one-off stock change approaches*, présenté au séminaire « Land-Use, Land-Use Change and Forestry: the Road to COP6 », Finlande, septembre 2000, http://www.pik-potsdam.de/cp/chief/nima/macl_p.html
- Moura Costa, Pedro, et Charlie Wilson, 2000, *An equivalence factor between CO₂ avoided emissions and sequestration - description and applications in forestry*
- OCDE/AEI, 1999, *Options for Project Emission Baselines*, document d'information OCDE et AIE, <http://www.oecd.org/env/cc/freedocs.htm>
- ONF (Office National des Forêts, France), 2001, *Forêt et Changement Climatique*, (document de travail non publié)
- Phillips, Gareth, Edwin Aalders, Irma Lubrecht, 2001, *Forestry Issues outstanding from COP 6*, SGS Climate change programme
- Pingoud, Kim, Riitta Korhonen, Ilkka Savolainen, Robert Matthews, 2000, *The ton-year index as a basis for carbon accounting of forestation projects under the Climate Convention*, présenté au séminaire « Land-Use, Land-Use Change and Forestry: the Road to COP6 », Finlande, septembre 2000
- Pronk, Jan, 2001, *New Proposals by the Chairman of COP6*, <http://www.unfccc.int>
- Schneider, J, 1999, *Preventive Measures*, <http://www.altnews.com.au/jetsunstudios/travelcam/mschneider/preventi.htm>
- SGS, 2000a, *Río Cónдор Forest Carbon Project, GHG Project Verification and Certification - Executive Summary*, <http://www.sgs.nl/nl/icm/agro/cov.html>
- SGS, 2000b, *Kilombero Forests Limited, GHG Project Verification and Certification - Executive Summary*, <http://www.sgs.nl/nl/icm/agro/cov.html>
- SGS, 2000c, *Profafor (Programa Face de Forestación), GHG Project Verification and Certification - Executive Summary*, <http://www.sgs.nl/nl/icm/agro/cov.html>
- STTFN (Southern Tablelands Farm Forestry Network Newsletter), 2000, *Australian Forest Growers Plantation Insurance Scheme*, <http://www.stffn.org.au/Newsletter/Newsletters/2000-01.htm#Australian Forest>
- Sumitomo Forestry Co. Ltd, 2001, *Forest Plantation Project in Indonesia*: présentation au « 11th Asia Pacific Seminar on Climate Change », Kitakyushu, 28-31 août, Japan
- Tipper, Richard, William McGhee, Jane Ellis, Ben H. de Jong, Augustine Hellier, 2001, *An Initial View on Methodologies for Emission Baselines: Forestry Case Study* (non publié – version préliminaire présentée lors du AIXG, mars 2001)
- FCCC, 2001, Décision 5/CP.6, *Mise en œuvre du plan d'action de Buenos Aires*, FCCC/CP/2001/L.7
- FCCC, 2001, *Texte de négociation récapitulatif*, FCCC/CP/2001/2/Add.2 <http://www.unfccc.int/>
- FCCC, 2000, *Methodological Issues: Land Use, Land-Use Change and Forestry*, FCCC/SBSTA/2000/MISC.8 <http://www.unfccc.int/resource/docs/2000/sbsta/misc08.pdf>

COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2001)11

WBGU (Conseil consultatif allemand sur le changement climatique), 1998, *The Accounting of Biological Sinks and Sources under the Kyoto Protocol: a step forwards or backwards for global environmental protection? Special Report 1998*, http://www.awi-bremerhaven.de/WBGU/wbgu_sn1998_engl.html

8. Glossaire

Décomposition anaérobie	Décomposition en l'absence d'oxygène. En décomposition anaérobie, le carbone contenu dans la matière organique est émis sous forme de CH ₄ et non pas de CO ₂ .
B/R	Boisement/reboisement
Réduction du stock de carbone	Perte de carbone séquestré dans les arbres. Ces pertes peuvent intervenir pour des raisons naturelles ou anthropiques.
MDP	Mécanisme pour un développement propre (défini à l'article 12 du Protocole de Kyoto)
REC	Réductions d'émissions certifiées (crédit d'émission découlant de projet du type MDP)
CH ₄	Méthane
TNR	Texte de négociation récapitulatif (FCCC 2001)
CO ₂	Dioxyde de carbone
CdP	Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
URE	Unité de réduction des émissions (crédit d'émission découlant de projets relevant de projets du type AC)
GES	Gaz à effet de serre
AC	Application conjointe (décrite dans l'article 6 du Protocole de Kyoto)
ATCATF	Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
VAN	Valeur actuelle nette
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques