

REDUCTION DES EMISSIONS DUES A LA DEFORESTATION ET A LA DEGRADATION DES FORETS : QUELLE CONTRIBUTION DE LA PART DES MARCHES DU CARBONE ?

Valentin Bellassen^{*}, Renaud Crassous[†], Laura Dietzsch[‡] et Stephan Schwartzman[§]

La déforestation tropicale est responsable de 15 à 20 % de l'ensemble des émissions humaines de gaz à effet de serre. En décembre 2007, lors de la conférence internationale de Bali, les Nations Unies ont reconnu qu'une solution viable au changement climatique devait intégrer un mécanisme visant à limiter la déforestation et la dégradation des forêts. A ce jour, les marchés du carbone constituent l'outil économique le plus communément utilisé pour réduire les émissions : les plafonds imposés aux émetteurs et la possibilité d'échange offerte entre émetteurs et détenteurs de crédits-carbone contribuent à établir un signal de prix sur le carbone et à encourager le contrôle des émissions. Le présent rapport examine les différentes possibilités d'élargir le champ de cet outil de manière à ce qu'il contribue à réduire les émissions provoquées par la déforestation. Il présente trois options principales : un fonds financé par des taxes, l'utilisation de revenus issus de ventes aux enchères et l'émission de crédits-carbone négociables. Cette étude ne traite pas d'autres instruments sans rapport avec les paiements liés au carbone.

Nous résumons en premier lieu les informations disponibles sur les causes de la déforestation et sur l'impact des pertes forestières pour le climat mondial. Contrairement à une opinion communément admise, la déforestation est davantage provoquée par les agriculteurs que par les bûcherons. Certains, principalement en Afrique, déboisent en effet les forêts afin de produire des cultures de base, tandis que d'autres, plus particulièrement en Amérique du Sud, le font pour répondre à la demande croissante de soja et de bétail.

Sur la base de cette analyse, nous décrivons les différentes possibilités d'association entre les marchés du carbone et la lutte contre la déforestation. Dans le cas des crédits négociables, nous estimons que, si les marchés du carbone peuvent substantiellement accroître le montant des financements disponibles pour le développement de projets et de programmes visant à réduire la déforestation, la demande de crédits-carbone doit augmenter parallèlement pour absorber cette nouvelle source d'approvisionnement, qui représente probablement autour d'un milliard de tonnes de CO₂ par an. Comme le démontre le modèle développé par Environmental Defense Fund, les plafonds d'émissions actuellement prônés par la Commission européenne en Europe et par la loi Lieberman-Warner aux États-Unis créeraient une demande suffisante pour que le signal de prix reste à un niveau proche de 20 €/tCO₂. D'autres solutions, telles que les prix de réserve fixés lors de ventes aux enchères ou la mise en réserve de crédits, ont été avancées dans le but de minimiser le risque de voir le marché du carbone inondé par les trop nombreux crédits de « déforestation évitée ».

En tout état de cause, la réduction de la déforestation et le maintien d'un signal de prix fort sur les marchés du carbone sont comme deux frères siamois dans la lutte contre le changement climatique. L'association étroite de ces deux facteurs peut être source de force ou de vulnérabilité, mais les deux conditions sont essentielles pour atteindre le but ultime que constitue la stabilisation du climat.

^{*} **Valentin Bellassen** est chercheur à la Mission Climat de la Caisse des Dépôts. Il prépare actuellement un doctorat sur la gestion des forêts au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE). Ses domaines de recherche comprennent le marché volontaire du carbone et les projets forestiers. Contact : valentin.bellassen@caissedesdepots.fr - + 33 1 58 50 19 75

[†] **Renaud Crassous** est chercheur au Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED). Ses domaines de recherche comprennent la modélisation des marchés de l'énergie et du carbone. Contact : crassous@centre-cired.fr - + 33 1 43 94 73 20

[‡] **Laura Dietzsch** est chercheuse à l'Institut amazonien de recherche environnementale (IPAM). En tant qu'environnementaliste brésilienne, ses domaines de recherche comprennent l'étude des causes et des solutions de la déforestation au Brésil. Contact : lauradi10@gmail.com

[§] **Stephan Schwartzman** est co-directeur du programme international du Fonds de défense de l'environnement Ayant travaillé de nombreuses années au Brésil, il est l'un des meilleurs experts mondiaux de la déforestation. Contact : sschwartzman@environmentaldefense.org - +1 (202) 572 3337

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent en premier lieu à remercier Environmental Defense Fund (EDF), l'Institut de recherche environnementale de l'Amazonie (IPAM) ainsi que l'Université fédérale de Minas Gerais pour la précieuse contribution qu'ils nous ont apportée lors de la rédaction de ce rapport.

Les auteurs souhaitent également remercier pour leur lecture attentive et leurs critiques constructives toutes les personnes rencontrées au cours de la préparation de ce rapport et, plus particulièrement, Sandra Brown (Winrock International), Yves-Marie Gardette (ONF), David Kaimowitz (CIFOR), Ruben Lubowski (EDF), et Romain Pirard (IDDRI) pour leur relecture attentive et leurs critiques constructives.

Remarque : les données chiffrées de ce rapport ont toutes été établies en euros et en tonnes de CO₂e. Les taux de conversion utilisés sont les suivants : 0,65 euro/dollar et 3,66 tCO₂e/tC.

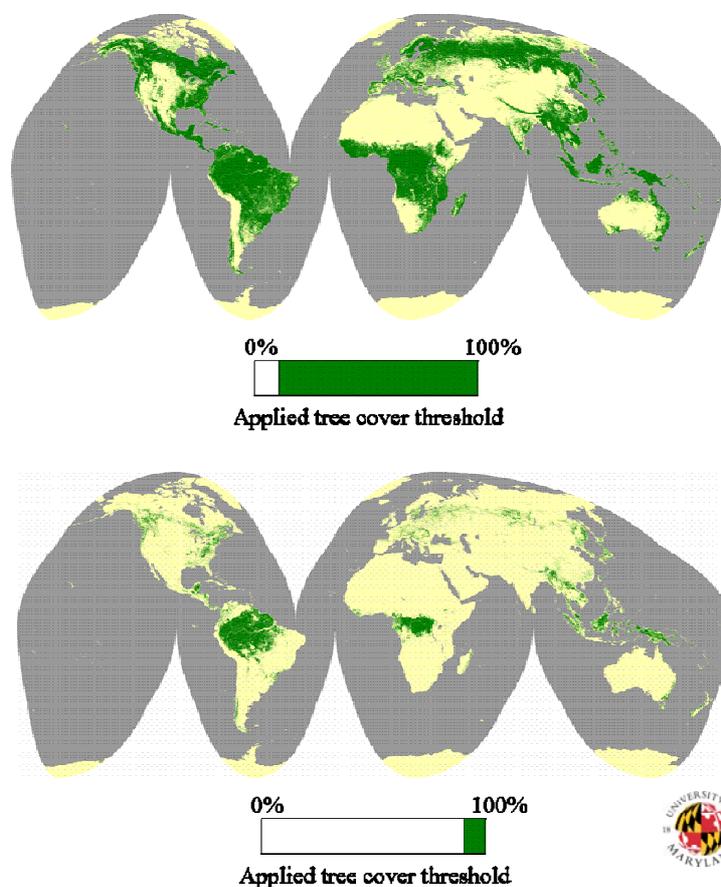
| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 4 |
| I. DEFORESTATION ET EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE : QUELS ENJEUX ? | 5 |
| A. La déforestation sur le plan mondial : 15-20 % d'émissions de gaz à effet de serre | 5 |
| B. Déforestation au niveau régional : à chaque continent son contexte | 9 |
| C. La déforestation au niveau national : le Brésil et l'Indonésie sous les feux de la rampe | 10 |
| D. Pour quelles raisons les forêts sont-elles déboisées ? | 11 |
| II. LES FORETS AU SEIN DES OUTILS EXISTANTS DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE | 16 |
| A. Historique du sujet aux Nations Unies | 16 |
| B. Le lien étroit entre SCEQE et prix des crédits forestiers | 17 |
| C. La lutte contre la déforestation continue de dépendre des fonds et du marché carbone volontaire | 17 |
| III. MESURE ET CONTROLE DES ENJEUX DES PAIEMENTS LIES AU CARBONE | 19 |
| A. Les techniques de télédétection sont opérationnelles et permettent de cartographier l'évolution de l'aménagement des territoires | 19 |
| B. La cartographie des stocks de carbone reste un exercice ardu | 20 |
| C. Améliorations technologiques à venir | 21 |
| D. Non-permanence | 21 |
| E. Fuites | 22 |
| IV. L'EXEMPLE BRÉSILIEN : FONDS, BONNE GOUVERNANCE ET TECHNOLOGIES DE CONTROLE PEUVENT LIMITER LA DEFORESTATION | 23 |
| A. La déforestation au Brésil | 23 |
| B. Zones protégées en Amazonie | 24 |
| C. Autres initiatives brésiliennes : Plan national de prévention et de lutte contre la déforestation, licence environnementale contrôlée par satellite et pacte « déforestation zéro » | 27 |
| V. COMMENT LES MARCHES DU CARBONE POURRAIENT-ILS ETRE UTILISES ? | 28 |
| A. La valeur carbone théorique nécessaire pour éviter la déforestation | 28 |
| B. Des coûts d'opportunité théoriques à la mise en œuvre effective : les fruits des branches basses d'un grand arbre | 29 |
| C. Un signal de prix efficace : comment lier le système REDD aux marchés du carbone ? | 32 |
| D. Les obstacles du côté de l'offre : une question de scénario de référence | 34 |
| E. Les obstacles du côté de la demande : combien est-il possible d'acheter ? | 35 |
| F. Problématique à moyen terme : incorporation complète des forêts dans le marché international du carbone | 37 |
| ANNEXE 1. CHIFFRES PUBLIES SUR LES ÉMISSIONS DUES A LA DEFORESTATION | 39 |
| ANNEXE 2. COUT ENGAGE POUR EVITER LA DEFORESTATION - ESTIMATIONS DES APPROCHES EMPIRIQUES | 40 |
| REFERENCES | 41 |
| NOTES D'ETUDE DE MISSION CLIMAT | 43 |

INTRODUCTION

Chaque année, les forêts matures et en pleine croissance stockent un quart des émissions anthropiques dans leurs bois et dans leurs sols. Cette contribution essentielle à la limitation du changement climatique a été exploitée par le protocole de Kyoto : il est déjà possible d’obtenir des crédits de carbone en plantant des forêts. Toutefois, le Protocole n’aborde pas le sujet de la déforestation, notamment dans les zones tropicales, qui est responsable d’environ un cinquième des émissions humaines sur le plan mondial. Il n’aborde pas non plus le problème de la dégradation des forêts, c’est-à-dire la diminution de la capacité de stockage de carbone de terres qui restent néanmoins des forêts, ce qui se produit généralement lorsque de vieilles forêts sont exploitées de manière sélective pour récolter leurs essences les plus rares. Cette équation a motivé l’approbation par les Nations Unies de la Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD) comme moyen d’atténuation du changement climatique, lors de leur dernière conférence internationale de Bali, en décembre 2007. Cette approbation a généré une nouvelle vague de recherches et de négociations, dont le but explicite est de conclure un accord sur un mécanisme détaillé d’ici à la fin 2009.

Le premier point sur lequel il convient de s’accorder est la définition du terme « forêt ». Selon la FAO, une forêt est une étendue terrestre d’une superficie supérieure à un demi-hectare, dont au moins 10 % de la surface est recouverte d’arbres. Les arbres sont définis comme des éléments de végétation boisée hauts de plus de 5 mètres à maturité. Dans le domaine du climat, le Protocole de Kyoto laisse une plus grande marge de manœuvre. Les pays sont libres de choisir une superficie minimale comprise entre 0,05 et 1 hectare, une densité du couvert minimale comprise entre 10 et 30 % et une hauteur minimale comprise entre 2 et 5 mètres. Ces détails ont leur importance : la superficie considérée comme étant une forêt varie considérablement suivant la définition prise en compte (cf. Figure 1) En termes de paysages, les seuils inférieurs comprendront des mosaïques d’usage des terres où les forêts alternent avec des champs, tandis que des seuils plus élevés ne retiendront que des forêts matures, souvent éloignées des implantations humaines.

Figure 1 - Zones couvertes de forêts, en fonction de la définition du terme « forêt »



Ces cartes sont obtenues à partir d’images satellites (MODIS) qui permettent la détection du couvert forestier avec une résolution de 1 km. Les zones présentant un couvert forestier d’au moins 10 % (à gauche) sont plus grandes que les zones présentant un couvert forestier d’au moins 90 % (à droite).

Source : Matthew Hansen, Université du Dakota du Nord

Suivant la densité du couvert et l'endroit où la forêt se situe, son déboisement provoque différents niveaux de réchauffement. Le niveau de menace dépend également de la pression humaine spécifique : en Chine, l'interdiction de l'exploitation commerciale du bois est appliquée de manière très stricte et les forêts se régénèrent (même si les importations chinoises de bois entraînent une grave déforestation en Indonésie et dans d'autres pays), tandis qu'au Brésil, la demande de viande et de soja pousse le front de la déforestation de plus en plus profondément à l'intérieur de l'Amazonie.

Sans perdre de vue cette complexité, le présent rapport a pour objectif de résumer les connaissances actuellement disponibles sur la déforestation. La compréhension des causes de la déforestation et de leur impact sur le climat permet dès lors une meilleure appréhension des propositions actuelles qui tentent d'associer déforestation et marchés du carbone.

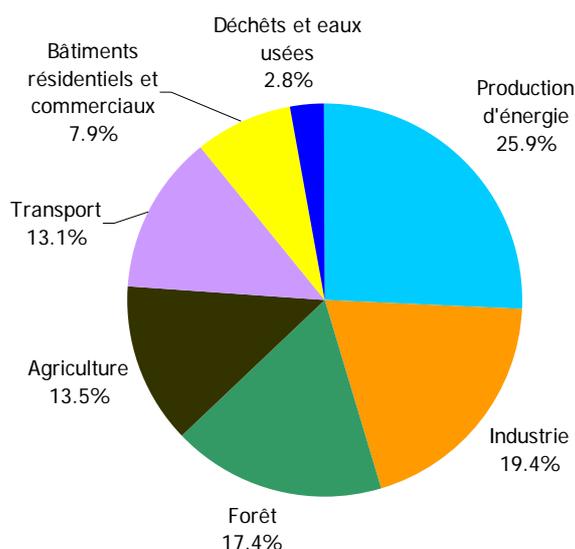
I. DEFORESTATION ET EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE : QUELS ENJEUX ?

A. La déforestation sur le plan mondial : 15-20 % d'émissions de gaz à effet de serre

Émissions liées à déforestation : moins que l'énergie, plus que les transports

Les meilleures estimations du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les émissions dues à la déforestation sont de l'ordre de 8,7 GtCO₂e/an en 2004. Ce chiffre se répartit comme suit : 5,8 GtCO₂e/an en raison de la déforestation *stricto sensu* et 1,9 GtCO₂e/an imputable à l'assèchement de zones humides (forêts tourbeuses et autres zones marécageuses). Ces émissions brutes imputables au secteur forestier représentaient 17 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2004, ce qui fait du secteur forestier le troisième plus grand émetteur après l'approvisionnement énergétique et l'industrie. Autre chiffre du GIEC largement repris, celui de la part de la déforestation *stricto sensu* dans le cadre des émissions mondiales de CO₂, comprise entre 5 et 25 %. L'incertitude liée à ce chiffre est pour moitié due aux données utilisées pour calculer les taux de déforestation. L'utilisation des données satellite plutôt que des statistiques nationales permet d'obtenir des estimations plus proches de la limite inférieure, de 3,6 GtCO₂e/an pour la déforestation *stricto sensu*. Une étude récente de Gibbs a analysé huit bases de données de carbone dans la biomasse forestière, et ainsi créé le premier jeu complet d'estimations du stock de carbone forestier par pays. L'étude conclue que diverses solutions existent pour résoudre les problèmes techniques liés à la mesure du carbone forestier, et que celles-ci continueront à s'améliorer en réponse aux signaux politiques. Nous prions les lecteurs intéressés par une analyse détaillée des chiffres de la déforestation mondiale de se référer à l'Annexe 1.

Figure 2 - Émissions mondiales de gaz à effet de serre par secteur en 2004 (total : 50 GtCO₂e)



Avec 17 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2004, la participation du secteur forestier (émissions brutes dues à la déforestation *stricto sensu* et à l'assèchement de zones humides) s'élève à 8,7GtCO₂e.

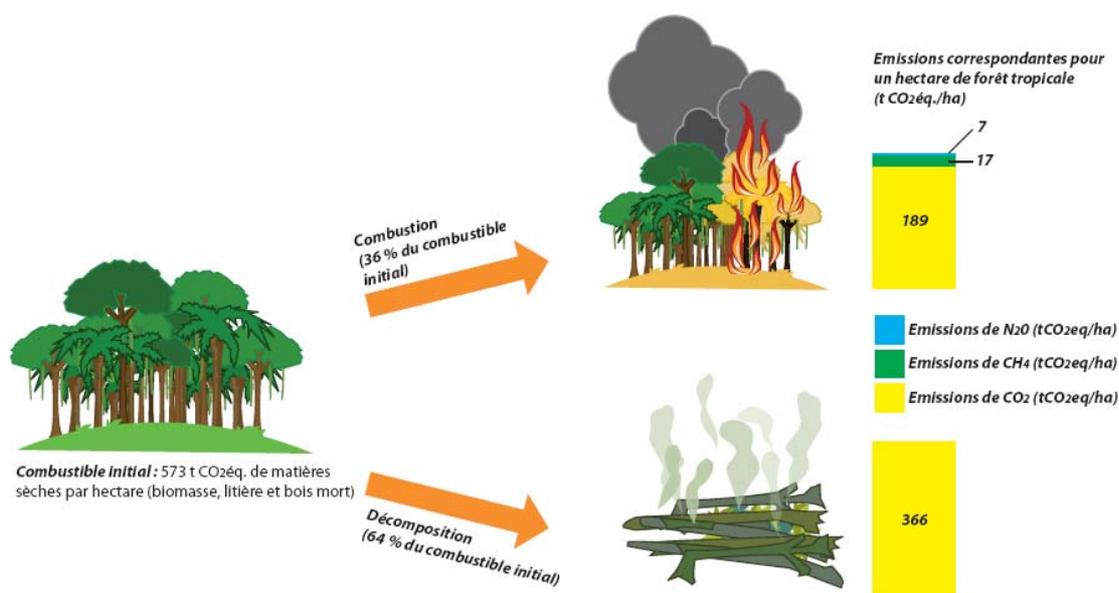
Source : GIEC 2007

Ces chiffres ne tiennent pas compte des émissions de carbone dues à la dégradation forestière. Pour l'ensemble de l'Amazonie brésilienne, celles-ci s'élèvent à 25 % des émissions imputables à la déforestation *sensu stricto*. Ce ratio pourrait s'avérer supérieur en Afrique et en Asie du Sud-Est, où l'exploitation sélective et la collecte de bois de chauffage sont réputés constituer une part plus importante de la pression anthropique.

Échelle temporelle des arbres : l'atmosphère est plus sensible à la déforestation qu'à la reforestation

La déforestation émet des gaz à effet de serre pour deux raisons principales : la combustion et la décomposition. Les agriculteurs utilisent le feu pour se débarrasser des parties non exploitables des arbres, telles que souches et cimes, où même le tronc quand leurs besoins en bois sont déjà pourvus. À court terme, les cendres qui en résultent fertilisent également la terre déboisée. Les émissions de gaz à effet de serre issues de la combustion de la biomasse sont principalement composées de CO₂, mais du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O) sont également émis (voir Figure 3). Ce qui ne se consume pas est décomposé, ce qui prend généralement moins de 10 ans. À long terme, la décomposition est également le destin du bois récolté avant l'incendie, même si l'échelle temporelle varie beaucoup en fonction de son utilisation.

Figure 3 - Types de gaz à effet de serre dont l'émission est due à la déforestation



Deux processus expliquent les émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation : la combustion et la décomposition. Les émissions sont principalement composées de CO₂, mais du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O) sont également émis lorsque la biomasse se consume. Ce schéma général ne s'applique pas à la dégradation dans les marécages, mais il est rare que des terres déboisées soient maintenues sous eau.

Source : Mission Climat à partir de données du GIEC 2006.

Les sols peuvent également représenter une source d'émissions. Contrairement aux icebergs, cette face cachée du carbone forestier est beaucoup moins affectée par le déboisement. Lorsqu'ils sont labourés pour l'agriculture et débarrassés de toute source de carbone, telle que bois mort, herbes ou feuilles mortes, les sols forestiers libèrent en moyenne 8 % de leur stock initial de carbone. Lorsque les forêts sont converties en pâturages cependant, la quantité de carbone présent dans le sol varie moins et peut même augmenter. Quoi qu'il en soit, cette variation vaut rarement le coût (élevé) d'être mesurée précisément : les projets de plantations d'arbres pour l'obtention de crédits carbone se contentent souvent de démontrer que le stock de carbone du sol augmente mais ne revendiquent pas les crédits-carbone correspondant à cette augmentation.

Dans le cadre de ce processus, l'échelle temporelle est un facteur essentiel : lorsqu'une forêt est déboisée, son stock de carbone est entièrement libéré dans l'atmosphère dans un délai de dix ans. Lorsqu'une forêt est plantée, son stock de carbone met plus d'une centaine d'années pour s'approcher des niveaux des forêts primaires. Sur le court terme, il est donc nécessaire de planter dix hectares de nouvelles forêts pour compenser la perte d'un hectare de forêt mature.

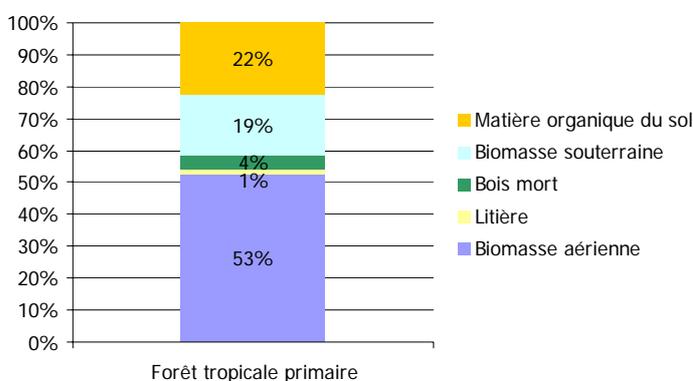
Combien de carbone pour un hectare de forêt ?

Attribuer une quantité de carbone à chaque hectare de forêt est une tâche difficile. Le résultat dépend de trois paramètres : l'éventail des compartiments pris en compte, les conditions locales (sol, climat, espèces) et le type de gestion (forêt primaire, exploitation sélective, courtes rotations..).

- L'éventail des compartiments pris en compte

Comme pour l'inventaire des gaz à effet de serre produits par les entreprises industrielles, le contenu en carbone des forêts dépend des compartiments considérés pour l'inventaire. Le GIEC considère comme une bonne pratique que les inventaires nationaux fournissent une estimation basée sur l'ensemble des cinq compartiments contenant du carbone : la biomasse aérienne, la biomasse racinaire, la litière, le bois mort et le carbone des sols (Figure 4). Comme nous l'avons déjà mentionné cependant, les projets carbone du secteur forestier limitent en règle générale leurs revendications au compartiment « biomasse aérienne », le plus facile à mesurer et le plus affecté par l'activité humaine.

Figure 4 - Contenu en carbone des différents compartiments d'une forêt tropicale primaire

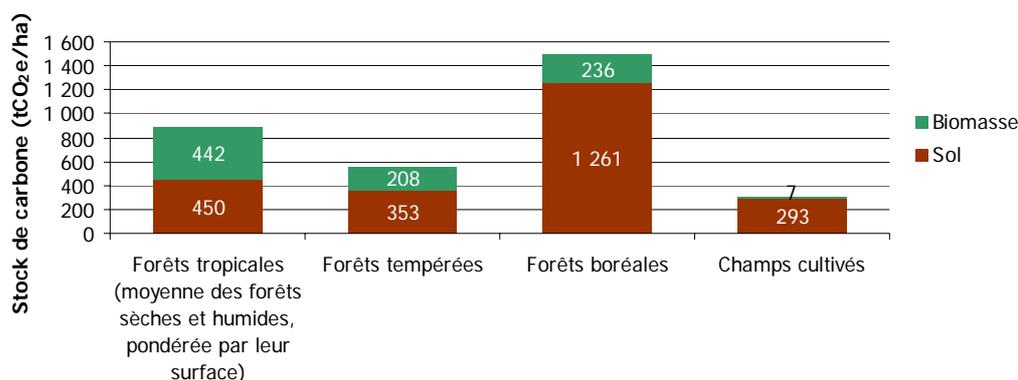


Source : GIEC 2006.

- Conditions locales

En règle générale, plus les forêts sont humides, chaudes et riches en nutriments, plus le bois stocke de carbone. Les deux premiers facteurs expliquent pourquoi les forêts tropicales humides présentent en moyenne un stock de biomasse aérienne plus important (Figure 5).

Figure 5 - Contenu en carbone des forêts



Ces moyennes mondiales des différents écosystèmes illustrent l'influence de l'importance, du climat et de la gestion sur le contenu en carbone des forêts. En raison d'un climat chaud et humide, les forêts tropicales stockent plus de carbone dans leur biomasse que les forêts tempérées et boréales. Cet effet est probablement amplifié par les pratiques appliquées en matière de gestion : si la plupart des forêts tempérées sont depuis longtemps des forêts gérées, de nombreuses forêts tropicales sont encore inexploitées. Enfin, lorsque le sol fait partie des compartiments considérés lors de l'inventaire du stock de carbone, les forêts boréales possèdent largement leurs faibles stocks de biomasse.

Source : Mission Climat à partir de données du GIEC 2000.

- Pratiques en matière de gestion

Les pratiques de gestion forestière ont une incidence importante sur les stocks de carbone : la gestion sur le long terme permet aux forêts européennes gérées de rester, en moyenne, relativement jeunes. Les stocks de carbone de ces jeunes forêts sont en dessous de leur valeur d'équilibre ce qui en fait des « puits », dans la mesure où elles absorbent le CO₂ atmosphérique pour alimenter leur croissance. Au contraire, les forêts tropicales primaires disposent de stocks plus importants, mais elles ont atteint le stade de l'équilibre. En théorie, de par leur respiration et leur décomposition, elles émettent autant de carbone qu'elles en absorbent, et n'exercent aucune influence sur les quantités de carbone présentes dans l'atmosphère. Dans la pratique, toutefois, on estime que leurs stocks de carbone augmentent légèrement en raison d'effets anthropiques tels que les dépôts d'azote et la fertilisation au CO₂.

Par conséquent, appliquer des pratiques de gestion différentes peut avoir une incidence sur les stocks de carbone (cf. Encadré n°1). Comparée aux pratiques de gestion plus conventionnelles, l'exploitation à faible impact, par exemple, est une technique qui réduit les « dommages collatéraux » subis par les arbres voisins lors de l'abattage des arbres sélectionnés ; par rapport à une exploitation conventionnelle, cette technique est susceptible de réduire de 15 à 20 % les émissions de CO₂ associées aux opérations forestières.

Encadré n° 1. Quelles quantités de carbone émises par la dégradation forestière ?

Dans le cas de la déforestation, le schéma est simple : les émissions correspondent plus ou moins aux quantités totales de carbone de surface. Les émissions dues à la dégradation forestière suivent un schéma plus complexe : lorsqu'une forêt est exploitée de manière sélective, 10 à 30 % de sa biomasse aérienne est coupée. Seuls 10 % du bois coupé finit en produits bois. Les 90 % restants pourrissent rapidement et sont par conséquent convertis en CO₂ dans les 10 à 20 années suivantes. Sur la base des mesures effectuées dans des concessions forestières brésiliennes, Pearson estime qu'une exploitation conventionnelle libère 60 tCO₂e/ha environ. Ces émissions peuvent être réduites à 50 tCO₂e/ha dans le cas d'une exploitation à faible impact.

Comme dans le cas des forêts gérées européennes néanmoins, la régénération de la forêt absorbera du carbone et contribuera à compenser une partie de ces émissions. En termes de comptabilisation des quantités de carbone, les méthodologies actuelles sont donc concentrées sur la différence, sur le long terme, entre forêts primaires, forêts gérées durablement et forêts dégradées. Sur cette échelle temporelle, les forêts bénéficiant de plans de gestion durable tendent à retenir la plupart de leurs stocks de carbone tandis que celles qui sont exploitées de manière illégale ou anarchique peuvent être lentement déboisées.

Si l'on devait établir la valeur en carbone d'un hectare de forêt en ne considérant que la biomasse aérienne, l'ordre de grandeur s'établirait dès lors à 300 tCO₂e. Pour les forêts tropicales humides, les chiffres du GIEC tournent autour de 600 tCO₂e. Outre le stockage du carbone, les forêts possèdent d'autres attributs auxquels on peut attribuer de la valeur, tels que l'humidité du climat local, la prévention des inondations, l'habitat de la vie sauvage, etc. Silva Dias a ainsi estimé que la conservation de plus de 70 % de la forêt amazonienne pourrait s'avérer nécessaire au maintien, dans la région, du régime pluvial qui dépend de la forêt. La plupart du temps néanmoins, le potentiel de valorisation financière de ces autres avantages est inférieur à celui du carbone : même si les forêts tropicales sont plus célèbres pour leur biodiversité que pour leurs stocks de carbone, les mécanismes existant pour protéger la biodiversité ne bénéficient pas encore de l'attrait financier des marchés du carbone.

Une tonne peut en cacher une autre

Ces autres attributs ne sont pas les seules raisons pour lesquels la valeur des forêts ne se limite pas à leur contenu en carbone. Même si l'on s'en tient à leur impact sur le réchauffement climatique, les forêts interviennent d'au moins trois manières différentes.

- Gaz à effet de serre : l'impact le plus évident du déboisement est la libération dans l'atmosphère de leur contenu en carbone sous forme de gaz à effet de serre. La préservation de ce carbone dans le bois a donc pour effet de réduire le réchauffement climatique.

- **Albédo** : les forêts tendent à être plus sombres que les autres types d'usages des terres. Cette assertion est d'autant plus vraie sous les hautes latitudes, où les herbages sont entièrement recouverts de neige en hiver tandis que les forêts présentent toujours des zones plus sombres. Par conséquent, elles tendent à retenir davantage la chaleur des rayons solaires et à avoir un effet de réchauffement en termes d'albédo.
- **Évapotranspiration et autres flux de chaleur** : les forêts ont tendance à « transpirer » davantage que les autres types d'usages des terres. Ce phénomène s'explique par l'absorption locale de la chaleur de surface et par sa libération plus haut dans l'atmosphère, lorsque la vapeur d'eau se condense. Les autres flux calorifiques, tels que les flux éoliens, sont également affectés par les forêts. Globalement, cet effet tend à faire diminuer les températures de surface.

L'effet de serre ne dépend pas de l'endroit de la planète où sont émis les gaz à effet de serre, et son intensité peut être quantifiée de manière relativement précise. Les deux autres effets sont plus difficiles à appréhender. La seule manière d'obtenir une idée de ces effets combinés sur le climat consiste à analyser différents scénarios de déforestation à l'aide de modèles climatiques mondiaux. Cette approche a été mise en œuvre par Claussen, par le biais d'un modèle qui montre un effet globalement réchauffant de la déforestation tropicale, et un effet globalement refroidissant de la déforestation boréale.

Malheureusement, l'incertitude de ces modèles est encore trop grande pour que ces connaissances puissent être converties en « devises climatiques » comparables au tonnage d'un équivalent CO₂, qui permet de comparer tous les gaz à effet de serre en termes d'impact climatique. D'autres études de modélisation, telles que celle de Betts, suggèrent que même la déforestation en Scandinavie exerce un effet globalement réchauffant. Grâce à l'amélioration des connaissances scientifiques et la convergence des modèles vers des estimations plus précises, il sera peut-être possible de définir un tableau de conversion pour le carbone des forêts, selon l'endroit où la déforestation a lieu. En attendant, comme pour les émissions imputables à la consommation de carburants fossiles**, la finance carbone prend en compte le seul « actif climatique » mesurable des forêts : leur contenu en carbone.

B. Déforestation au niveau régional : à chaque continent son contexte

D'après les mesures de déforestation réalisées par Achard, le déboisement en forêt humide constitue l'essentiel des émissions issues de la déforestation : si les autres forêts, plus sèches, comptaient pour au moins un tiers de la surface déboisée annuellement en zone tropicale dans les années 1990, elles ne représentaient que 15 % des émissions en raison de leur moindre contenu en carbone. Même en Afrique, où les forêts sèches représentaient deux tiers des zones déboisées, elles ne représentaient qu'un tiers de la quantité totale des émissions imputables à la déforestation. Le déboisement des forêts sèches n'en est pas pour autant un phénomène négligeable, même si peu d'études s'y intéressent.

Comme l'illustre le tableau, les tendances les plus récentes observées au niveau des forêts tropicales humides révèlent de profondes différences régionales.

- **Amérique tropicale** : des forêts plus vastes, une déforestation accrue

L'Amérique tropicale abrite la plupart des forêts humides, avec 669 millions d'hectares estimés. Elle perd également plus de forêts que les autres régions : entre 2000 et 2005, l'Amérique tropicale a totalisé environ 60 % de l'ensemble des pertes brutes de forêts humides dans le monde.

- **Asie tropicale** : une image contrastée

En Asie tropicale, l'image est contrastée : tandis que les « pays insulaires », tels que l'Indonésie, la Malaisie ou la Papouasie-Nouvelle-Guinée, perdent rapidement leurs forêts, le couvert forestier progresse en Inde. Juste au nord de la zone tropicale, la Chine poursuit activement sa politique de reforestation.

- **Forêts humides africaines** : bien que toujours debout, elles se dégradent de plus en plus

En l'absence de stations de réception d'images satellite dans le Bassin du Congo, les chiffres concernant les forêts humides africaines des années 1990 présentent une plus grande incertitude. De nouveaux systèmes d'échantillonnage ont permis leur amélioration sur les périodes plus récentes. En tout état de cause, le déboisement des forêts humides est moins intense en Afrique qu'ailleurs : entre 2000 et 2005, seuls 5 % de

** L'effet de serre n'est pas non plus le seul impact des émissions imputables aux carburants fossiles sur le climat. La consommation de charbon, par exemple, émet non seulement du CO₂, mais également des aérosols. L'effet réchauffant du CO₂ est estimé supérieur à l'effet potentiellement rafraîchissant des aérosols.

l'ensemble des déboisements de forêts humides ont eu lieu en Afrique tropicale. La dégradation forestière provenant de pratiques d'exploitation non durables, bien que difficile à quantifier sur le plan régional, représente probablement une plus grande menace sur le court terme.

Tableau 1 - Déforestations brute et nette mesurées à l'aide des satellites

| Région | Type de forêt | Déforestation brute | | Déforestation nette | | Sources |
|--|----------------------|---------------------|-------|---------------------|--------|-----------------------------|
| | | Mha/an | %/an* | Mha/an | %/an* | |
| 1990-2000 | | | | | | |
| Amérique tropicale | | | | | | |
| | Tous | 4-4,4 | | 4,1 | | DeFries 2002, Achard 2004 |
| | dont Brésil | 1,6 | n/a | n/a | n/a | INPE |
| | Forêt humide | 2,5 | 0,38% | 2,2 | 0,33% | Achard 2004 |
| | Autres | 1,9 | n/a | 1,9 | n/a | Achard 2004 |
| Afrique tropicale | | | | | | |
| | Tous | 1,3-2,3 | | 2,1 | | DeFries 2002, Achard 2004 |
| | Forêt humide | 0,9 | 0,43% | 0,7 | 0,36% | Achard 2004 |
| | dont Bassin du Congo | 0,4 | 0,21% | 0,3 | 0,16% | Duveiller 2008 |
| | Autres | 1,5 | n/a | 1,43 | n/a | Achard 2004 |
| Asie tropicale | | | | | | |
| | Tous | 2,7-2,8 | 1,00% | 2,3 | 0,82% | DeFries 2002, Achard 2004 |
| Inde (partiellement incluse dans l'Asie tropicale) | | | | | | |
| | Tous | n/a | n/a | -0,4 | -5,66% | Forest Survey of India 2006 |
| 2000-2005 | | | | | | |
| Amérique tropicale | | | | | | |
| | Forêt humide | 3,3 | 0,51% | n/a | n/a | Hansen 2008 |
| | dont Brésil | 2,2-2,6 | n/a | n/a | n/a | INPE, Hansen 2008 |
| Afrique tropicale | | | | | | |
| | Forêt humide | 0,3 | 0,15% | n/a | n/a | Hansen 2008 |
| Asie tropicale | | | | | | |
| | Forêt humide | 1,9 | 0,58% | n/a | n/a | Hansen 2008 |
| | dont Indonésie | 0,7 | n/a | n/a | n/a | Hansen 2008 |

* Part de la surface totale de la catégorie correspondante (par exemple, les forêts tropicales humides américaines) déboisée chaque année.

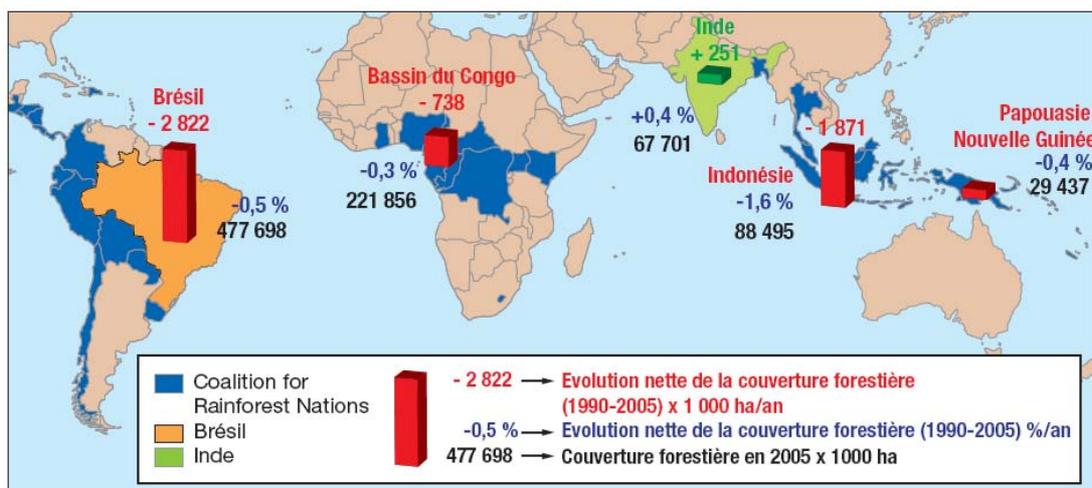
Ce tableau reprend les informations disponibles sur les taux de déforestation obtenus via des études basées sur des données satellite et réalisées à l'échelle mondiale. Ces études sont, de manière générale, cohérentes, et tendent à désigner l'Amérique latine comme la région faisant l'objet de la déforestation la plus rapide.

C. La déforestation au niveau national : le Brésil et l'Indonésie sous les feux de la rampe

D'après les données de la FAO (pour plus d'informations, cf. Annexe I), le Brésil et l'Indonésie sont de loin les deux pays les plus touchés par la déforestation. Ce classement a été confirmé par l'étude de télédétection de Hansen : à eux deux, le Brésil et l'Indonésie totalisent 60 % du déboisement des forêts humides dans le monde. Sur la base de ces chiffres, et en partant de l'hypothèse conservatrice que le déboisement des forêts humides émet en moyenne 600 tCO₂e/ha, les émissions annuelles sont estimées à 1,5 milliard de tonnes de CO₂e pour le Brésil et à 0,4 milliard de tonnes de CO₂e pour l'Indonésie, c'est-à-dire respectivement 62 et 46 % des émissions totales de gaz à effet de serre de chacun de ces pays. Ce chiffre pour l'Indonésie est très conservateur étant donné que les forêts tourbeuses, souvent déboisées pour planter des palmeraies, émettent plus de deux fois plus de CO₂ qu'une forêt humide standard.

La Figure 6, qui s'appuie sur des données de la FAO, illustre les différentes tendances nationales en termes de déforestation. Ces spécificités nationales ont leur importance lorsqu'il s'agit de comprendre les positions défendues par les pays à la table des négociations des Nations Unies sur le futur lien entre le système REDD et les marchés du carbone. Au fur et à mesure où chacune des grandes questions négociées seront abordées dans ce rapport, ces positions nationales seront présentées dans des « encadrés négociations » spécifiques.

Figure 6 - A forêts différentes, problèmes différents



Alors que la déforestation se chiffre en millions d'hectares au Brésil et en Indonésie, l'Inde est en phase de reforestation. Dans le bassin du Congo, la dégradation des forêts est plus inquiétante que le taux de déforestation, relativement faible.

Note : La Coalition for Rainforest Nations se compose officiellement de 15 pays. Au travers d'ateliers qu'elle organise régulièrement, plus de 30 pays (en bleu sur la carte) s'efforcent d'harmoniser leurs positions de négociation aux Nations Unies. L'historique de cette coalition est exposé dans la partie II.

Source : Mission Climat à partir de données de 2005 de la FAO.

D. Pour quelles raisons les forêts sont-elles déboisées ?

Pour résoudre avec efficacité les problèmes liés à la déforestation où qu'ils se présentent, il est nécessaire de comprendre leurs causes et leur dynamique locales. Lorsqu'un petit agriculteur abat une parcelle de forêt en Afrique, cela peut être pour en revendre le bois, pour ramasser du bois de chauffage ou pour cultiver la terre. Le plus souvent, il est effectivement intéressé par plusieurs de ces résultats. Même si l'on ne considère que les causes immédiates - le résultat escompté du déboisement - la raison en est rarement unique.

Figure 7 - Carte des principaux facteurs de déforestation



En Amérique du Sud, les forêts sont le plus souvent déboisées pour l'élevage du bétail et la culture du soja, tandis qu'en Asie du Sud-Est, la culture du palmier à huile et l'exploitation des produits du bois sont les premières causes immédiates de la déforestation. Dans ces deux cas, les marchés mondiaux où sont écoulées ces matières premières représentent la première cause sous-jacente de la déforestation. Leur importance est moindre en Afrique : la déforestation tend à être le fait des petits paysans qui pratiquent une agriculture vivrière et collectent du bois de chauffage.

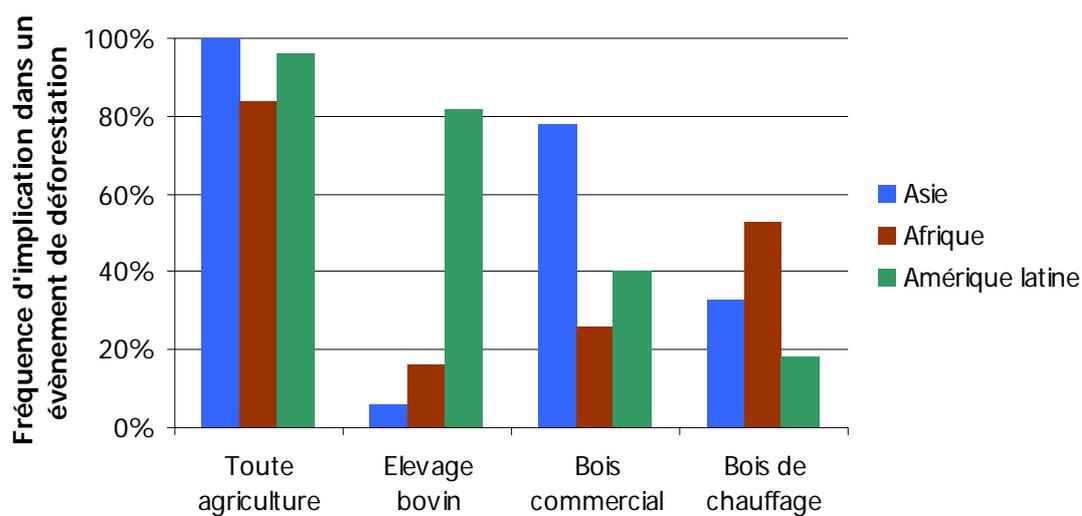
Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts.

Pour comprendre pleinement ce processus, il convient dès lors d'évaluer les facteurs sous-jacents, c'est-à-dire le contexte socio-économique qui pousse ces populations à pratiquer la déforestation.

L'agriculture est la cause immédiate de déforestation la plus fréquente

Les terres ne sont pas partout adaptées à la culture des mêmes plantes, et les besoins de chaque pays diffèrent, à l'instar des politiques agricoles et forestières. C'est la raison pour laquelle les schémas d'utilisation des sols après déboisement varient selon les régions : les terres déboisées servent principalement à l'agriculture à petite échelle en Afrique, tandis que l'élevage de bétail et la culture du soja à grande échelle prédominent en Amazonie.

Figure 8 - Les causes directes de déforestation varient d'un endroit à l'autre du globe



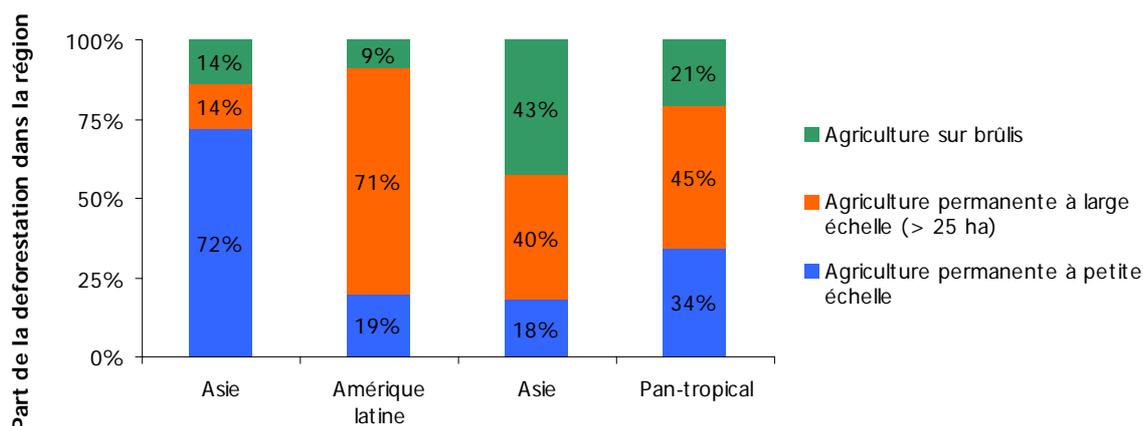
L'agriculture est l'une des motivations principales de la déforestation sur le plan mondial. Le type d'agriculture, toutefois, et l'importance des autres causes immédiates, dépendent très spécifiquement de la région considérée.

Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts, d'après Geist et Lambin 2002.

Il existe deux manières d'évaluer l'importance régionale d'une cause immédiate de déforestation. La première consiste à rassembler des études de cas. Suite à l'analyse de 152 de ces études, Geist et Lambin ont conclu que l'agriculture (pâturages compris) est la cause immédiate de déforestation la plus fréquemment avancée. Si ce schéma est globalement cohérent, le type d'agriculture et l'importance des autres causes varient selon la zone considérée. La Figure 8 montre que l'élevage de bétail joue un rôle dans plus de 80 % des cas de déforestation en Amérique latine, alors qu'il joue un rôle mineur en Asie et en Afrique, où la déforestation tient principalement à l'exploitation commerciale du bois et à la collecte du bois de chauffage.

La deuxième méthode consiste à utiliser les images satellite et à examiner ce que deviennent les terres déboisées. Ces analyses confirment le rôle primordial de l'élevage de bétail en Amazonie, avec environ 70 % de terres déboisées identifiées en tant que pâturages en 2005. La même technique a également permis à la FAO de conclure que la déforestation motivée par l'agriculture à grande échelle (> 25 ha) représentait le schéma prédominant en Amérique latine et en Asie, tandis qu'en Afrique, la conversion des forêts conduit plus souvent à une agriculture de petite envergure.

Figure 9 - Types d'agriculture pratiquée sur les terres déboisées



L'agriculture à grande échelle est responsable de 71 % de la déforestation en Amérique latine, alors qu'en Afrique, au contraire, la déforestation est le plus souvent le fait de petits paysans. En Asie tropicale, la culture itinérante joue un rôle essentiel et peut être pratiquée à grande échelle. Néanmoins, deux études récentes de Curran et Griffiths pour certaines parties de l'Indonésie donnent un poids plus grand à l'exploitation forestière et à l'établissement de plantations à large échelle.

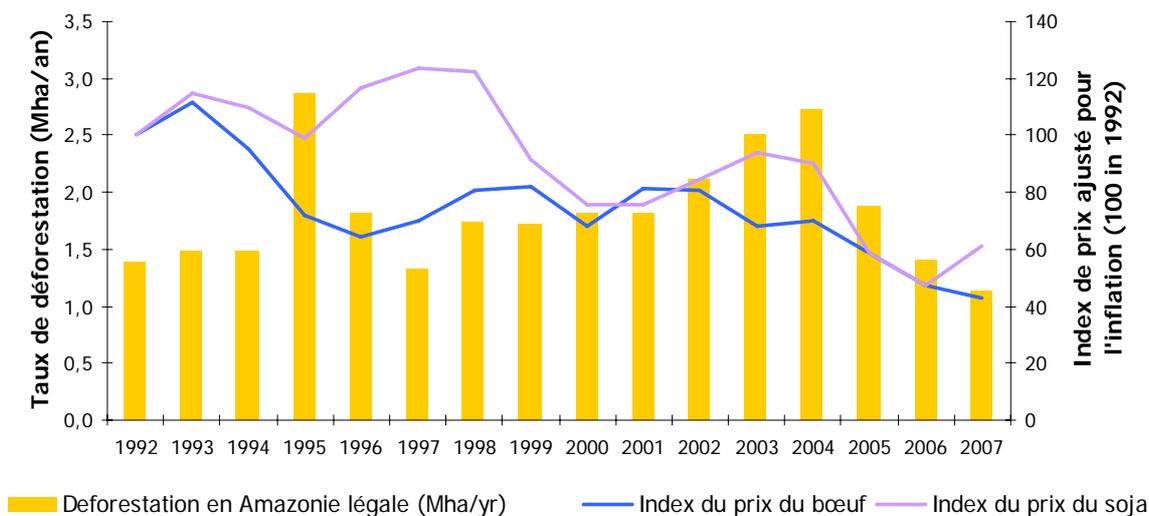
Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts, d'après la FAO 2001.

Si l'agriculture constitue clairement le premier facteur de déforestation au niveau mondial, il convient de ne pas ignorer l'importance du rôle joué par l'exploitation forestière et le ramassage de bois de chauffage dans le cadre du processus, moins aisément détectable, de la dégradation des forêts. Le bois de chauffage représente 8 % de l'approvisionnement mondial en énergie primaire et sa production peut provoquer un appauvrissement, sur le long terme, des stocks de carbone si les forêts ne sont pas gérées de manière appropriée. La pression sur les forêts est particulièrement forte en Afrique où environ 90 % du bois récolté serait utilisés pour répondre aux besoins énergétiques. L'exploitation non durable du bois est également susceptible de provoquer un appauvrissement des stocks de carbone. Par ailleurs, les pistes créées par les sociétés forestières pour pénétrer dans la forêt ouvrent souvent la voie aux agriculteurs et aux éleveurs pour s'installer dans des zones qui, autrement, leur seraient restées inaccessibles.

Facteurs sous-jacents : le rôle capital des prix agricoles

Les facteurs sous-jacents de la déforestation sont plus difficiles à appréhender, mais également plus importants à détecter : comme en médecine, il est plus efficace de traiter la cause de la maladie que les symptômes. Des études de grande envergure désignent les facteurs économiques comme la clé de la compréhension de la déforestation. Dans le cadre de leur analyse exhaustive, Geist et Lambin ont conclu que les conditions de marché jouaient un rôle dans 81 % des cas de déforestation. En outre, les prix internationaux des matières premières agricoles sont connus depuis longtemps comme étant des moteurs de la déforestation. Au Cameroun, le taux de déforestation observé entre 1967 et 1997 s'est avéré fortement corrélé aux conditions macroéconomiques et, plus particulièrement, au prix de cultures commerciales telles que le café ou le cacao. Au Brésil, le taux de déforestation national est étroitement lié aux prix du soja et du bétail depuis l'an 2000. Kaimowitz et Angelsen ont efficacement résumé la situation après avoir étudié 150 modèles économiques de déforestation tropicale : la hausse des prix agricoles aggrave la déforestation.

Figure 10 – Lien entre déforestation et prix agricoles

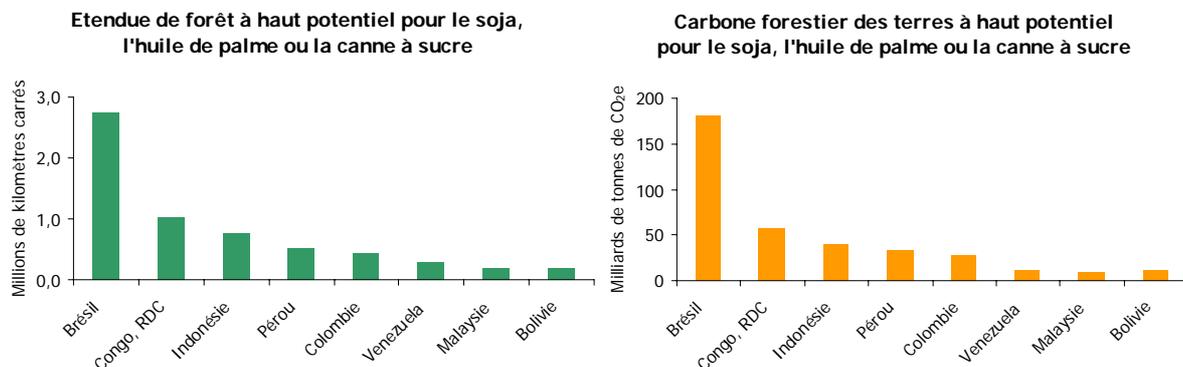


Depuis 2000, le prix du soja et, dans une moindre mesure, le prix du bétail, sont fortement liés à la déforestation. Cette corrélation ne cesse de se vérifier, la récente hausse du prix du soja semblant s'accompagner d'une recrudescence significative de la déforestation en 2008. Les mesures à haute résolution de la déforestation en 2008, comparables à la série temporelle présentée sur cette figure, ne sont toutefois pas encore disponibles.

Sources : INPE, IMF.

De plus en plus fréquemment, la déforestation à grande échelle est due à la demande internationale de matières premières agricoles. En l'absence de mesures destinées à contrecarrer cette tendance, elle devrait se poursuivre car les terres agricoles adaptées à la culture des principales denrées agricoles se trouvent pour une grande part au cœur de forêts offrant au stock de carbone élevé, possédant une très riche biodiversité, et habitées par des peuples indigènes (cf. Figure 11).

Figure 11 - Potentiel agricole inexploité des forêts

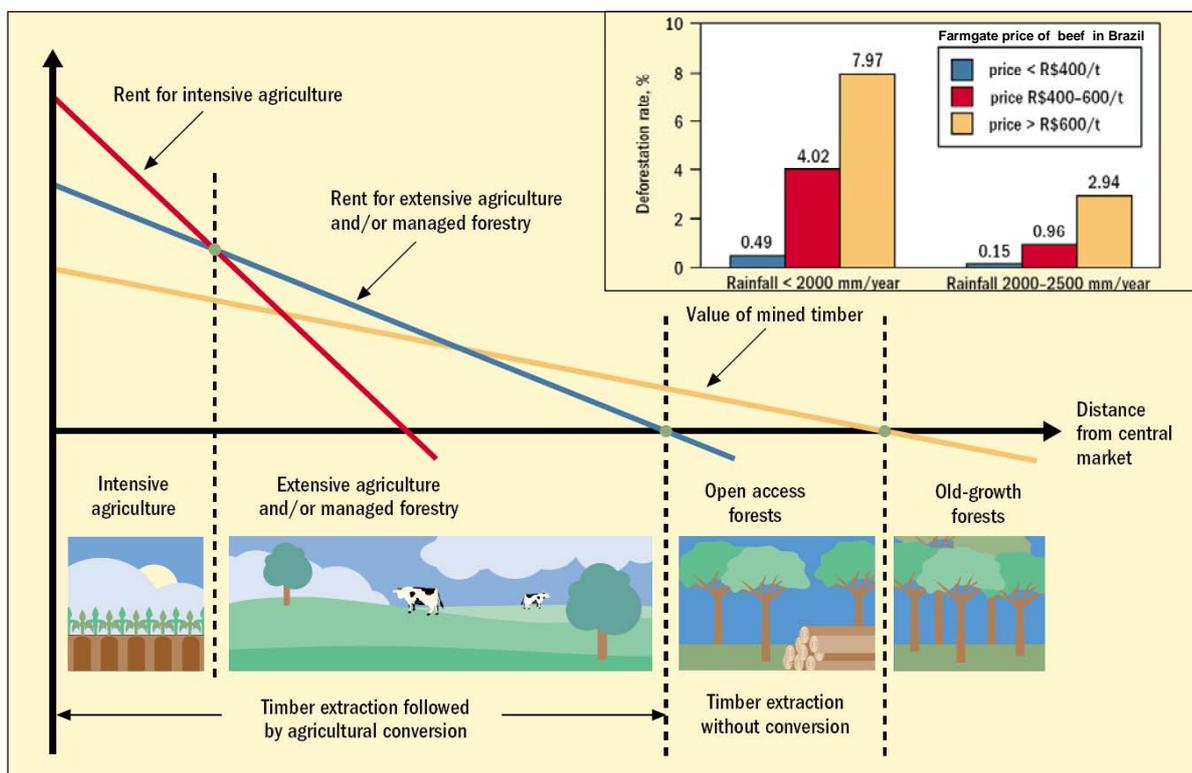


D'importantes zones forestières et stocks de carbone en forêts ont un sol et un climat adaptés aux principaux facteurs de déforestation tropicale (soja, palmier à huile, canne à sucre). Trente-six pour cent des terres adaptées à ces types de cultures se trouvent au Brésil.

Source : Stickler et al. 2007.

Ce rôle central des conditions du marché sur l'accélération de la déforestation donne lieu au schéma général de déforestation décrit par Hyde et Chomitz. Chaque grand marché (ville) est entouré de ceintures successives d'activités : agriculture intensive, agriculture extensive, extraction de bois et forêt primaire. Lorsque le marché central est par trop éloigné, les coûts de transport des moyens de production et des produits agricoles rendent l'agriculture intensive moins rentable que l'agriculture extensive. Ces coûts atteignent ensuite un niveau auquel l'agriculture n'est plus rentable et est remplacée par la culture du bois. Les routes et les nouvelles implantations réduisant les coûts du transport, chaque ceinture s'accroît au détriment des forêts primaires (cf. Figure 12). Ce schéma se vérifie tout particulièrement au Brésil : plus on se rapproche des villes, plus les prix à la production de la viande de bœuf et le taux de déforestation augmentent. Sur la base de ce type d'analyse, Arima a conclu qu'une hausse de 10 % du prix du bœuf en ville aurait pour effet d'étendre la ceinture « affectée » à l'élevage de bétail de 260 000 km² vers l'intérieur de la forêt.

Figure 12 - Rôle central des marchés sur l'évolution de la déforestation



L'évolution de la déforestation est étroitement liée à la proximité des marchés : avec la hausse des coûts de transport, la déforestation ralentit, et l'exploitation la plus rentable des terres évolue.

Source : Chomitz 2006.

En nous focalisant sur les prix à la production des matières premières agricoles, il nous est possible de mieux comprendre les facteurs sous-jacents de la déforestation. En effet, les prix à la production sont non seulement affectés par la demande internationale de matières premières agricoles, mais également par des facteurs locaux et nationaux - taux de change, politiques d'aménagement des sols, etc. - liés aux politiques macro-économiques de chaque pays. Considérons l'exemple de huit pays spécialisés dans l'exportation de produits pétroliers et de minerais étudiés par Wunder. Un afflux abondant d'investissements étrangers permet à leurs gouvernements de favoriser les migrations urbaines en subventionnant le développement urbain. Par ailleurs, leurs taux de change relativement élevés pèsent sur le rendement des exportations de produits agricoles et de bois. Par conséquent, leur taux de déforestation est inférieur à celui de pays tropicaux comparables non exportateurs. Ce schéma n'est pas universel : en Indonésie, par exemple, les exportations de pétrole servent à financer les usines de pâte à papier et tendent dès lors à accroître les taux de déforestation. Quoi qu'il en soit, la politique macroéconomique d'un pays peut exercer une influence importante sur le taux de déforestation national. Les subsides attribués aux biocarburants constituent un autre exemple de cet impact potentiel étudié récemment. Les conclusions de cette étude sont résumées ci-dessous, dans l'Encadré n° 2.

D'autres facteurs sous-jacents peuvent également expliquer l'évolution des taux de déforestation, notamment des aspects institutionnels tels que le régime foncier. Il a été démontré que l'aménagement du territoire permettait de réduire la déforestation à travers la sécurisation du régime foncier. En Chine, l'association de mesures telles que l'interdiction d'abattage d'arbres, la décentralisation de l'aménagement du territoire et la subvention de plantations forestières a permis d'engager le pays dans la voie d'une reforestation nette.

Au contraire, l'application moins stricte du cadre légal ou des politiques d'aménagement mal conçues peut contribuer à encourager la déforestation. En Amazonie brésilienne, par exemple, environ 40 % des terres conservent le caractère de « *terra devoluta* » (« terres vides »), c'est-à-dire de terres appartenant à l'Etat ou de terres fédérales n'étant destinée à aucune utilisation spécifique, ni n'appartenant à aucune catégorie particulière, ou faisant l'objet de litiges (existence de plusieurs parties revendiquant la propriété). Alors que, théoriquement, les gouvernements disposent de moyens légaux pour distribuer ces terres à des particuliers, en pratique les terres font le plus souvent l'objet d'une appropriation illégale, phénomène dénommé « *grilagem* » au Brésil : des particuliers occupent des terres dans de lointaines régions frontalières, les déboisent pour établir leur propriété et les vendent ou démarrent une activité économique quelconque (généralement, l'élevage de bétail). Un régime foncier sans base légale, associé à l'application sporadique et incohérente de la loi dans les

régions frontalières encourage la déforestation comme moyen d'établir la propriété et n'incite pas à investir dans une utilisation des terres plus durable et sur un plus long terme.

Encadré n° 2. L'étude de Searchinger : l'impact potentiel des biocarburants sur la déforestation

Avec les conditions macroéconomiques et les prix des denrées alimentaires à l'international comme principaux facteurs de la déforestation, une augmentation de la production des biocarburants aura vraisemblablement un impact sur la déforestation tropicale. Searchinger a récemment appliqué un modèle global des prix agricoles - le type de modèle utilisé pour les négociations de l'OMC - pour évaluer un scénario d'aides aux biocarburants aux États-Unis. Avec 12,8 millions d'hectares de maïs détournés de l'alimentation animale au profit de la production d'éthanol aux États-Unis, les prix des matières premières agricoles augmentent et les agriculteurs du monde entier réagissent à ce signal de prix en défrichant 10 millions d'hectares de cultures supplémentaires. 167 années seraient dès lors nécessaires pour que la réduction des émissions de gaz à effet de serre liée à l'utilisation de ces biocarburants compense les émissions dues au déboisement. L'exemple du maïs est particulièrement frappant dans la mesure où la demande de viande et de produits laitiers ne dépend pas particulièrement de l'évolution des prix : une hausse de 5 % des prix au détail de la viande ne provoque en effet qu'une baisse de 0,9 % de la demande globale de viande. Cela signifie que les champs de maïs détournés de l'alimentation du bétail vers la production de biocarburants sont presque remplacés à un pour un par de nouveaux champs (plus précisément à 10 pour 12,8). Les biocarburants fabriqués à base de canne à sucre auraient sans doute un impact bien moindre, dans la mesure où le processus de transformation de la canne à sucre en éthanol est beaucoup plus efficace que pour le maïs.

Au final, l'impact des biocarburants doit être évalué au cas par cas. Suivant le rendement des récoltes et le type d'écosystème converti à la production de biocarburants, le temps nécessaire pour compenser les émissions dues à la conversion des terres peut s'avérer plus ou moins long : les palmiers à huile cultivés dans des prairies n'ont besoin que de cinq à dix ans pour compenser les émissions qu'ils auront provoquées. Toutefois, 700 ans sont nécessaires pour que des palmiers à huile cultivés dans les forêts tourbeuses puissent compenser leurs émissions. En règle générale, la mise en place de cultures destinées à la production de biocarburants dans les forêts tropicales, même dégradées, nécessite des dizaines voire des centaines d'années pour compenser les émissions dues à la conversion des terres.

II. LES FORETS AU SEIN DES OUTILS EXISTANTS DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

A. Historique du sujet aux Nations Unies

Sur la base du consensus établi au Sommet de la terre de Rio de 1992, la plupart des membres des Nations Unies ont signé, en 1994, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Entre autres résolutions, la CCNUCC impose aux pays de se réunir chaque année au niveau ministériel afin de faire avancer l'objectif de la convention, et, notamment, « empêcher toute interférence anthropique dangereuse avec le système climatique ». Parmi ces réunions annuelles, ou Conférences des Parties (COP), citons la plus célèbre, la COP 3, qui s'est tenue à Kyoto en décembre 1997 et s'est terminée par la signature du Protocole du même nom. En ce qui concerne la question de la déforestation, il convient de retenir quatre dates clés qui ont permis de susciter la dynamique actuelle :

Décembre 2001, Marrakech. La conférence fixe les règles qui régissent les mécanismes des projets susceptibles d'être mis en œuvre dans les pays en développement. Ces règles autorisent les projets de reforestation, mais excluent la déforestation évitée. La principale raison évoquée est celle des « fuites », c'est-à-dire le risque que la protection des forêts ne fasse que déplacer la déforestation en dehors des zones protégées.

Décembre 2003, Milan. La Conférence adopte des règles détaillées régissant les projets de reforestation. Ces projets ouvrent droit à l'attribution de crédits temporaires - crédits qui devront être remplacés tous les 5 à 30 ans - et leur utilisation est limitée à 1 % des objectifs d'un pays dans le cadre du Protocole de Kyoto. Sur le plan de la déforestation, un groupe de scientifiques brésiliens et internationaux présente le concept de « réductions compensées », qui propose que des crédits-carbone négociables soient attribués aux pays tropicaux qui réduisent leur taux de déforestation national en dessous d'un taux de référence historique.

Décembre 2005, Montréal. Au nom de la toute jeune *Coalition for Rainforest Nations*, la Papouasie-Nouvelle-Guinée utilise l'approche des réductions compensées pour remettre officiellement la déforestation à l'ordre du jour. Cette approche permettant de résoudre la question des « fuites », la conférence adopte un mandat de négociation sur la REDD qui prévoit de financer plusieurs ateliers et de parvenir à une décision avant décembre 2007.

Décembre 2007, Bali. La Conférence adopte une feuille de route, afin de négocier le traité qui remplacera le Protocole de Kyoto, dont l'expiration est fixée à 2012. La feuille de route désigne la REDD comme l'un des mécanismes qu'il conviendra d'inclure dans le futur traité, ce qui signifie qu'un lien devrait être créé entre la REDD et le marché international du carbone. La Conférence encourage également les pays et les « organisations et parties concernées » à entreprendre des « activités pilotes » susceptibles de nourrir les négociations des règles détaillées du futur mécanisme REDD. L'une de ces « organisations concernées » est la Banque mondiale, dont le nouveau Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier devrait contribuer à la création de programmes pilotes REDD dans un avenir proche (cf. Encadré n° 3). En termes de financement, un autre engagement important pris à Bali est celui de la Norvège, qui s'est engagée à dépenser 1,8 milliard d'euros sur des initiatives REDD sur cinq ans.

B. Le lien étroit entre SCEQE et prix des crédits forestiers

Le cas des projets forestiers dans le cadre du Mécanisme pour un développement propre (MDP) illustre l'importance de la demande dans le succès des projets en finance carbone. En 2007, les projets forestiers représentaient seulement 0,1 % de l'offre en crédits MDP et ces crédits forestiers s'échangeaient à environ 2-3 €/tCO₂e, c'est-à-dire 65 à 80 % de moins que les autres crédits MDP. Différents facteurs peuvent expliquer cette incapacité à pénétrer le marché du MDP et, notamment, la nature temporaire des crédits forestiers ou le retard de deux ans dans la publication de règles CCNUCC par rapport à d'autres types de projets. Cependant, l'exclusion des crédits forestiers du système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE) est le facteur essentiel : sans accès à cette source prépondérante de demande, les crédits forestiers ne peuvent atteindre les mêmes prix que les autres types de crédits.

La Directive européenne qui régit les règles pour le marché européen de 2013 à 2020 est actuellement en cours de révision, et plusieurs hommes politiques européens ont proposé d'inclure une disposition sur la REDD. Le projet de directive actuel fera l'objet de débats au cours du deuxième semestre de 2008 et un accord pourrait voir le jour début 2009.

C. La lutte contre la déforestation continue de dépendre des fonds et du marché carbone volontaire

Le protocole de Kyoto a créé la finance carbone, c'est-à-dire une demande en réductions d'émissions de GES. Mais le protocole n'a toujours pas élaboré de mécanisme qui permette d'associer cette source de récompenses aux programmes et aux projets visant à réduire les émissions dues à la déforestation. A l'heure actuelle, le seul débouché pour les « actifs climatiques » des initiatives REDD demeure le marché de la compensation carbone volontaire : les émissions réduites par ces initiatives sont financées par des entreprises ou des particuliers qui souhaitent volontairement compenser leurs émissions de GES. L'un des meilleurs exemples en est le projet Noel Kempff Climate Action, en Bolivie. En 1997, American Electric Power Company (AEP), Beyond Petroleum (BP), Pacificorp, et The Nature Conservancy (TNC) ont investi environ 6,5 millions d'euros dans l'extension du parc national Noel Kempff. Un document descriptif du projet, incluant des méthodes d'estimation de taux de référence pour l'exploitation sélective du bois et la déforestation, a estimé à environ 1 MtCO₂e les réductions d'émissions générées par ce projet jusqu'en 2002. Ce document a ensuite été vérifié par la Société Générale de Surveillance (SGS), attribuant ainsi au gouvernement bolivien et entreprises partenaires 1 million de réductions d'émissions vérifiées (VER) qu'ils peuvent vendre sur le marché carbone volontaire.

Le Fonds BioCarbone de la Banque mondiale, bien que principalement tourné vers les projets de reforestation, a signé un contrat d'achat avec trois projets (à Madagascar, en Colombie et au Honduras) qui comportent une composante REDD. Afin de quantifier les VER générées par ces projets, la Banque publiera bientôt la première méthodologie REDD complète, élaborée sur le même modèle que les méthodologies MDP.

La question de la déforestation se trouvant une nouvelle fois au cœur des débats dans le contexte des négociations internationales sur le climat, les projets de déforestation évitée semblent devenir de plus en plus populaires sur le marché de la compensation volontaire. Toutefois, ce marché a évolué depuis 1997, et les clients demandent désormais une plus grande uniformité des contrôles qualité des projets de compensation.

C'est la raison pour laquelle un grand nombre de projets REDD de compensation volontaire sont actuellement développés dans le cadre des systèmes de certification CCBS et VCS^{††} : depuis que la Conférence des Nations Unies sur le changement Climatique, à Bali, a officiellement inclus la déforestation évitée au rang des outils à utiliser dans le cadre de l'après-Kyoto, la proportion de projets CCBS intégrant une composante REDD a triplé.

Tableau 2 - Fonds et financements REDD lancés au lendemain de la décision de Bali

| Nom | Contributeurs | Montant (M€) | Objectifs |
|--|--|--------------|---|
| Promesse de la Norvège | Norvège | 1800 | Actions REDD sur 5 ans |
| FCPF | France, Finlande, Danemark, Royaume-Uni, Suisse, Australie, Pays-Bas, Japon, The Nature Conservancy | 195 | 65 M€ pour du renforcement de capacités, 130 M€ pour générer des VERs à partir de programmes-pilotes REDD dans 5 pays |
| Earth Fund | FME (32,5M€), SFI (6,5 M€), autres attendus ... | 130 | Innovation environnementale, incluant le secteur forestier |
| UN REDD Collaborative Program | A définir | A définir | Renforcement de capacités à l'échelle nationale et financement d'initiatives REDD |
| International Forest Carbon Initiative (IFCI) | Australie | 104 | Renforcement de capacités et projets-pilotes REDD visant les marchés du carbone |
| OPA pré-fléchée | Danemark | 65 | Projets REDD à Madagascar, au Cameroun, au Laos et en Bolivie |
| Part pré-fléchée du International Environmental Transformation Fund | Royaume-Uni | 70 | Exploitation durable des forêts dans le Bassin du Congo |
| Promesse de la France | France | 50 | Financement de projets forestiers au Gabon au moyen d'annulation de la dette |
| National Pact for the Valorization of the Forest and for the End of the Amazon Deforestation | A définir | 370.5 | Actions REDD au Brésil |
| The Prince's Rainforest Project | Doneurs privés (Shell, Rio Tinto Zinc, McDonald's, Morgan Stanley, Goldman Sachs, Sun Media, Sky, Deutsche Bank, Man Group, KPMG, Barclays Bank, Finsbury and the European Climate Exchange) | A définir | Travail avec le secteur privé pour lutter contre la déforestation |
| Rainforest fund | Norvège, autres à confirmer | 130 | Programme REDD national au Brésil |
| Promesse de l'Allemagne | Allemagne | 500 | Soutien aux aires protégées |
| Congo Basin Forest Fund | Norvège et Royaume-Uni | 126.75 | Projets qui évitent la déforestation et contribuent à la lutte contre la pauvreté |
| Indonesia-Australia Forest Carbon Partnership | Australie | 24 | 6 M€ de renforcement de capacités en Indonésie, 18 M€ pour un projet pilote dans l'est du Kalimantan |
| Tropical forest carbon sub-program | Packard Foundation | 13-23 par an | Developpement de methodologies REDD, soutien aux négociations internationales et renforcement de capacités dans des pays prioritaires |
| World Bank Forest Investment Fund | A définir | 195-325 | Efforts gouvernementaux pour réformer le secteur forestier et actions privées pour protéger des étendues majeures de forêt |

Remarque : Certaines de ces initiatives ne sont pas entièrement REDD (telles que le Fonds pour la Terre) et certaines se superposent (par exemple, une partie de la contribution norvégienne pourrait très bien être attribuée au FCPF et au Fonds amazonien du Brésil).

Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts.

^{††} Les normes CCBS (Climate Community and Biodiversity Standard) et VCS (Voluntary Carbon Standard) sont deux systèmes de certification visant à développer un certain degré de contrôles qualité des crédits de compensation échangés sur le marché volontaire. Ces deux systèmes ne s'excluent pas mutuellement et la plupart des projets visant à obtenir la certification CCBS cherchent en effet simultanément à obtenir la certification VCS. Pour de plus amples informations sur le marché volontaire, veuillez consulter l' Etude Climat n° 11.

La décision de Bali a été également suivie d'une avalanche de fonds ou de financements REDD (cf. Tableau 2). Bien que certains de ces financements n'aient aucun lien direct avec le marché du carbone, l'un d'eux, au moins, vise à générer des crédits carbone : le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier de la Banque mondiale (FCPF, cf. Encadré n° 3). Dans sa configuration actuelle, le Fonds amazonien du Brésil tente d'attirer les dons publics ou privés en tant qu'indemnisation des efforts de réduction de la déforestation consentis entre 2003 et 2007, mais il n'aurait vocation qu'à émettre des « diplômes » de réduction d'émissions, non négociables et non utilisables à des fins de compensation carbone.

Encadré n° 3. Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier de la Banque mondiale

En décembre 2007, lors de la Conférence des Nations Unies sur le climat, à Bali, la Banque mondiale a officiellement lancé un nouveau fonds visant à stimuler les programmes pilotes qui convertissent des actions réussies de lutte contre la déforestation en crédits carbone négociables. A ces fins, le fonds est partagé en deux volets :

- Le premier volet, dont l'objectif est de mobiliser 75 millions d'euros, est consacré au développement de capacités. Il a pour objet d'apporter une aide aux pays sur les questions de mesure de la déforestation, et de leur permettre de mettre en œuvre des programmes pilotes en matière de carbone. A compter de juillet 2008, le FCPF a sélectionné 14 pays qui recevront 1,2 million d'euros chacun dans ce but. D'autres candidats sont en voie de sélection.
- Le second volet, dont l'objectif est de lever 130 millions d'euros, sera consacré à la conclusion de contrats avec les pays ou les porteurs de projets, et à l'achat de crédits carbone. Du point de vue de l'offre, le Fonds sélectionnera un nombre limité de pays hôtes afin de concentrer les ressources financières. Sur le plan de la demande, les investisseurs du deuxième volet recevront des crédits-carbone négociables sur le marché volontaire ou sur le marché de la conformité, en fonction des résultats des négociations internationales sur la question.

III. MESURE ET CONTROLE DES ENJEUX DES PAIEMENTS LIES AU CARBONE

Qu'il s'agisse de dons ou de crédits négociables, l'utilisation des ressources financières affectées à la lutte contre la déforestation doit désormais satisfaire à des critères d'efficacité. Mesurer les quantités de carbone dues à la déforestation constitue dès lors une première étape incontournable pour récompenser les efforts de lutte contre la déforestation par des paiements liés au carbone. Comme nous l'avons déjà souligné, cette approche nécessite la superposition d'une carte représentant l'évolution de l'aménagement du territoire et d'une carte représentant le contenu en carbone des terres telles qu'elles sont actuellement aménagées.

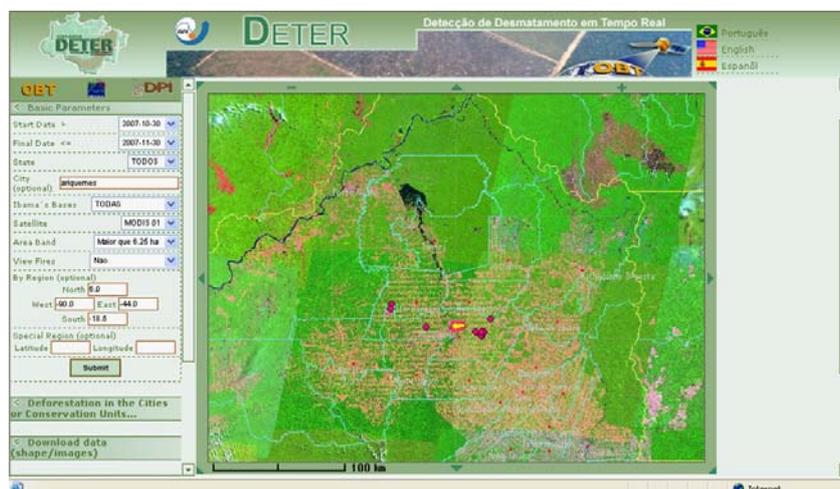
A. Les techniques de télédétection sont opérationnelles et permettent de cartographier l'évolution de l'aménagement des territoires

La FAO recueille depuis longtemps les données des services et experts forestiers nationaux sur le couvert forestier. Cet ensemble de données fournit des estimations de l'évolution du couvert forestier pays par pays depuis au moins l'année 1980, mais pour plus d'un tiers des pays, il s'appuie sur des « évaluations d'experts » ou sur des extrapolations tirées d'études plus anciennes. Même si ces données présentent un certain intérêt du point de vue de l'étude des tendances générales, leur qualité varie fortement et elles sont trop sommaires pour permettre le contrôle des paiements liés au carbone.

Pour la réalisation de cet objectif, il est plus probable que des méthodes de télédétection soient utilisées. Dans le cadre de la détection de la déforestation, les satellites agissent comme des appareils photo, et les images sont analysées automatiquement de manière à ce que chaque pixel soit classé en tant que zone forestière ou non forestière. Grâce aux satellites haute définition tels que SPOT, LANDSAT et CBERS, les cartes du couvert forestier réalisées selon cette méthode atteignent un degré de fiabilité de 80-95 %. Il est dès lors possible de détecter les cas de déforestation d'une superficie supérieure à 0,5-1 hectare dans un délai de 3 à 5 jours, et les cas de déforestation d'une superficie supérieure à 0,05 hectare dans un délai d'un mois, sous réserve que la zone déboisée ne soit pas masquée par les nuages. Le coût de ce type de contrôle s'élève à 0,02 €/km².

Ce type de capacité de contrôle est de plus en plus fréquemment exploité par les pays pour contrôler la déforestation en temps réel : sur la base de l'imagerie satellite moyenne résolution (MODIS), le Ministère brésilien de l'Environnement (INPE) publie chaque mois sur son site Internet l'ensemble des cas de déforestation d'une superficie supérieure à 6,25 hectares. Avec le Brésil, l'Inde a déjà développé des études régulières de ses forêts sur la base de données de télédétection, une approche également en voie de développement en Bolivie, au Pérou et en Indonésie. Pour le Brésil, la marge d'erreur pour le taux de déforestation national mesuré à partir de données LANDSAT est de seulement 4 %.

Figure 13 - Contrôle de la déforestation en ligne et en temps réel



Depuis 2002, le site Internet du Ministère brésilien de l'Environnement présente des mises à jour mensuelles des cas de déforestation. Cet exemple illustre des cas de déforestation dans la région d'Ariquemes, dans l'État de Rondônia. Les points roses signalent les cas de déforestation d'une superficie supérieure à 6,25 hectares survenus en novembre 2007.

Source : INPE.

Cartographier la dégradation des forêts est une tâche plus ardue dans la mesure où le contraste entre forêts intactes et forêts dégradées est moins important que le contraste entre zones forestières et zones non forestières. Néanmoins, plusieurs techniques ont récemment vu le jour et présenté des résultats prometteurs. Sur la base d'images satellites haute résolution, Asner a réussi à cartographier la dégradation de forêts en Amazonie brésilienne, avec un taux d'incertitude de 14 % sur l'ensemble des zones dégradées. De manière similaire, Laporte et Brown ont également réussi à cartographier des zones de déboisement sélectif dans certaines parties du Bassin du Congo, en utilisant respectivement des images satellite et des photographies aériennes.

B. La cartographie des stocks de carbone reste un exercice ardu

La cartographie des stocks de carbone est un exercice relativement simple, à condition de s'en tenir à la biomasse aérienne : la correspondance entre les stocks de carbone et le volume des arbres mesuré par les forestiers via des inventaires réalisés sur le terrain a été vérifiée. Les inventaires des stocks de carbone forestier représentent néanmoins une tâche chronophage et laborieuse et, par conséquent, très coûteuse à grande échelle. Lorsque la réalisation d'estimations à grande échelle s'avère nécessaire (par exemple, pour les paiements liés au carbone dans les cas de déforestation évitée), la méthode la plus commune consiste à définir différents types de forêts et à additionner les zones de chaque type de forêt en considérant respectivement les quantités moyennes de carbone qu'elles contiennent. Étant donné que le contenu en carbone varie suivant les types de forêts définis, les estimations tirées d'études plus anciennes, réalisées à grande échelle, présentent un taux d'incertitude substantiel. En comparant 7 études plus anciennes basées sur cette technique d'estimation de la biomasse en Amazonie brésilienne, Houghton a identifié une variation de l'ordre de 100 %, avec des valeurs comprises entre 143 et 340 milliards de tonnes de CO₂e. Les estimations pantropicales des années 1980 et 1990, qui couvraient des régions très vastes et très complexes sans bénéficier des informations de télédétection récemment obtenues grâce à des systèmes tels que MODIS ni des données globalement compilées par LANDSAT, présentent également un taux élevé d'approximation.

Les nouvelles méthodologies permettent de réduire de manière significative le taux d'approximation des mesures de la biomasse forestière. Saatchi a appliqué une méthode basée sur des mesures de télédétection afin d'affiner la classification des types de forêts et a réussi à déterminer, avec plus de 80 % de fiabilité, la

répartition spatiale de la biomasse aérienne vivante en sept classes. Au total, les quantités de carbone forestier étaient estimées, pour le bassin amazonien, entre 280 et 350 GtCO₂e, pour une moyenne de 315 GtCO₂e.

Les chiffres récemment publiés sur l'évolution de la biomasse en Guyane française fournissent un autre exemple d'association réussie des inventaires de terrain et de la télédétection. Conformément aux Directives du GIEC, l'inventaire Forestier National (IFN) a estimé les émissions dues à la déforestation en Guyane française à 3,5 MtCO₂e en 2006.

C. Améliorations technologiques à venir

Dans un avenir proche, de nouvelles innovations permettront de réduire les approximations ainsi que le coût des études.

- Le système d'imagerie radar PALSAR du satellite d'observation terrestre avancé japonais ALOS recueille des images hautes résolution, exemptes de nuages, de jour comme de nuit. La stratégie d'acquisition de données de la mission ALOS est conçue pour cartographier de manière systématique l'ensemble des principales masses présentes sur terre au moins trois fois par an, à des résolutions de 10, 20 et 100 m. Le Woods Hole Research Center, l'Institut amazonien pour la recherche environnementale (IPAM) et l'Agence spatiale japonaise (la JAXA) étudient la possibilité d'utiliser PALSAR pour effectuer la mesure directe de la biomasse forestière depuis l'espace.

- L'Agence nationale brésilienne de recherche spatiale mesure avec précision la déforestation en Amazonie depuis près de trente ans et a récemment lancé un deuxième satellite China - Brazil Earth Resources Satellite (CBERS). Le Brésil étend sa couverture à l'ensemble des forêts tropicales et s'est engagé à ce que les données et le logiciel permettant leur interprétation soient gratuitement disponibles sur Internet. Le Brésil a également proposé de créer un centre de télédétection de la forêt tropicale ayant pour objectif d'assurer la formation des scientifiques dans le domaine du contrôle et de la réalisation des mesures.

La mise à disposition gratuite de données de télédétection haute résolution par un consortium de pays en voie de développement combinée à l'offre d'un programme de formation sud-sud va sensiblement améliorer les perspectives de la REDD. En permettant aux agences d'État et fédérales, aux ONG et aux chercheurs de débattre de ces données de manière critique, la politique de transparence du Brésil contribue grandement à améliorer l'analyse de la déforestation. Cette transparence totale et la publication des données est sans doute encore plus utile pour la crédibilité des initiatives REDD que les certifications indépendantes.

Dans un avenir plus éloigné (d'ici 5 à 10 ans), d'autres technologies pourraient également contribuer à améliorer la précision des données.

- Des expériences prometteuses ont été réalisées avec des capteurs de type radar afin d'estimer les volumes aériens (LiDAR et laser).
- L'Agence spatiale européenne (ESA) envisage le lancement d'un satellite qui mesurerait la biomasse des forêts sans effet de saturation (radar en bande P).
- L'association des modèles forestiers et des données de télédétection pourrait également contribuer à l'obtention d'estimations encore plus précises du contenu en carbone des forêts.

D. Non-permanence

Lorsque le méthane émis par un site de décharge a été capturé et brûlé pendant un an, l'atmosphère a « gagné » l'équivalent d'un an d'émissions de méthane, même si le projet est abandonné par la suite. Toutefois, quand des engrais subventionnés contribuent à préserver une zone de forêt parce que les agriculteurs produisent plus avec moins de terres, l'atmosphère ne fait que retenir son souffle : si le projet est abandonné, la forêt sera déboisée et le carbone correspondant n'aura fait qu'attendre un peu avant d'être émis. C'est ce que l'on appelle le risque de non-permanence.

La nature temporaire des « crédits Kyoto » de reforestation était fondée sur l'idée que les crédits générés par les projets forestiers ne peuvent être valables qu'un certain nombre d'années et devraient ensuite être remplacés par d'autres crédits. Les acheteurs de crédits temporaires parient dès lors sur la chute du prix des crédits : ils estiment qu'attendre aujourd'hui et acheter un crédit permanent demain est plus avantageux qu'acheter un crédit permanent aujourd'hui. A ce jour, les acheteurs de ce type sont peu nombreux : en effet, la plupart des acteurs du marché s'attendent à une hausse des prix.

L'absence de demande de crédits temporaires pourrait expliquer les nouvelles voies explorées par le marché volontaire en matière de crédits forestiers : de nombreux systèmes de certification tels que le Voluntary Carbon Standard, Carbon Fix ou le Greenhouse Friendly ont conçu des systèmes d'assurance permettant de générer des crédits forestiers permanents. La norme Voluntary Carbon Standard, par exemple, retient une partie des réductions d'émissions de chaque projet forestier, de manière à ce que le reste puisse être vendu sous forme de crédits permanents. Si un projet est abandonné et que ses réductions d'émissions sont seulement temporaires, la quantité correspondante de « crédits d'assurance » est soustraite de la réserve commune ainsi créée afin de remplacer les crédits du projet déficient.

Ce type de système d'assurance fonctionne seulement pour une période donnée, peu d'entités étant en mesure de garantir qu'une zone spécifique gardera éternellement son statut de forêt. La norme Voluntary Carbon Standard a dès lors établi la durée limite de sa garantie à 70 ans. Cette limite suppose que, dans 70 ans, la pression sur les forêts sera aussi faible dans les régions tropicales qu'elle l'est aujourd'hui dans les pays industrialisés et que, par conséquent, la menace qui justifiait le projet de déforestation évitée n'existera plus. Les systèmes d'assurance pourraient également porter sur des quotas ou des compensations de nature non forestière. Ces expériences réalisées sur les marchés volontaires pourraient s'avérer très pertinentes pour les négociations internationales, la *Coalition for Rainforest Nations* ayant proposé que les futurs crédits REDD s'appuient sur des régimes d'assurance opérant à l'échelle nationale.

Considérée sur à l'échelle nationale, toutefois, la non-permanence constitue un risque pour l'ensemble des secteurs dans un système international d'échanges : un pays dont les réductions sont inférieures aux objectifs sur une période peut saisir la récompense, se retirer du système, et laisser ses émissions s'accroître sur les périodes suivantes. Il est dès lors indispensable que soient mis en œuvre des mécanismes d'assurance et des règles claires en matière de responsabilité dans tous les secteurs pour les cas de réversion ou de non-permanence.

E. Fuites

Les fuites correspondent au risque qu'un projet de réduction d'émissions entrepris quelque part ne génère pas de réductions globales mais seulement le déplacement des émissions en un autre lieu de la planète. Ce risque est présent dans l'ensemble des secteurs : le raccordement de panneaux solaires au réseau électrique national peut remplacer des centrales à combustibles fossiles (et réduire les émissions) ou générer sa propre demande en électricité par le biais d'une disponibilité accrue (et ne pas affecter les émissions nationales). L'introduction d'une taxe carbone auprès des producteurs d'acier européens pourrait les inciter à développer des technologies plus propres ou à délocaliser leur activité dans des pays où cette taxe n'existe pas.

La même règle est applicable à la question de la déforestation : lorsque le processus de déforestation est dû à la demande en matières premières agricoles, mettre un frein à la déforestation quelque part risque seulement de provoquer son aggravation ailleurs si la demande demeure inchangée. Ce « déplacement » de la déforestation s'accompagne toutefois d'une hausse des coûts, et taux de fuites n'est jamais de un pour un. Selon le lieu et l'échelle considérés, les estimations de fuites varient dans une très large mesure (entre 2 et 95 %). Même si l'on considère uniquement les fuites à l'intérieur des frontières nationales pour un projet spécifique en Bolivie, Sohngen et Brown ont produit un éventail d'estimations compris entre 2 et 42 %.

Une mesure qui permettrait d'éviter aux crédits carbone les risques de fuites consisterait à les octroyer à l'échelle nationale. De cette manière, si un projet de conservation ne fait que déplacer la déforestation en dehors des zones protégées, le taux national de déforestation n'en serait pas affecté et les crédits ne seraient pas octroyés. Cette solution répond aux inquiétudes des négociateurs européens sur la question des fuites : le risque de fuite n'est pas totalement exclu et peut toujours se produire d'un pays vers un autre, mais la barre est ainsi placée aussi haut que les exigences du Protocole de Kyoto sur les autres secteurs d'émission.

Autre possibilité : octroyer des crédits au niveau des projets, mais dans le cadre d'une convention nationale de comptabilisation du carbone dotée d'un fonds d'assurance. Après un certain temps (cinq ans, par exemple), les crédits octroyés seraient additionnés et, dans le cas où les crédits accordés aux projets excéderaient les réductions réelles du secteur (le secteur forestier, par exemple), une remise à niveau sur la base des données réelles pourrait être obtenue en utilisant le fonds d'assurance pour acheter des quotas, des réductions d'émissions ou des compensations. Le fonds d'assurance pourrait être financé par les revenus issus des ventes aux enchères de quotas, par une taxe sur les projets ou autres types de partenariat public-privé.

Encadré négociations n° 1 - Approche nationale et approche régionale/locale

La question des fuites a longtemps mis un frein à la reconnaissance de la déforestation évitée comme approche pertinente dans la lutte contre le changement climatique. En 2001, le risque de fuites au niveau des projets a été considéré comme trop important pour permettre l'intégration de la REDD aux mécanismes de projets du Protocole de Kyoto. Plus tard, les négociateurs européens ont estimé que l'approche nationale, avancée en premier lieu par la *Coalition for Rainforest Nations*, permettait de lever cet obstacle. Le débat fut clos jusqu'en 2007, lorsque certaines parties sud-américaines ont avancé que l'octroi de crédits négociables aux projets régionaux/locaux constituait une première étape indispensable avant la mise en place d'un cadre national susceptible d'affecter le taux de déforestation national. Que le mécanisme REDD soit destiné à récompenser des initiatives spécifiques au niveau des projets ou des réductions du taux de déforestation national demeure par conséquent une question litigieuse.

IV. L'EXEMPLE BRÉSILIEN : FONDS, BONNE GOUVERNANCE ET TECHNOLOGIES DE CONTRÔLE PEUVENT LIMITER LA DÉFORESTATION

Depuis le retour de la REDD sur le devant de la scène internationale, en 2005, un consensus s'est dégagé autour de l'idée que réduire la déforestation et la dégradation des forêts sur un plan national présente les plus grands avantages pour l'atmosphère et devrait être le but ultime de tout programme REDD, même si de substantielles différences subsistent autour de la planification dans le temps et du champ d'application des programmes et des mécanismes financiers appropriés. Les questions de savoir si et de quelle manière les pays tropicaux peuvent réduire leur taux de déforestation national, dans quels délais et combien de réductions d'émissions peuvent être obtenues sont par conséquent devenues essentielles. Le Brésil, pays disposant de la plus grande part de forêt tropicale au monde, présente l'un des plus importants taux de déforestation, mais également des programmes nationaux parmi les plus avancés en matière de contrôle et de réduction de la déforestation, et représente un cas d'école en termes de faisabilité des réductions d'émissions liées à la déforestation.

A. La déforestation au Brésil

L'Amazonie brésilienne comprend encore 330 millions d'hectares de forêts, forêts humides et forêts de « *cerrado* » plus sèches, avec des stocks de carbone estimés à 315±35 milliards de tonnes d'équivalent CO₂. Près de 61,6 millions d'hectares, soit environ 20 % de la région, ont été déboisés depuis les années 1970, tout particulièrement le long de l' « Arc de déforestation » (cf. Figure 14). Dans les années 1990, le taux moyen de déforestation s'élevait à 1,7 million d'hectares par an, soit 732 millions de tCO₂e en termes d'émissions. Si l'on s'en tient aux projections d'une déforestation sans efforts de réductions, modélisées par Soares-Filho, l'expansion de la frontière agricole provoquerait la disparition de 40 % des forêts qui existent encore d'ici à 2050 et l'émission de 115±30 GtCO₂e dans l'atmosphère.

La capacité du Brésil à détecter et à mesurer la déforestation n'est pas en cause : au contraire, le Brésil a ouvert la voie en proposant de mettre à la disposition des autres pays en voie de développement ses images satellites haute résolution (cf. Figure 13). Les facteurs provoquant la déforestation sont relativement bien compris, avec 70 % de l'ensemble des activités de déforestation attribués aux pâturages à faible rendement. L'occupation illégale des terres publiques et le déboisement illégal en l'absence de capacités de gouvernance suffisantes pour faire appliquer la loi de manière cohérente sur le front pionnier de déforestation contribuent à accentuer le phénomène de la déforestation.

L'analyse de l'évolution des données de télédétection sur le long terme montre l'existence d'un lien entre création de routes, de zones urbaines et d'implantations d'une part, et déforestation existante et nouvelle déforestation d'autre part. Environ 80 % de l'ensemble des activités de déforestation se concentrent sur une bande de 50 m le long des routes et 86 % des nouveaux cas de déforestation ont lieu dans un rayon de 25 km autour des zones de déforestation existantes. Cette relation spatiale relativement bien documentée permet de modéliser et d'anticiper les futures activités de déforestation avec un haut degré de fiabilité. Une demande accrue de matières premières agricoles et, notamment, de soja et de bœuf, a provoqué un pic de la déforestation, avec 27 000 km² en 2003, le deuxième taux annuel le plus élevé. La déforestation a depuis lors reculé de manière constante jusqu'en début d'année, lorsqu'elle est repartie à la hausse (cf. Figure 10).

Ce recul s'explique sans doute dans une large mesure par la baisse des prix des matières premières associée à une forte devise, ce qui est cohérent avec les signes précurseurs d'un renversement de tendance début 2008 avec la hausse du prix du soja. Néanmoins, cette baisse s'explique également en partie par le plan de lutte contre la déforestation mis en œuvre par le gouvernement fédéral, qui porte sur la création de grandes réserves et par les efforts déployés afin de faire respecter la loi de manière plus rigoureuse. Le Brésil a très largement accru le nombre de zones protégées dans les régions frontalières d'Amazonie : entre 2003 et 2008, le Brésil a créé 148 nouvelles zones protégées en Amazonie, et celles-ci couvrent désormais 62,2 millions d'hectares. Le réseau de zones protégées du Brésil, composé de terres indigènes, de zones militaires, d'Unités de conservation sous stricte protection et destinées à une exploitation durable, représente 43 % de la région amazonienne, soit environ la moitié de ce qu'il reste de la forêt d'Amazonie. Certaines de ces réserves bénéficient du soutien technique et financier additionnel du programme ARPA (programme de création de zones protégées en Amazonie). La réduction d'émissions induite par la création de nouvelles zones protégées entre 2003 et 2008 a été estimée à 282 MtCO₂e/an par Soares Filho, pour un coût global équivalent à un investissement ponctuel de 2,5 milliards d'euros. Une analyse détaillée de ce programme figure dans la partie IV.B. Les autres initiatives brésiliennes, qui n'ont pas fait l'objet de ce type d'évaluation approfondie, sont résumées dans la partie IV.C.

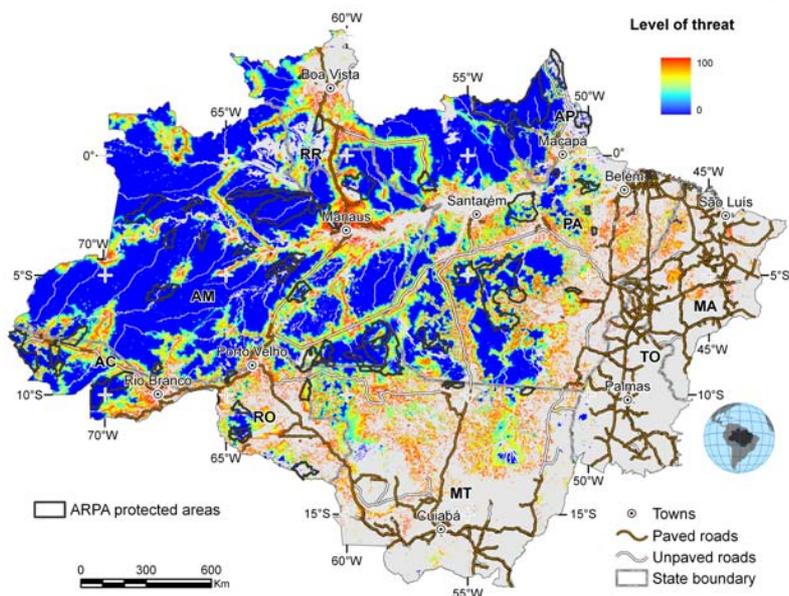
B. Zones protégées en Amazonie

La création de zones protégées, qu'il s'agisse de zones sous stricte protection, de terres appartenant à des peuples indigènes ou de réserves entrant dans le cadre du développement durable, permet de mettre un terme à la déforestation et aux incendies, même dans des régions de l'Arc de déforestation. Ce constat a pu être établi grâce à des données satellite qui ont permis de comparer des zones tampons sur 10 à 20 km, dans les zones protégées et en dehors de celles-ci. Compte tenu de la relation spatiale très nette entre les routes, la création de routes et la déforestation existante d'une part, et la nouvelle déforestation d'autre part, la création de zones protégées dans les régions de l'Arc de déforestation actif permet d'éviter la déforestation. Des cas de « fuites » peuvent survenir et entraîner le report d'une partie de la déforestation en dehors des zones protégées. Cependant, aucune étude n'a tenté de quantifier ni de déterminer la réalité de ces reports de la déforestation imputés à la création de zones protégées.

Déforestation évitée et zones protégées en Amazonie

Afin de quantifier l'impact de la création de zones protégées à grande échelle entre 2003 et 2008, Soares Filho a eu recours à un modèle économique spatialement explicite basé sur les interactions connues entre déforestation et rentabilité du soja, déboisement et élevage de bétail, permettant de prévoir la déforestation future en vertu de divers scénarios politiques, notamment selon qu'il existe ou non des zones protégées et selon le degré de protection effective. Une prévision initiale de la déforestation sans effort entre 2008 et 2050 a été réalisée en partant de l'hypothèse de l'absence de zones protégées, afin d'établir le niveau de risque pour les terrains placés sous protection ou dont la protection est prévue entre 2003 et 2008 (cf. Figure 14).

Figure 14 – Niveau du risque de déforestation d'ici à 2050 pour les terres encore épargnées en 2008

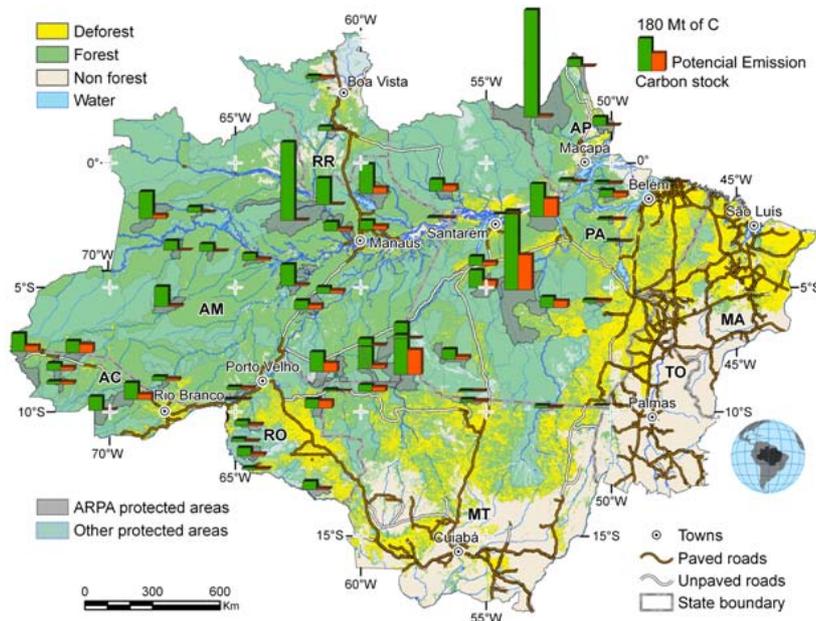


Le scénario présenté postule l'absence de zones protégées. Les zones incluses dans le programme de création de zones protégées en Amazonie (ARPA) sont entourées en noir.

Source : Soares Filho 2008.

Le modèle a ensuite calculé les stocks de carbone des zones protégées et superposé lesdits stocks au niveau de risque pour évaluer dans quelle mesure la déforestation peut être évitée grâce aux zones protégées (cf. Figure 15).

Figure 15 – Émissions de carbone évitées grâce aux zones protégées



Le niveau des émissions évitées est fonction du niveau de risque et des stocks de carbone des zones correspondantes. Seules les émissions dues à la déforestation et susceptibles d'être évitées grâce à la création de zones protégées par le programme ARPA figurent sur cette illustration. Les zones entrant dans le cadre de l'ARPA représentent environ 12 % des émissions évitées grâce aux zones créées entre 2003 et 2008.

Source : Soares Filho 2008.

Comme le montrent les figures ci-dessus, l'expansion du réseau des zones protégées au Brésil entre 2003 et 2008 permet d'éviter la déforestation d'environ 272 000 km² de forêt et, par conséquent, l'émission de quelque 12 milliards de tonnes de CO₂ d'ici à 2050, soit 282 millions de tonnes de CO₂ par an.

Les zones protégées situées à proximité de frontières en pleine expansion jouent par conséquent un rôle important lorsqu'il s'agit de lutter contre les émissions de carbone, du fait, principalement, qu'elles ont été créées afin de prévenir la déforestation et de protéger la biodiversité et les acquis sociaux. De nombreuses zones ont été créées dans le cadre du Plan national de prévention et de lutte contre la déforestation. La plupart d'entre elles sont situées dans des régions frontalières à forte expansion, caractérisées par une déforestation importante, comme c'est le cas des zones où les émissions prévues sont les plus fortes, notamment la Station écologique de la Terra do Meio (cf. Figure 15 : prévisions d'émission les plus élevées).

Il convient de noter que l'exercice de modélisation présenté plus haut, basé sur l'obtention de réductions par rapport à des activités de déforestation sans effort, n'est pas nécessairement un indicateur de la manière dont fonctionnerait un système d'indemnisation REDD. Un système basé sur des réductions nationales en deçà de données historiques aurait à allouer des crédits ou attribuer des indemnités non seulement en vue de la création et de l'entretien de zones protégées, mais également au profit de propriétaires de terrains qui participent à la réduction de la déforestation, aux populations locales et aux agences gouvernementales responsables de l'application du droit environnemental et des services aux dites populations. Le fait d'utiliser des données historiques plutôt que de s'en tenir à un statu quo permettrait de réduire nettement les indemnités attribuables. Si le Brésil devait hypothétiquement se baser sur les chiffres moyens de la déforestation annuelle dans les années 1990, ce système autoriserait l'indemnisation des seules réductions en deçà d'un seuil d'environ 720 Mt CO_{2e} par an, soit un maximum de 720 Mt CO_{2e} par an si la déforestation était réduite à zéro. Si l'on s'en tient à la poursuite d'une déforestation sans effort, à l'inverse, ce seuil serait de 2,7 milliards de tonnes de CO_{2e} par an jusqu'en 2050.

Coûts afférents aux zones protégées en Amazonie

Une estimation approximative des coûts afférents à ces réductions peut être obtenue à partir de la base de données nationale du gouvernement brésilien sur les zones protégées (République fédérative du Brésil, 2008), et du plan de durabilité financière du Ministère de l'Environnement au titre du système de zones protégées national. Si l'on considère que les investissements sont répartis en fonction de l'étendue des zones protégées, les coûts initiaux s'élèvent à 4,5 €/ha et les coûts annuels à environ 2,9 €/ha. Considérant qu'une dotation de 29 €/ha produit, avec un intérêt de 10 %, un revenu de 2,9 €, un investissement initial de 33,8 €/ha, soit 2,5 milliards d'euros, permet en principe de couvrir les coûts prévus pour les zones protégées. Même des prix du carbone relativement peu élevés (environ 10 €/tCO_{2e}) permettraient de couvrir rapidement ces coûts, dans le cas où le Brésil devait tirer profit de la déforestation évitée grâce aux zones protégées d'Amazonie.

Ces estimations de coûts sont en grande partie cohérentes avec les estimations préliminaires des coûts de mise en œuvre et de maintien du réseau des zones protégées de l'État d'Amazonas. Le Secrétariat de l'État d'Amazonas pour le développement durable est parvenu à la conclusion que l'extension effective des réserves en 2007 et la création des réserves proposées permettraient d'éviter les émissions de quelque 310 millions de MtCO_{2e} d'ici à 2050. Les coûts d'entretien annuels afférents au réseau de zones protégées de l'État s'élèvent à environ à 2,3 €/ha, en sus des coûts initiaux d'expropriation des propriétaires fonciers, qui s'élèvent à 35 millions d'euros. Si l'on applique ce coût sur l'ensemble des 17 millions d'hectares du réseau de zones protégées de l'État d'Amazonas et s'il prend la forme d'une dotation unique, le total des coûts d'établissement et de maintien du réseau de zones protégées s'élève à environ 28€/ha, soit 475 millions d'euros. Ce plan étatique de protection accrue pour les parcs et les réserves fait partie d'un programme de réduction de la déforestation au niveau de l'État, qui prévoit également des indemnités au titre des services liés à l'écosystème rendus par les communautés forestières traditionnelles ainsi qu'au titre des coûts d'opportunité liés au déboisement et à l'élevage de bétail. Dans l'ensemble, le gouvernement de l'État d'Amazonas estime que le projet permettrait d'éviter l'émission de 3,4 milliards de tCO_{2e} d'ici à 2050.

Les coûts réels relatifs à la mise en œuvre d'un système REDD seraient naturellement plus élevés. Tout mécanisme REDD efficace doit à tout le moins indemniser les propriétaires fonciers légaux renonçant à leurs droits de déboiser, les populations forestières dont la présence sur des territoires indigènes et des réserves extractives garanti la protection de leurs forêts et les agences gouvernementales responsables de l'application du droit environnemental et de la fourniture de services aux populations forestières. Toutefois, la comparaison de coûts estimés de la gestion des zones protégées et des émissions potentiellement dues à une déforestation sans effort évitées grâce aux zones protégées dans les régions frontalières suggère que le système REDD peut permettre l'obtention à court terme de réductions d'émissions à bas coût. Elle suggère également que le système d'indemnisation REDD, même pour une valeur carbone limitée, peut générer des ressources suffisantes pour réduire la déforestation.

C. Autres initiatives brésiliennes : Plan national de prévention et de lutte contre la déforestation, licence environnementale contrôlée par satellite et pacte « déforestation zéro »

L'expansion à grande échelle du réseau de zones protégées d'Amazonie constitue l'un des volets de l'élargissement du Plan national de prévention et de lutte contre la déforestation, conformément à la déclaration du Ministre de l'environnement en 2003. Lancé en 2004, le plan a privilégié l'application du droit, les interventions sur le marché foncier et l'interdiction de la déforestation ainsi que la création de réserves. Dans le cadre d'une série de mesures d'exécution, le personnel de l'Institut environnemental brésilien (IBAMA) et la Police fédérale ont participé à l'arrestation et à l'incarcération, au titre de déboisement illégal, de plus de 400 personnes, y compris au sein de l'IBAMA et de l'agence environnementale étatique et ont appliqué des sanctions à hauteur de millions de réaux. Toutes les autorisations de déboisement ou de déforestation ont été suspendues dans les zones caractérisées par une forte déforestation, et l'Institut national de la colonisation et de la réforme agraire (INCRA) a cessé de délivrer des certificats d'enregistrement de propriété rurale, document généralement délivré aux fins de l'enregistrement de réclamations foncières mais tout autant utilisé frauduleusement en tant que titre de propriété dans le but d'obtenir les documents permettant de légaliser ou de vendre illégalement des terrains occupés. Compte tenu du fait que l'occupation illégale du domaine public constitue l'une des principales causes de la déforestation des nouvelles zones de front pionnier, cette mesure a eu pour effet de réduire les cas d'occupation illégale et le taux de rotation desdites zones.

Le plan national a adopté le système intégré de l'État du Mato Grosso en matière de contrôle et d'octroi de licences environnementales (SIMLAM ; <http://monitoramento.sema.mt.gov.br/simlam/>), une application novatrice de la technologie de télédétection au service du contrôle de la déforestation. Ce programme exige des propriétaires terriens qui souhaitent déboiser qu'ils présentent à l'agence environnementale étatique une image satellite géoréférencée de leur propriété et d'indiquer la zone objet du déboisement ainsi que les zones protégées légalement requises (dans le biome d'Amazonie, 80 % de toute propriété privée doivent être conservés sous forme de forêts, en sus des forêts alluviales, des sommets des collines et des pentes de plus de 45 %). Si, comme tel est souvent le cas, le déboisement a porté sur une partie de la propriété plus importante que celle qui est autorisée légalement, le propriétaire foncier doit présenter et commencer à mettre en œuvre un plan de reboisement ou d'acquisition d'autres superficies boisées à constituer en réserve. Bien que seulement 30 % des propriétés du Mato Grosso aient été enregistrées, le contrôle par télédétection des propriétés permet une application à moindre coût, et en même temps bien plus systématique, du droit environnemental.

Lorsque l'Institut national de recherche spatiale du Brésil (l'INPE) a constaté un regain de la déforestation en janvier et février 2008 par rapport à l'année précédente, le gouvernement fédéral a adopté une série de nouvelles mesures visant à renverser cette tendance. La déforestation a fait l'objet d'une interdiction dans les 36 régions les plus marquées par ce phénomène, dont 80 % des propriétés devront être enregistrées au titre de l'octroi de licences environnementales par satellite pour que l'interdiction soit levée. En outre, le Conseil national monétaire de la Banque centrale a publié un règlement demandant aux propriétaires fonciers d'Amazonie d'apporter la preuve de leur conformité avec la réglementation environnementale afin d'accéder au crédit agricole officiel, ce qui a provoqué la colère d'éleveurs et de cultivateurs de soja, et en particulier de Blairo Maggi, gouverneur du Mato Grosso et grand cultivateur de soja. Selon les informations disponibles, une majorité de gouverneurs de la région d'Amazonie ne se seraient toutefois pas ralliés à l'appel de Maggi en faveur d'une pression commune sur le gouvernement fédéral en vue d'annuler de la mesure, devenue effective à compter du 1^{er} juillet 2008.

Les gouvernements de la région d'Amazonie et certains acteurs du secteur privé commencent à considérer la déforestation comme un problème non plus seulement pour leur image publique mais également pour leur croissance économique future. En octobre 2007, un groupe d'organisations non gouvernementales opérant dans le secteur environnemental, soutenu par quatre gouvernements de la région d'Amazonie et la Banque nationale pour le développement économique et social (BNDS) ont lancé le pacte « déforestation zéro », qui prévoit un plan septennal d'élimination de la déforestation en Amazonie pour un coût annuel d'un milliard de dollars. Le pacte, à l'inverse de la position officielle du Brésil, considère le marché international du carbone international comme l'une de ses possibles sources de financement (qui comportent également le budget fédéral et les APD multilatérales et bilatérales).

Aucun de ces autres piliers de la politique brésilienne de contrôle de la déforestation n'a été soumis à une évaluation a posteriori similaire à celle réalisée sur l'effet des zones protégées. La démission récente de Marina Silva, charismatique ministre de l'environnement, a été interprétée par certains comme un indicateur de la faible efficacité de ces initiatives. Pourtant, plusieurs études, notamment celles de

Fearnside et de Chomitz, ont démontré qu'en dépit d'un scandale de corruption, en 2005, le programme d'autorisation avait été suivi de résultats au niveau local dans le Mato Grosso. Au final, le succès de ces initiatives sera évalué à l'aune du taux de déforestation à long terme en Amazonie.

V. COMMENT LES MARCHES DU CARBONE POURRAIENT-ILS ETRE UTILISES ?

Selon l'OCDE, environ 1 % de l'Aide publique au développement (APD) est affectée au secteur forestier, soit, en moyenne, 343 millions d'euros par an entre 2000 et 2005. Ce montant est environ cent fois inférieur à celui de l'investissement privé dans le secteur en 2004 (41 milliards d'euros) ou à celui du marché international du carbone en 2007 (42 milliards d'euros). Dans ces conditions, deux idées ne peuvent manquer de venir à l'esprit : augmenter la partie des financements du secteur forestier investis dans la conservation ou l'exploitation durable des forêts et transférer une partie des ressources du marché du carbone vers le secteur forestier. Les deux idées reposent sur la valorisation des « actifs climatiques » que sont les arbres sur pied. En d'autres termes, il s'agit de créer un lien entre le financement carbone et les initiatives REDD.

A. La valeur carbone théorique nécessaire pour éviter la déforestation

Comme il en va pour les possibilités de séquestration du carbone, telles que la modification de la gestion forestière ou des pratiques agricoles, l'évaluation des coûts engagés pour éviter la déforestation soulève de nombreuses questions méthodologiques. Celles-ci découlent en partie de l'estimation concernant l'autre pan du scénario, à savoir l'évaluation des bénéfices qu'on pourrait tirer de l'exploitation des terres en question. En effet, nombre d'activités impliquées par la déforestation sont informelles et leur portée économique reste difficile à évaluer : la production alimentaire peut donner lieu à une autoconsommation, les droits de propriété peuvent ne pas être définis, etc. Les prix, sur ces marchés informels (par exemple, les prix fonciers), font souvent défaut. Les évaluations générales sont d'autant plus difficiles que, comme le montre la partie I.D, les mécanismes de la déforestation dépendent en majeure partie des spécificités locales dans le domaine de l'agriculture, des forêts, de la pauvreté et des transports, peu susceptibles de donner lieu à des extrapolations.

La littérature scientifique fait état de deux méthodes d'évaluation des coûts engagés pour éviter la déforestation, en fonction de l'échelle de l'analyse :

- Une analyse empirique des comportements individuels locaux (« bottom-up ») ayant pour objet d'évaluer les avantages économiques tirés de la déforestation, et notamment à la culture du bois, l'élevage du bétail et les activités agricoles. Le coût moyen engagé pour éviter la déforestation est ensuite évalué comme étant le revenu que les parties prenantes au niveau local retireraient de la déforestation d'un hectare (coût d'opportunité). Afin de fournir des informations pertinentes sur le plan politique, certaines études ont également intégré des coûts administratifs liés à la conservation des forêts, sur la base d'expériences antérieures. Les résultats sont généralement présentés sous la forme de coûts cumulés actualisés. Typiquement, cela correspond au niveau de l'investissement initial nécessaire pour couvrir l'ensemble de ces coûts sur une période de 30 ans.
- La mise en œuvre de modèles globaux de marchés agricoles et forestiers (« top-down ») ayant pour objet d'évaluer le potentiel global d'évitement de la déforestation pour différents niveaux de prix du carbone. Ces modèles sont généralement dictés par un ensemble de paramètres régionaux (terrains, bois et/ou alimentation) et visent soit à optimiser l'utilisation des terres soit simplement à simuler le comportement d'agents représentatifs à l'égard des terres, des produits agricoles et des marchés du bois.

Les approches empiriques indiquent des coûts peu élevés à court terme

L'approche empirique est plus susceptible de fournir des estimations solides des rendements nets issus de la déforestation à petite échelle. Elle repose souvent sur une connaissance approfondie des motivations locales sous-tendant la déforestation, des signaux économiques, et des contraintes institutionnelles. Elle peut s'avérer très précieuse dans le cadre de l'élaboration de la politique, en aidant à façonner des instruments efficaces adaptés aux conditions locales.

La principale faiblesse de ce type d'approche réside dans son manque d'exhaustivité. Elle ne peut en effet permettre de prévoir les coûts engagés pour éviter la déforestation à grande échelle. Les mesures prises à grande échelle afin de lutter contre la déforestation peuvent entraîner une raréfaction des

matières premières agricoles qui auraient pu être produites sur les terres déboisées. La raréfaction pourrait à son tour entraîner des hausses de prix susceptibles de modifier les conditions locales et modifier les coûts d'opportunité établis dans les études empiriques antérieures. Même si l'indemnisation octroyée au titre de la déforestation évitée conduit à une intensification de la production, cela passera vraisemblablement par une augmentation de l'utilisation d'intrants, et donc une certaine augmentation des prix. Une telle intensification est probablement réalisable en Amazonie où prédomine l'élevage extensif de bétail à faible densité d'animaux. Pour les autres matières premières, l'intensification sera plus difficile à réaliser.

La gamme des coûts d'opportunité s'étend théoriquement de zéro (agroforesterie du caoutchouc en Indonésie, pâturages traditionnels au Brésil) à 5,2 €/tCO₂e (au Ghana, où l'étude inclut les revenus liés au bois). Par comparaison avec les coûts liés à la réduction des émissions imputables à la consommation de carburants fossiles (plus de 10 €/t), l'option de la déforestation évitée, à tout le moins à petite échelle, semble donc compter parmi les moins onéreuses s'agissant de la réduction des émissions globales de GES. En outre, Grieg-Gran indique que les coûts administratifs engagés pour éviter la déforestation sont compris entre 3 et 12 €/ha à titre d'investissement initial, ce qui est négligeable par comparaison aux coûts d'opportunité mentionnés ci-dessus, si l'on tient compte du fait qu'un hectare de forêt représente entre 300 et 1 000 tonnes de CO₂.

Les modèles globaux estiment le potentiel d'atténuation de la REDD à environ 3 GtCO₂e/an d'ici à 2020

La modélisation globale est une solution au problème de l'exhaustivité. Elle évalue et mesure les interactions entre la déforestation et la pression internationale sur les terres découlant de la croissance de la demande en denrées alimentaires, en biomasse et en bois. Le pendant de cette exhaustivité réside dans la fiabilité peu élevée de la représentation des modifications des comportements au niveau micro-économique, et notamment une sous-estimation générale des barrières institutionnelles et économiques susceptibles de réduire le potentiel de la déforestation évitée à un prix du carbone donné.

Le potentiel de la déforestation évitée ne peut être ainsi évalué qu'au niveau global et sur le long terme (par ex. 2050, 2100). Les résultats représentent le niveau total de la déforestation évitée en fonction de différents scénarios des prix du carbone au cours du 21^e siècle. Il est intéressant de noter que trois modèles différents (GTM, DIMA, et GCOMAP) ont été utilisés pour tester les effets d'un prix du carbone permanent de 13 €/tCO₂e, ce qui représente depuis maintenant plus d'un an le seuil le plus bas des prix des quotas de carbone sur le marché européen. En réponse à ce signal de prix, les modèles de forêt et d'usage des terres globaux prédisent une réduction des émissions dues à la déforestation comprise entre 1,6 GtCO₂/an et 4,3 GtCO₂/an d'ici à 2030. Ce dernier chiffre signifierait un arrêt virtuel de la déforestation tropicale. Ces estimations doivent toutefois être considérées avec prudence, car ces deux modèles ont été conçus pour des marchés forestiers globaux et n'intègrent que de manière fruste la rétroaction positive de la déforestation évitée sur les prix agricoles (à travers le prix de location des terres forestières). D'autres études devraient bientôt associer modèles forestiers globaux et modèles agricoles globaux, permettant par conséquent des estimations plus rigoureuses.

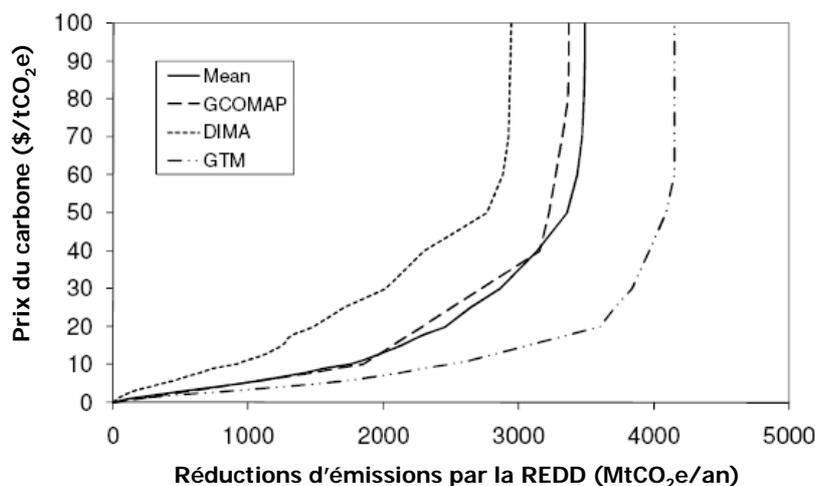
Il est intéressant de constater que la valeur carbone théorique qui permettrait de mettre définitivement un terme à la déforestation dépend fortement de la région considérée : selon les simulations de Sathaye, 6,5 €/tCO₂e en Afrique, 26 €/tCO₂e en Amérique du Sud et 50 €/tCO₂e dans le reste de l'Asie. Ces divergences proviennent de l'hétérogénéité des prix du bois et de la rentabilité des différents usages des terres. Les prix du bois sont également essentiels pour expliquer pourquoi les estimations « bottom-up », qui prennent rarement en compte les revenus de la récolte du bois, fournissent des estimations généralement plus basses que les modèles globaux.

B. Des coûts d'opportunité théoriques à la mise en œuvre effective : les fruits des branches basses d'un grand arbre

Un examen conjoint des résultats de la modélisation globale et des analyses empiriques instruit clairement sur la différence d'échelle entre les deux approches. Les analyses empiriques fournissent des informations fiables sur le très faible niveau des coûts engagés pour éviter localement des émissions de carbone. Pour des estimations sur un horizon plus long, il faut se référer aux résultats de la modélisation globale. Ils montrent que

les coûts augmentent de manière significative lorsque des efforts supplémentaires sont requis. Les premiers fruits de la déforestation évitée en matière de carbone reposent sur des branches basses et faciles d'accès, mais ces actions à grande échelle exigent de grimper plus haut dans les arbres (Figure 16).

Figure 16 – Les premiers fruits d'un grand arbre



Les estimations des modèles globaux pour les coûts d'atténuation par la REDD croissent rapidement une fois les premières réductions réalisées. Cette illustration résume les résultats de trois modèles globaux : GCOMAP, DIMA, et GTM.

Source : Kindermann 2008.

Finalement, il faut garder à l'esprit que le déploiement de tels efforts ne dépend pas uniquement des mesures incitatives en matière de prix du carbone, mais également dans une large mesure, des questions de mise en œuvre. Les modèles globaux ne disent rien sur la faisabilité de ces schémas protecteurs généralisés ni des paiements généralisés en contrepartie de services environnementaux à un niveau global. A l'inverse, ils partent du principe que les agents économiques optimisent leur revenu et sont directement récompensés de leurs efforts. En réalité, la réduction de la déforestation sera plus complexe et exigera des programmes adaptés aux motifs spécifiquement locaux du phénomène.

La problématique de la mise en œuvre rend difficile le dépassement de 1 GtCO₂e/an à court terme

Les scénarios de modélisation sont utiles pour une vision à long terme et des tendances à grande échelle. Pour pouvoir participer à un mécanisme REDD, les gouvernements doivent être capables de contrôler et de mesurer avec fiabilité les émissions dues à la déforestation et d'appliquer méthodiquement la législation environnementale telle que celle relative aux zones protégées. Dans la plupart des cas, il faudra procéder à des investissements massifs qui ne sont pas pris en compte dans les modèles globaux. Sur le court terme, la majorité des pays tropicaux sont ainsi confrontés à des obstacles extrêmement sérieux liés aux infrastructures et aux institutions.

- **Contrôle** : à l'heure actuelle, parmi les nations caractérisées par une forte déforestation, seul le Brésil contrôle et mesure régulièrement le phénomène de déforestation et a élaboré un plan national de lutte contre la déforestation. La mise en œuvre locale de systèmes de contrôle et de mesure de ce phénomène prendra non pas des mois mais des années.
- **Gouvernance** : Les capacités de gouvernance varient fortement. Comme le suggèrent les récentes incursions de la Banque mondiale dans la réforme sur la gouvernance, la situation ne changera pas nécessairement à court terme, même si des fonds sont disponibles. Les discours de sociétés et de gouvernements du nord en faveur d'une récompense au titre d'une réduction de la déforestation pourraient stimuler une meilleure gestion des forêts, mais rien n'est couru d'avance.
- **Capital social** : L'importance d'un capital social pour le système REDD est souvent négligée. Les pays qui souhaitent établir des programmes REDD transparents et crédibles doivent disposer d'organisations de la société civile suffisamment développées ou d'autres mécanismes. Il s'agit de l'une des conditions du succès des négociations entre les secteurs de la société qui sont amenés à participer à l'élaboration du système REDD

et à en partager les bénéfices en cas de réussite. Le Brésil, par exemple, a inclus des mouvements sociaux représentatifs des populations forestières dans les négociations concrètes relatives à la mise en œuvre d'un programme REDD. A l'inverse, les organisations représentatives des populations indigènes en Indonésie n'ont qu'une expérience infime et largement négative des négociations avec le gouvernement, et sont tributaires d'un passé lourd de conflits avec les concessionnaires des secteurs de l'élevage et de la production d'huile de palme eu égard à ce qu'ils considèrent comme des terres communautaires. Nombreux sont ceux qui s'opposent par principe au système REDD parce qu'ils considèrent que des financements internationaux au profit du gouvernement seront plus probablement préjudiciables qu'avantageux pour eux. Il n'est pas réaliste de penser qu'un programme REDD crédible et autonome puisse voir le jour, à court terme, dans ces circonstances.

Aucun investisseur ni pourvoyeur de fonds ne souhaitera affecter des ressources importantes à des programmes dont l'efficacité est douteuse sur le plan environnemental ou qui sont susceptibles de générer des conflits sociaux. Le prix des crédits REDD reflètera par conséquent le profil de risque du pays de mise en œuvre du projet : Sathaye parvient à la conclusion que les crédits REDD les moins onéreux devraient se rencontrer en Afrique tropicale, caractérisée par les plus faibles capacités de gouvernance parmi les régions tropicales, la permanence de ses conflits et la précarité de ses organisations civiles. Ceci illustre le risque d'une prévision d'une offre de crédits REDD basée uniquement sur les signaux de prix. Ainsi, ni les analyses empiriques ni les analyses descendantes des coûts d'opportunité engagés pour éviter la déforestation n'offrent un panorama exhaustif des coûts de la réduction de la déforestation.

On peut penser, en se montrant optimiste, que la plupart des pays tropicaux pourraient être prêts à participer, dans 10 ou 12 ans, au système REDD sur le plan national. La plus grande part de l'offre initiale de crédits REDD (au cours de la prochaine décennie) proviendra, selon toute vraisemblance, du Brésil et de certains autres petits pays d'Amérique latine. Si nous considérons uniquement le système REDD du point de vue de la réduction de la déforestation nationale par comparaison avec des données historiques et présumons que le Brésil est en mesure d'éliminer la déforestation sur une période de dix ans, cette offre pourrait atteindre 1 milliard de tCO₂e par an pendant dix ans, chiffre bien inférieur à la moyenne de 3 milliards de tCO₂e par an estimée par les modèles globaux.

Qui sont les bénéficiaires ?

Éviter complètement la déforestation, pour ainsi contribuer de manière significative à la lutte contre le réchauffement climatique, apparaît possible sur le long terme pour des prix du carbone actuellement considérés comme acceptables dans le secteur de l'énergie (par ex. 20 à 30 €/tCO₂). Néanmoins, payer pour éviter l'émission annuelle de 3 milliards de tonnes de CO₂ due à la déforestation sur les marchés du carbone requerrait toutefois d'énormes transferts de capitaux. Si les émissions évitées sont négociées par le biais des crédits de carbone, elles se vendront au prix établi par la bourse du carbone. Pour un prix du carbone de 20 euros, les transferts de capitaux atteindraient 60 milliards d'euros par an. Un fonds pourrait en théorie parvenir au même résultat avec des transferts moins importants s'il était possible d'opérer une distinction entre les réductions onéreuses et celles qui le sont moins, et de fixer les récompenses en conséquence. La gouvernance d'un fonds opérant une telle distinction constituerait un défi, tant en termes de faisabilité technique que d'acceptabilité politique.

Outre la question de savoir si les pays seraient prêts à payer en contrepartie d'une réduction de la déforestation, il convient également de se demander de quelle manière l'argent serait distribué. Les bénéficiaires de mesures incitatives visant à réduire la déforestation varieront probablement selon les cas. Si le mécanisme REDD octroie des récompenses au titre de réductions du taux national de déforestation, l'État en prélèvera probablement une part. Toutefois, pour réduire les risques de non livraison, les investisseurs étrangers exigeront un contrat qui garantisse le transfert des fonds et de la responsabilité aux parties prenantes qui peuvent réellement influencer sur le taux national de déforestation : les autorités responsables de l'aménagement du territoire si la sécurité du régime foncier semble prometteuse, les associations de agriculteurs si l'intensification de l'agriculture apparaît comme une solution potentielle, les systèmes de microcrédit si le développement de nouvelles activités économiques peut réduire la pression sur les forêts, etc.

L'expérience de Wunder sur les projets de paiements pour services environnementaux lui a permis de tirer une leçon importante : les bénéficiaires des paiements doivent être clairement définis sur la base d'une analyse au cas par cas. Il cite l'exemple de la zone tampon du Parc national d'Amboro en Bolivie, où une indemnisation de 4,5 €/ha par an a été offerte aux agriculteurs engagés dans la préservation des forêts. Le potentiel agricole variant fortement dans ces terres vallonnées, le système s'est avéré avoir été trop grossièrement défini : les seules parcelles de forêts incluses dans le système furent celles présentant un potentiel si faible qu'elles

auraient été préservées quoi qu'il adienne. La possibilité que certaines des parties prenantes visées par les incitations REDD se révèlent n'avoir pas d'impact sur la déforestation est une autre raison de penser que les coûts de la REDD sont sous-estimés par les modèles globaux, comme par les études de coûts d'opportunité. Wunder identifie les parties prenantes clés comme celles qui, en vertu de leurs revendications spécifiques à un site (propriété, droits de jouissance, prescription acquisitive,..), supportent un coût d'opportunité en cas de conservation et ont les moyens de prévenir tout accès au site par des tiers.

C. Un signal de prix efficace : comment lier le système REDD aux marchés du carbone ?

Trois options pour exploiter les marchés du carbone : taxe, ventes aux enchères et crédits négociables

L'idée d'exploiter les marchés du carbone pour financer les réductions des émissions liées à la déforestation n'est pas nouvelle. Trois principales propositions ont été formulées concernant le type exact de lien à établir entre le système REDD et les marchés du carbone : établissement d'une taxe, recours aux revenus issus des ventes aux enchères et création de crédits REDD négociables. Chacune de ces propositions a ses partisans dans l'arène internationale (voir l'encadré « Négociation » n° 2).

- *Établissement d'une taxe* : L'idée est inspirée du modèle du « Fonds d'adaptation » des Nations Unies. Ce fonds a vocation à financer l'adaptation des pays en voie de développement au changement climatique en tirant ses ressources du marché du MDP. Pour chaque crédit MDP émis, les Nations Unies prélèvent 2 % de la valeur des ventes au profit du Fonds d'adaptation. Un « fonds REDD » similaire pourrait être créé afin de récompenser les initiatives REDD. Son contenu serait partagé entre les initiatives REDD réussies en fonction des réductions d'émissions permises par chacune d'elles. Cette proposition financière ajouterait une nouvelle couche aux coûts de transaction d'ores et déjà élevés associés aux mécanismes de projets tels que le MDP. D'autres propositions de type « taxe » tireraient leurs revenus des ventes de quotas, des services et produits à fort contenu en carbone ou d'une taxe carbone plus largement appliquée.
- *Ventes aux enchères* : l'évolution du mode de distribution des quotas du système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE) va plus en plus vers un système de ventes aux enchères au détriment d'une attribution gratuite. Ces ventes aux enchères généreront des revenus susceptibles d'être utilisés pour financer un « fonds REDD ». Par essence, l'idée de recourir aux revenus issus de ventes aux enchères est assez similaire à celle d'une taxe. Un « fonds REDD » pourrait également être créé afin de récompenser les initiatives REDD. La différence réside dans le segment du marché du carbone utilisé pour créer le fonds : au lieu d'exploiter les mécanismes de projets, cette proposition aurait pour effet d'obtenir des ressources à partir de quotas.
- *Crédits négociables* : La troisième option consiste à convertir les réductions des émissions dans le cadre des initiatives REDD en crédits carbone pouvant être vendus aux industries ou aux pays à des fins de conformité. Cette proposition diffère des autres à deux égards. Premièrement, l'importance de la demande diffère : dans le cas des crédits négociables, les initiatives REDD sont en compétition pour la totalité de la demande sur les marchés du carbone, tandis que dans le cas d'un fonds, elles ne tirent leurs revenus que d'une partie prédéterminée de celle-ci. Du point de vue d'un investisseur, plus la demande est importante, plus le retour sur investissement est fiable. De trop nombreuses initiatives REDD auront pour effet de diluer plus rapidement les récompenses s'il s'agit d'un fonds que s'il s'agit du marché dans son ensemble. Les crédits négociables sont par conséquent plus susceptibles d'attirer des investisseurs privés que des fonds. Deuxièmement, l'importance de l'offre en crédits-carbone sur le marché diffère : à la différence d'une approche de type « fonds », les crédits REDD négociables sont ajoutés à l'offre générale de crédits. Plus l'offre de crédit est importante, moins les prix du carbone sont élevés. Du point de vue d'un organisme de régulation, cette situation présente des avantages et des inconvénients. Principal avantage : elle réduit les coûts de mise en conformité pour les pays industrialisés. Principal inconvénient : un prix du carbone trop bas pourrait se traduire par des réductions domestiques moins importantes que celles visées par la Commission européenne. Cet équilibre entre des initiatives REDD plus nombreuses et le risque d'une inondation du marché par les crédits REDD est examiné dans la partie V.E, en comparant deux modèles couplés « carbone-forêt ».

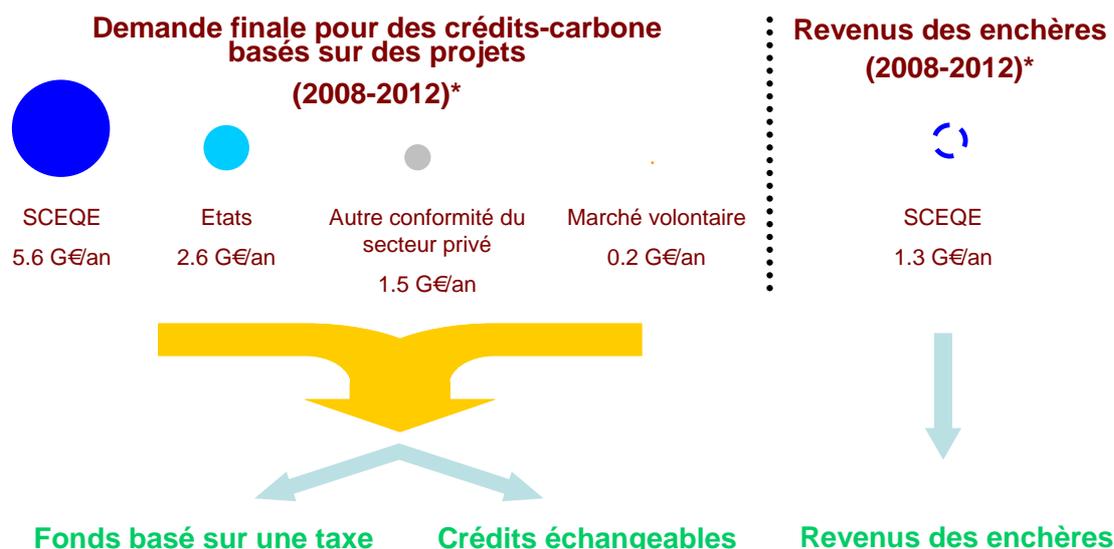
Encadré négociations n° 2. Marché contre fonds... et l'utilisation de revenus issus de ventes aux enchères

Au niveau des Nations Unies, la question de savoir comment exploiter les marchés du carbone pour financer les initiatives REDD tourne autour du dilemme marché contre fonds. La *Coalition for Rainforest Nations*, qui compte environ quinze pays tropicaux en Asie, en Afrique et en Amérique latine, est favorable aux crédits-carbone échangeables sur le marché international, tout en restant ouverte à d'autres solutions. Le Brésil privilégie la création d'un fonds financé soit volontairement par les nations industrialisées soit par une taxe sur les mécanismes de projets. En tout état de cause, il s'oppose à l'heure actuelle à l'utilisation d'initiatives REDD par les nations industrialisées pour remplir leurs engagements internationaux.

Le débat marché contre fonds a pour le moment lieu entre fournisseurs potentiels. Les consommateurs potentiels, tels l'UE, n'ont jusqu'à présent pas exprimé de préférence. Même si elle demeure neutre dans l'arène internationale, l'UE influencera grandement le futur du programme REDD par ses décisions sur les règles du SCEQE pour la période postérieure à 2012.

De combien d'euros parlons-nous concernant le carbone ?

Figure 17 – Estimations des paiements potentiels liés au carbone sur la base des règles actuelles du SCEQE (2008-2012) et des conditions du marché



* La demande finale en crédits importés est estimée à partir des règles et conditions de marché actuelles (ex. quota de 280 MtCO₂e/an pour les crédits MDP autorisé sur le SCEQE). Les tonnes de CO₂éq sont converties en euros sur une base de 20 €/tCO₂éq, à la fois pour les crédits de conformité basés sur des projets et pour les quotas mis aux enchères.

Ces estimations reflètent la demande que pourraient exploiter les initiatives REDD. Il est impossible d'établir des prévisions à partir de celles-ci compte tenu du fait que les conditions du marché pour la période postérieure à 2012 dépendent de règles SCEQE qui restent à définir et du résultat des propositions de loi américaines. Entre 2008 et 2012, la demande finale concernant les crédits-carbone de projets a été estimée à environ 10 milliards d'euros par an. Si les quotas mis aux enchères se vendent au prix de 20 €/tCO₂e, les recettes générées tourneraient autour du milliard d'euros par an. Ces montants représentent à la fois l'assiette fiscale d'un éventuel fond REDD et la demande finale pour d'éventuels crédits REDD. Chacun de ces trois modes de paiements basés sur le carbone fournirait donc une masse financière 10 à 20 fois forte que le niveau actuel de l'Aide publique au développement au secteur forestier (343 millions d'€/an)^{††}.

Source : Mission Climat à partir de données de l'OCDE et de la Banque mondiale.

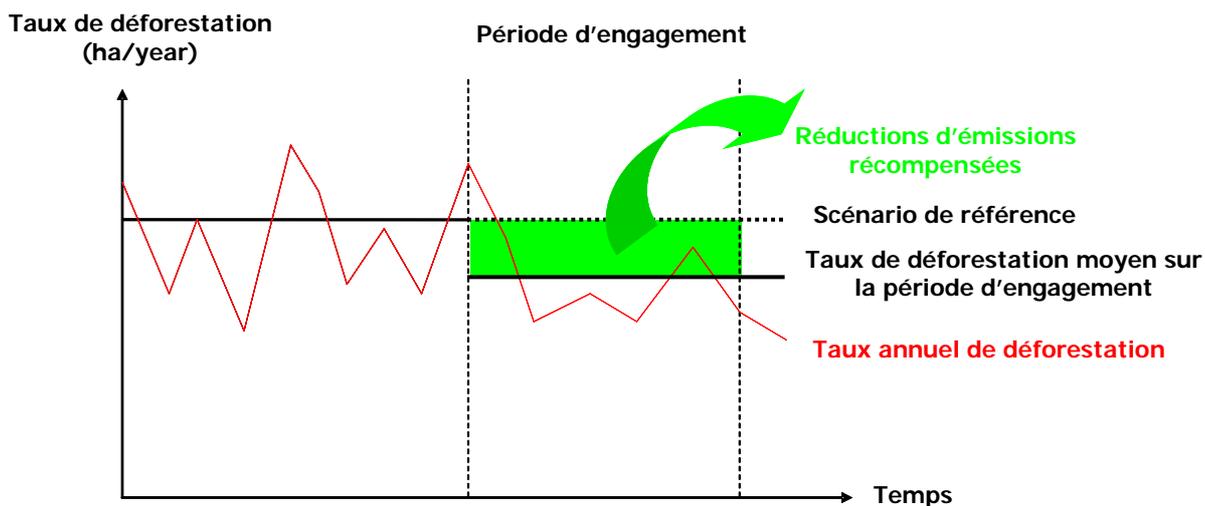
^{††} Aucune de ces mesures incitatives ne serait entièrement affectée aux initiatives REDD : les crédits négociables entreraient en concurrence avec d'autres crédits-carbone, et la compétition entre différents groupes d'intérêts pour les revenus issus des ventes aux enchères et des taxes sur le carbone est inévitable. Il en va de même pour les APD au profit du secteur forestier, dont seule une petite partie est affectée à des initiatives visant directement à la réduction de la déforestation.

Comme le montre la Figure 17, le SCEQE a constitué jusqu'ici la principale source de demande de crédits de carbone dans le monde. Il représente présentement 57 % de la demande finale globale en crédits basés sur des projets, pour un total de 280 millions de tCO₂e par an entre 2008 et 2012. Si les crédits internationaux REDD existaient déjà, l'absence de restrictions les concernant au sein de ce quota de 280 millions porterait la limite supérieure de la demande à environ 10 milliards d'euros par an, tandis que l'exclusion totale des crédits REDD du SCEQE restreindrait cette limite supérieure à 4,4 milliards d'euros par an. En laissant de côté l'augmentation potentielle de nouvelles sources de demande (marché de conformité d'Amérique du Nord, marchés volontaires), les règles futures du SCEQE pour la phase III (de 2013 à 2020) détermineront le succès d'un système lié à la finance carbone. Dans son état actuel, le projet de directive exclue les crédits REDD du SCEQE. Toutefois, certains responsables politiques européens ont suggéré qu'une partie des revenus des ventes aux enchères liées aux quotas soit affectée aux initiatives REDD. Quoi qu'il en soit, les choix qui seront faits sur la future forme du SCEQE seront déterminants : soit ils détermineront la demande de crédits négociables, soit établiront les dimensions du pool de quotas devant être mis aux enchères ou taxé par un fonds reposant sur l'établissement d'une taxe.

D. Les obstacles du côté de l'offre : une question de scénario de référence

Peu importe laquelle des trois approches est utilisée pour exploiter les marchés du carbone, les réductions de déforestation récompensées par des paiements liés au carbone devront être déterminées par rapport à un scénario de référence : pendant une période d'engagement donnée, seules les réductions des émissions en deçà du scénario de référence seront récompensées. Ce principe est représenté en Figure 18.

Figure 18 – Le scénario de référence détermine combien de réductions sont récompensées



Les paiements liés au carbone, effectués en contrepartie de la réduction de la déforestation, reposent sur un scénario de référence : pendant une période d'engagement donnée, seules les réductions d'émissions en deçà du scénario de référence sont récompensées. Dans l'exemple susmentionné, le scénario de référence correspond au taux historique de déforestation avant la période d'engagement.

Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts.

Pour un projet visant à réduire la déforestation au niveau local, la détermination d'un scénario de référence pour la déforestation peut être considéré comme une question technique impliquant la modélisation de facteurs de déforestation et la validation du modèle sur des domaines non concernés par le projet. Mais une fois encore, récompenser la réduction des émissions à l'échelle locale pose le problème des « fuites ».

Pour un programme visant à la réduction de la déforestation au niveau national, la détermination d'un scénario de référence pour la déforestation ne peut plus être uniquement considérée comme une question de nature purement technique compte tenu de l'absence de zone de contrôle pour vérifier la validité d'un modèle de déforestation. A Kyoto, lorsqu'il s'est agi de parvenir à un accord sur le niveau des réductions devant être atteint dans chaque pays, les objectifs nationaux ont été fixés à l'issue de négociations politiques entre les gouvernements. Comme le démontrent Pirard et Karsenty, l'attribution de scénarios de référence nationaux pour la déforestation devrait probablement se dérouler selon le même schéma. Les opinions des négociateurs seront alors influencées ou non par les prévisions des modèles de déforestation (voir négociation encadré n° 3).

Encadré négociations n° 3. Le choix d'un scénario de référence : la question d'une « indemnisation pour conservation »

Il est trop tôt pour que ne commence un vrai débat sur le détail des scénarios de référence nationaux. Toutefois, compte tenu des différences de taux de déforestation nationaux entre les pays, la légitimité d'un scénario de référence historique similaire à celui établi par le protocole de Kyoto pour les nations industrialisées a d'ores et déjà été mise en cause. Les pays dont le taux de déforestation historique est faible et les pays dont les superficies boisées connaissent actuellement une progression s'inquiètent de ce qu'un mécanisme REDD basé sur des scénarios de référence historiques récompensera les seuls pays ayant d'ores et déjà un fort taux de déforestation.

La proposition indienne, notamment, s'articule autour de la notion d'une « indemnisation pour conservation », qui consiste à choisir un taux de référence récompensant les pays ayant déjà pris les mesures nécessaires pour faire fléchir la déforestation. La *Coalition for Rainforest Nations* appuie ce principe, qui bénéficiera également du soutien des membres du bassin du Congo, dont le taux de déforestation est toujours relativement faible. Le Brésil a également exprimé son soutien à cette proposition lors de la conférence qui s'est tenue à Accra en Août 2008.

E. Les obstacles du côté de la demande : combien est-il possible d'acheter ?

En cas de lien direct avec les marchés du carbone, l'un des facteurs-clés de réussite initiale du système REDD sera son accès au marché européen. Jusqu'à présent, les négociateurs européens se sont montrés prêts à soutenir les initiatives REDD au niveau international, mais la Commission est réticente à ouvrir les portes du SCEQE aux crédits REDD. Avant cela, il est en effet nécessaire d'évaluer le volume de crédits REDD importés susceptibles de pénétrer le marché. Il convient d'éviter que cette offre supplémentaire conduise à une chute importante des prix du carbone et n'ébranle profondément le jeune SCEQE.

Selon l'estimation des coûts engagés pour éviter la déforestation, ce risque ne saurait être écarté. Les estimations précitées sont 10 à 20 fois inférieures aux prix actuels du carbone, et l'offre potentielle aux prix actuels pourrait s'avérer deux fois plus importante que le volume total des crédits existants sur le SCEQE^{§§}. Toutefois, elles ne tiennent pas compte de deux rétroactions cruciales présentées en Figure 19 : la baisse de l'incitation à la réduire de la déforestation avec une chute des prix du carbone liée à un influx de crédits REDD, et l'augmentation du coût à engager pour éviter la déforestation lorsque les prix agricoles augmentent parallèlement à la diminution de la déforestation.

Figure 19 – Deux rétroactions cruciales pour évaluer l'incidence du système REDD sur les marchés du carbone



Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts.

Jusqu'à présent, seul le premier élément sur les prix du carbone a été évalué quantitativement. Grâce à un modèle dynamique mettant en rapport les marchés du carbone et le secteur forestier, Anger et Sathaye parviennent à une diminution de 40 % du prix du carbone quand les crédits REDD sont autorisés sur le SCEQE sans restriction en plus des crédits MDP.

^{§§} Les crédits SCEQE alloués s'élèvent à 2,061 GtCO₂e/an entre 2008 et 2012 pour l'UE à 27 + Norvège et Liechtenstein.

Tableau 3 – Évaluation modélisée d'Anger et Sathaye de l'incidence de crédits REDD sur le SCEQE

| | Pas d'importation autorisée | Crédits MDP autorisés sans restriction | Crédits MDP et REDD autorisés sans restriction |
|---|-----------------------------|--|--|
| Prix du carbone (€/tCO ₂ e) | 68 | 11 | 6 |
| Réductions d'émissions internes au SCEQE (MtCO ₂ e/an) | 906 | 321 | 246 |
| Imports de crédits MDP sur le SCEQE (MtCO ₂ e/an) | | 585 | 366 |
| Imports de crédits REDD sur le SCEQE (MtCO ₂ e/an) | | | 294 |

* Les prix originaux en euro 2005 sont accrus de 23% pour être comparables au taux de change de 0,65 euro/dollar utilisé pour les résultats du EDF

Le fait d'autoriser sur le SCEQE des crédits de compensation tels que les MDP diminue grandement le prix du carbone en le ramenant de 68 €/tCO₂e à 11 €/tCO₂e. Compte tenu du fait que 585 millions de tonnes de compensations pénètrent sur le marché, le volume des réductions domestiques diminue en conséquence. Fait intéressant toutefois, l'autorisation de crédits REDD en sus des crédits MDP ne change pas radicalement la situation.

Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts, adapté d'Anger et Sathaye.

En ce qui concerne le risque d'une inondation du SCEQE, cet exercice de modélisation offre trois conclusions intéressantes. Ces conclusions reposent sur l'hypothèse qu'aucun plafond n'est appliqué à l'utilisation des crédits, ce qui est loin d'être présentement le cas.

- En raison de la concurrence avec les crédits MDP et de la répercussion des importations de crédits sur les prix de carbone, seules 300 millions de tonnes de crédits de déforestation évitée pénétreraient le SCEQE, soit le dixième de l'offre potentielle prévue par le même modèle pour les prix actuels du carbone.
- Le signal de prix sur le SCEQE est grandement ébranlé par l'importation de crédits de compensation, ce qui conduit à des réductions domestiques bien moins importantes (environ un tiers des réductions survenant en l'absence des crédits de compensation).
- Lorsque les deux sont autorisés sur le SCEQE, l'influx de crédits REDD est comparable à celui des crédits MDP, avec respectivement 294 et 366 millions de tonnes de CO₂e.

Tableau 4 – Évaluation modélisée de Environmental Defense Fund (EDF) de l'incidence de crédits REDD sur les marchés du carbone

| | Crédits MDP autorisés jusqu'à 10 % des engagements | Même scénario pour les crédits MDP + crédits REDD sans restriction | Même scénario pour les crédits MDP + crédits forestiers sans restriction |
|--|--|--|--|
| Prix du carbone (€/tCO ₂ e) | 23 | 20 | 16 |
| Prix du carbone (€/tCO ₂ e) <i>Offre de crédits forestiers x 2</i> | | 18 | 12 |
| Prix du carbone (€/tCO ₂ e) <i>Offre de crédits forestiers / 2</i> | | 21 | 19 |

Le fait d'autoriser des crédits REDD sur les marchés de carbone internationaux ne diminue que de manière marginale le prix du carbone (-14 %), tandis que l'incidence de l'ensemble des crédits forestiers (y compris de reboisement) est plus importante (-31 %). Les scénarios alternatifs pour lesquels l'offre de crédits forestiers est doublée ou réduite de moitié sont considérés pour refléter les incertitudes à ce sujet. Point intéressant, ces projections ne sont pas fortement influencées par les hypothèses sous-jacentes sur la taille de l'offre de crédits REDD du fait de l'influence de la banquabilité des crédits.

Source : Environmental Defense Fund (EDF).

Plus récemment, Environmental Defense Fund (EDF) a également analysé l'incidence potentielle de la REDD sur le marché, en utilisant des hypothèses différentes. Selon son modèle, le fait d'autoriser des crédits forestiers sur l'ensemble des marchés du carbone réduit les coûts de réduction des émissions de 31 % en 2020, un résultat assez proche des 40 % d'Anger et de Sathaye. Les coûts de réduction absolus sont toutefois assez différents. Les prévisions de EDF sont trois fois plus élevées, à 16 €/tCO₂e dans le cas où toutes les activités forestières ont accès au marché. Cette différence est en grande partie due aux objectifs de réduction plus importants dans les pays développés utilisés par EDF : il s'agit du même objectif qu'Anger et Sathaye pour l'UE, mais EDF considère qu'une demande supplémentaire est créée par l'adoption de la loi Lieberman-Warner aux États-Unis^{***} et des efforts comparables dans les autres nations développées.

^{***} La version du projet de loi Lieberman-Warner utilisée dans le modèle prévoit une réduction de 19 % des émissions de 2005 d'ici à 2020 et de 70 % d'ici à 2050.

Parmi les autres facteurs figure la possibilité de mise en réserve de crédits carbone autorisée par le modèle de EDF : si les acteurs sont autorisés à optimiser les décisions de réduction dans le temps en mettant en réserve des crédits en vue d'une utilisation future, l'inclusion de crédits REDD, même en cas de conjectures très optimistes sur l'offre de crédits forestiers et REDD, permettrait de contrôler les coûts de mise en conformité sur la durée du programme, mais permettrait également d'éviter des baisses de prix substantielles à moyen terme. Cette inclusion n'aurait en soi pas d'incidence substantielle sur les prix du carbone à long terme, qui dépendent de la demande globale déterminée par les objectifs de réduction des émissions.

Dans les deux modèles, même les scénarios les plus prudents, par exemple diviser par deux l'offre de crédits REDD afin d'alimenter un régime d'assurance pourvoyant aux performances, génèrent un prix de carbone inférieur à 20 €/tCO₂e. Conformément à la plupart des modèles, ce signal de prix n'est pas assez élevé pour atteindre l'objectif de 20 % établi par la Commission pour les réductions d'émissions au sein de l'UE. Afin de rapprocher la portée des réductions de cet objectif, un équilibre rigoureux doit être conservé entre l'offre et la demande sur le SCEQE. Quelques propositions ont été formulées à cette fin par diverses parties prenantes :

- Établir un quota limitant le nombre de crédits de projets importés autorisés sur le marché. Conformément au dernier projet de directive de la Commission, ce quota pourrait avoisiner les 5 % des émissions totales pour les crédits MDP, sous réserve de la conclusion d'un accord international contraignant pour la période de l'après-Kyoto.
- Instituer un prix minimum pour les quotas mis aux enchères et autoriser les crédits REDD en remplacement desdits quotas mis aux enchères. Les acheteurs de quotas seraient ainsi incités à acheter des crédits REDD jusqu'à ce que leur prix atteigne le prix minimum.
- Augmenter la demande de crédits en resserrant les objectifs de réduction des nations industrialisées ou en obtenant des engagements contraignants de la part de certaines nations en voie de développement.
- Permettre aux sociétés de mettre en réserve des crédits en vue d'une utilisation future, lorsque les prévisions indiquent une augmentation des prix du carbone.

F. Problématique à moyen terme : incorporation complète des forêts dans le marché international du carbone

Le Conférence des Nations Unies de Copenhague sur le climat, prévue pour la fin 2009, devrait trancher sur les modalités du lien à court terme entre les forêts et le marché international du carbone. Peu avant ou après, les nouvelles règles du SCEQE devraient en grande partie décider du sort du secteur forestier sur le marché du carbone. Ces décisions seront basées sur l'équilibre entre les risques et les opportunités des différentes approches décrites dans le présent rapport d'étude.

Les marchés du carbone ont constitué jusqu'à présent le principal outil économique de la lutte contre le changement climatique, et ont toutes les chances de le demeurer. Ils ont fait leurs preuves dans la réduction des émissions dues à l'utilisation de carburants fossiles, dans le cadre de la première phase du Système communautaire d'échange de quotas d'émissions. Toutefois, les marchés de carbone se sont révélés largement incapables de faire une entaille dans les émissions issues du secteur forestier. La complexité et la dispersion des mécanismes existants, de la gestion des forêts dans les pays industrialisés au reboisement dans les pays en voie de développement, sont en partie responsables de cette carence. Compte tenu du fait que 15 à 20 % des émissions anthropiques totales sont imputables au secteur forestier, il s'avèrera difficile d'éviter un changement climatique dangereux sans mécanisme visant à contenir et à réduire les émissions dues aux forêts. Nonobstant la décision à venir sur le mécanisme REDD, l'incorporation complète des forêts dans le marché international du carbone est en passe de devenir une question des plus importantes.

L'incorporation complète signifie, sur le long terme, que les pays sont tenus de rendre des comptes à la fois sur la séquestration et les émissions du secteur forestier. Après le compromis atteint à Accra sur « l'indemnisation pour conservation », le secteur forestier semble plus proche qu'aucun autre secteur de ce type d'accord sectoriel. L'enjeu suivant des négociations sera de déterminer à quel rythme les économies émergentes supporteront une part des coûts associés à un accord sectoriel sur les forêts.



ANNEXE 1. CHIFFRES PUBLIES SUR LES ÉMISSIONS DUES A LA DEFORESTATION

- **L'estimation globale du GIEC**

Pour obtenir des estimations sur les émissions dues à la déforestation, il faut superposer deux types d'informations : la superficie concernée par la déforestation et la quantité de biomasse qui y était stockée. Par le biais de techniques de télédétection, la mesure de l'ampleur de la déforestation devient de plus en plus précise : comme le montre la partie III, l'interprétation automatisée ou visuelle des images satellite permet des mesures précises de l'ampleur de la déforestation dans n'importe quelle région du globe. Une mesure aussi complète de la biomasse forestière n'est toutefois pas réalisable : la seule manière de s'en assurer passe par des inventaires sur le terrain, trop chronophages pour être effectués sur chaque hectare de forêt à l'échelle du pays. Toutefois, l'ensemble des études scientifiques et des inventaires forestiers peut fournir suffisamment de données pour élaborer des cartes biomasse d'une précision acceptable. Sur la base de ce recueil d'études, les directives relatives aux bonnes pratiques du GIEC comportent des méthodes de mesure de la biomasse et des émissions dues à la déforestation révisées sur une base collégiale et entérinées par des scientifiques de haut niveau.

Le chiffre du GIEC de $5,8 \pm 4$ GtCO₂e/an formulé dans les années 1990 provient de la compilation de deux études globales. L'une des deux, réalisée par Houghton, repose sur les statistiques nationales compilées par la FAO au sujet des taux de déforestation. L'autre étude, réalisée par DeFries, repose sur des images satellite basse résolution. Concernant le calcul de la biomasse, les deux études utilisent la méthode comptable de Houghton. 5.8 GtCO₂e/an représente la moyenne entre les meilleures estimations de chacune des études, 1,8 GtCO₂e/an représentant l'estimation la plus faible de DeFries, et 9,8 GtCO₂e/an représentant l'estimation la plus élevée de Houghton.

Compte tenu du fait que tous les pays ne contrôlent pas leurs forêts avec beaucoup de précision, les estimations obtenues par satellite sont généralement réputées être plus fiables à l'échelle internationale. En outre, une étude ultérieure réalisée par Achard utilisant un mélange d'images satellites de résolution basse et moyenne a donné lieu à des estimations indépendantes similaires à celles de DeFries pour les années 1990. C'est la raison pour laquelle nous considérons que la meilleure estimation de DeFries à 3,8 GtCO₂e/an est plus proche du chiffre réel que la moyenne de 5,8 GtCO₂e/an.

- **Les estimations nationales de la FAO**

Comme le mentionne la partie III.A, certains pays tels que le Brésil et l'Inde contrôlent régulièrement leur domaine forestier à partir de données satellites. Quelques scientifiques ont également estimé les taux de déforestation nationale des grands pays (Brésil, Indonésie, ..) à l'aide de données obtenues par télédétection. Mais les seules informations disponibles à l'échelle du pays avec une couverture globale proviennent de l'Évaluation des ressources forestières de la FAO. Compte tenu du fait que cet ensemble de données repose sur les statistiques fournies par chaque pays à la FAO, elles sont plus incertaines, notamment pour les pays qui ne recourent pas à l'imagerie satellite pour leurs inventaires forestiers. En outre, cette compilation n'a trait qu'au changement net du couvert forestier et n'établit pas de distinction entre la déforestation brute et le reboisement. C'est la raison pour laquelle on peut être surpris en comparant les chiffres de la FAO avec les données obtenues par télédétection, quand elles sont disponibles : pour l'Indonésie, elles sont trois fois plus élevées que les récentes estimations de Hansen établies par satellite. Le même raisonnement s'applique aux taux internationaux de déforestation : les taux des années 1990 sont probablement plus proches des estimations obtenues par satellite de 8-9 millions d'hectares par an que de celles de la FAO, de plus de 13 millions d'hectares par an.

Malgré ses insuffisances, le jeu de données de la FAO est le seul à fournir des tendances au niveau national et, pour cette précieuse spécificité, il est souvent utilisé tant par les scientifiques que par les négociateurs.

ANNEXE 2. COUT ENGAGE POUR EVITER LA DEFORESTATION - ESTIMATIONS DES APPROCHES EMPIRIQUES

| Localisation | Coût estimé (€/tCO ₂ e) | Méthode d'estimation du coût | Changement d'activité | Source |
|----------------------------------|------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| Déforestation évitée | | | | |
| Bolivie | 0.7 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs bœuf et soja | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Bolivie | 0.8 | Coût d'opportunité | Conservation vs soja | Silva-Chavez 2005 |
| Brésil | 0.4 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs bœuf, produits laitiers, soja, manioc, riz, bananes, canne à sucre, ananas, plantations d'arbres | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Brésil | 0.5 | Coût d'opportunité (échelle nationale, à l'exclusion des 6 % les plus chers) | Exploitation durable du bois vs bœuf, soja et exploitations non-durable du bois | Nepstad 2007 |
| Brésil | 0,5-2 | Coût d'opportunité | Conservation vs timber and cattle | Diaz & Schwartzman 2005 |
| Brésil | 2,5-4 | Coût d'opportunité | Conservation vs bois, bœuf et soja | Diaz & Schwartzman 2005 |
| Brésil | 0.9 | Coût d'opportunité | Extraction de noix vs pâturage de conservation | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Brésil | 0.0 | Coût d'opportunité | Extraction de noix vs pâturage traditionnel | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Brésil | 1.0 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Exploitation durable du bois vs bœuf, soja et exploitations non-durable du bois | Nepstad 2007 |
| Panama | 0.7 | Coût d'opportunité | Conservation vs bœuf | Potvin 2008 |
| Cameroun | 0.7 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs agriculture sur brûlis, cacao, huile de palme | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Cameroun | 1.9 | Coût d'opportunité | Conservation vs agriculture sur brûlis | Bellassen & Gitz 2008 |
| Cameroun | 2.0 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs cacao intensif | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Cameroun | 1.2 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs cacao extensif | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Cameroun | 0.7 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs agriculture sur brûlis à jachère courte | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Cameroun | 0.5 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs agriculture sur brûlis à jachère longue | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Cameroun | 1.9 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs huile de palme | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| République Démocratique du Congo | 0.7 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs agriculture sur brûlis, cacao, huile de palme | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| République Démocratique du Congo | 0.6 | Prix payé localement par les entreprises d'huile de palme | Conservation vs huile de palme | Laporte 2007 |
| Ghana | 0.9 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs exploitation du bois, maïs et manioc à petite échelle | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Ghana | 5.2 | Coût d'opportunité | Conservation vs exploitation du bois, maïs et manioc à petite échelle | Osafo 2005 |
| Madagascar | 0,5-2,8 | Coût d'opportunité | Conservation vs exploitation du bois et riz | Kremen 2000 |
| Indonésie | 0.9 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs huile de palme, caoutchouc, riz, manioc | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Indonésie | 0.0 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs caoutchouc | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Indonésie | 0.3 | Coût d'opportunité | Exploitation du bois vs huile de palme | Chomitz 2006 from Tomich 2005 |
| Malaisie | 1.1 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs huile de palme, caoutchouc, riz, manioc | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Papouasie Nouvelle-Guinée | 1.7 | Coût d'opportunité (échelle nationale) | Conservation vs huile de palme, agriculture vivrière | Grieg-Gran 2006 & Stern 2006 |
| Dégradation évitée | | | | |
| Guyana | 0,1-0,45 | Coût d'opportunité | Conservation vs exploitation du bois | Osborne 2005 |

Les estimations des approches empiriques soulignent le très faible niveau de coûts engagés pour éviter la déforestation, avec des fourchettes allant de valeurs négatives (ce qui signifie que le fait d'éviter la déforestation est théoriquement d'ores et déjà rentable) à 5,2 €/tCO₂e au Ghana.

Source : Mission Climat de la Caisse des Dépôts.

REFERENCES

- Achard *et al.*, "Improved estimates of net carbon emissions from land cover change in the tropics for the 1990s", *Global Biogeochemical Cycles*, 2004
- Anger and Sathaye, "Reducing Deforestation and Trading Emissions: Economic Implications for the post-Kyoto Carbon Market", *Center for European Economic Research*, 2008
- Arima *et al.*, "Cattle Ranching in the Amazon: Trends and Implications for Environmental Conservation", *Imazon*, 2006
- Asner *et al.*, "Selective Logging in the Brazilian Amazon", *Science* **310**, 480-482, 2005
- Brown, "Monitoring and Accounting of Greenhouse Gas from Forest Degradation", *présentation donnée lors de l'Atelier de l'AFD sur la dégradation de la forêt, Paris*, 2008
- Capoor and Ambrosi, "State and Trends of the Carbon Market 2008", *World Bank Institute*, 2008
- Chomitz, "At Loggerheads? Agricultural Expansion, Poverty Reduction and Environment in the Tropical Forests", *World Bank Policy Research Report*, 2006
- Chomitz and Wertz-Kanounnikoff, "Measuring the initial impacts on deforestation of Mato Grosso's program for environmental control", *World Bank Policy Research Working Paper*, 2005
- Ciais and Piao, "Variability and Recent Trends in the African Carbon Balance", *submitted*, 2008
- Combes *et al.*, "A methodology to estimate impacts of domestic policies on deforestation: Compensated Successful Efforts for "avoided deforestation" (REDD)", *Ecological Economics*, 2008
- Convery, Ellerman & De Perthuis, "The European Carbon Market in Action: Lessons from the First Trading Period – Intermediate report", *UCD, MIT, Mission Climat*, 2008
- Curran *et al.*, "Lowland forest loss in protected areas of Indonesian Borneo", *Science*, 2004
- DeFries *et al.*, "Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries: Considerations for Monitoring and Measuring", *GOF-C-GOLD*, 2006
- DeFries *et al.*, "Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s", *PNAS*, 2002
- Duveiller *et al.*, "Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts", *Remote Sensing of Environment*, 2008
- FAO, "Global Forest Resources Assessment 2000: Main report", 2001
- Fearnside, "Deforestation Control in Mato Grosso: A New Model for Slowing the Loss of Brazil's Amazon Forest", *Royal Swedish Academy of Sciences*, 2003
- Geist and Lambin, "Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation", *BioScience*, 2002
- Gibbs *et al.*, "Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality", *Environmental Research Letters*, 2007
- Gibbs *et al.*, "Ecosystem carbon payback time for tropical biofuel expansion: The effects of changing yield and technology", *submitted aux Environmental Research Letters in April 2008*
- Griffiths, "Seeing REDD? Avoided deforestation and the rights of indigenous and local communities", *Forest Peoples' Program*, 2007
- Hansen *et al.*, "Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data", *PNAS*, 2008

- Hyde *et al.*, "Deforestation and Forest Land Use: Theory, Evidence, and Policy Implications", *The World Bank Observer*, 1996
- Houghton, "Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850–2000", *Tellus*, 2003
- IPCC, "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", 2006
- IPCC, "Climate Change 2007, The Physical Science Basis", 2007 (chapter 7)
- IPCC, "Climate Change 2007, Mitigation", 2007 (chapter 1)
- Kaimowitz and Angelsen, "Economic Models of Tropical Deforestation: A Review", *Center for International Forestry Research*, 1998
- Karousakis and Corfee-Morlot, "Financing Mechanisms to Reduce Emissions from Deforestation: Issues in Design and Implementation", *OECD*, 2007
- Kindermann *et al.*, "Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation", *PNAS*, 2008
- Laporte *et al.*, "Expansion of industrial logging in Central Africa", *Science*, 2007
- Moutinho P. and Schwartzman S., "Tropical Deforestation and Climate Change", 2005
- Rubio Alvarado and Wertz-Kanounnikoff, "Why are we seeing REDD?", *IDDRI*, 2007
- Pearson *et al.*, "Impact of logging on carbon stocks of forests: The Brazilian Amazon as a case study", *USAID*, 2006
- Pirard and Karsenty, "Climate Change Mitigation: Should "Avoided Deforestation" (REDD) Be Rewarded?", *submitted to Journal of Sustainable Forestry*, 2009
- Piris Cabezas and Keohane, "Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD): Implications for the Carbon Market", *Environmental Defense Fund*, 2008
- Saatchi *et al.*, "Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin", *Global Change Biology*, 2007
- Searchinger *et al.*, "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increase Greenhouse Gases through Emissions from Land Use Change", *Scienceexpress*, 2008
- Soares-Filho *et al.*, "Modelling conservation in the Amazon basin", *Nature*, 2006
- Silva Dias *et al.*, "Cloud and rain processes in biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon region", *Journal of Geophysical Research*, 2002
- Stickler *et al.*, "Readiness for REDD: A preliminary global assessment of tropical forested land suitability for agriculture", *WHRC*, 2007
- Wunder, "The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation", *Conservation Biology*, 2007
- Wunder, "Oil Wealth and the Fate of the Forest – A Comparative Study of Eight Tropical Developing Countries", *Routledge*, 2003

LA RECHERCHE DE LA MISSION CLIMAT

Etudes Climat

| | |
|----------------------|---|
| Note d'étude n° 1 : | Les fonds d'investissement dans les actifs carbone : état des lieux ARIANE DE DOMINICIS - janvier 2005 |
| Note d'étude n° 2* : | Plan national d'allocation des quotas et territoires EMMANUEL ARNAUD - mars 2005 |
| Note d'étude n° 3 : | Les plateformes de marché et le fonctionnement du système d'échange de quotas CO₂ ROMAIN FREMONT - juin 2005 |
| Note d'étude n° 4* : | Les enjeux de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le bâtiment EMMANUEL ARNAUD - septembre 2005 |
| Note d'étude n° 5 : | Les expériences de projets domestiques CO₂ dans le monde ARIANE DE DOMINICIS - septembre 2005 |
| Note d'étude n° 6 : | Agriculture et réduction des émissions de gaz à effet de serre BENOIT LEGUET - septembre 2005 |
| Note d'étude n° 7 : | Les fonds d'investissement dans les actifs carbone : l'accélération ARIANE DE DOMINICIS - novembre 2005 |
| Note d'étude n° 8 : | Panorama des plans nationaux d'allocation des quotas en Europe CLAIRE DUFOUR & ALEXIA LESEUR - avril 2006 |
| Note d'étude n° 9 : | Trading in the Rain KATIA HOUPERT & ARIANE DE DOMINICIS - juillet 2006 |
| Note d'étude n° 10 : | Croître sans réchauffer ? ANAÏS DELBOSC, JAN HORST KEPPLER & ALEXIA LESEUR - janvier 2007 |
| Note d'étude n° 11 : | Compenser pour mieux réduire VALENTIN BELLASSEN & BENOIT LEGUET - septembre 2007 |
| Note d'étude n° 12 : | Les fonds d'investissement dans les actifs carbone : l'essor des capitaux privés IAN THOMAS COCHRAN & BENOIT LEGUET - octobre 2007 |
| Etude Climat n° 13 : | Échanges de quotas en période d'essai du marché européen du CO₂: ce que révèle le CITL RAPHAEL TROTIGNON & ANAÏS DELBOSC - juin 2008 |

Rapports

| | |
|-----------|---|
| Rapport : | Élargir les instruments d'action contre le changement climatique grâce aux projets domestiques (résumé pour décideurs) EMMANUEL ARNAUD, ARIANE DE DOMINICIS, BENOIT LEGUET, ALEXIA LESEUR & CHRISTIAN DE PERTHUIS - novembre 2005 |
| Rapport : | Le marché européen du carbone en action : Enseignements de la première phase, Rapport intermédiaire FRANK CONVERY, DENNY ELLERMAN & CHRISTIAN DE PERTHUIS - mars 2008 |

* Exclusivement disponibles en français

Retrouvez toutes les publications de Mission Climat disponibles en anglais sur :

<http://www.caissedesdepots.fr/missionclimat>

Responsable de la publication :

CHRISTIAN DE PERTHUIS +33 1 58 50 22 62
christian.deperthuis@caissedesdepots.fr

Contacts pour la Mission Climat :

EMILIE ALBEROLA +33 1 58 50 41 76
emilie.alberola@caissedesdepots.fr

MAY ARMSTRONG +33 1 58 50 76 27
may.armstrong@caissedesdepots.fr

VALENTIN BELLASSEN +33 1 58 50 19 75
valentin.bellassen@caissedesdepots.fr

CÉCILE BORDIER +33 1 58 50 85 20
cecile.bordier@caissedesdepots.fr

MALIKA BOUMAZA +33 1 58 50 37 38
malika.boumaza@caissedesdepots.fr

IAN COCHRAN +33 1 58 50 41 77
ian.cochran@caissedesdepots.fr

ANAÏS DELBOSC +33 1 58 50 99 28
anaïs.delbosc@caissedesdepots.fr

ANITA DROUET +33 1 58 50 85 19
anita.drouet@caissedesdepots.fr

CHAOLING FENG +33 1 58 50 98 39
chaoling.feng@caissedesdepots.fr

PIERRE GUIGON +33 1 58 50 85 17
pierre.guigon@caissedesdepots.fr

MORGAN HERVÉ-MIGNUCCI +33 1 58 50 99 77
morgan.herve-mignucci@caissedesdepots.fr

CATE HIGHT +33 1 58 50 98 19
cate.hight@caissedesdepots.fr

BENOÎT LEGUET +33 1 58 50 98 18
benoit.leguet@caissedesdepots.fr

ALEXIA LESEUR +33 1 58 50 41 30
alexia.leseur@caissedesdepots.fr

MARIA MANSANET-BATALLER +33 1 58 50 85 22
maria.mansanet@caissedesdepots.fr

THERESE SIBILLE +33 1 58 50 98 20
therese.sibille@caissedesdepots.fr

RAPHAËL TROTIGNON +33 1 58 50 96 04
raphael.trotignon@caissedesdepots.fr



Le présent Rapport sur le climat a été élaboré dans le cadre de la Mission Climat de la Caisse des Dépôts. Les auteurs assument la pleine responsabilité de toute erreur ou omission.

La Mission Climat de la Caisse des Dépôts est un centre de ressources qui réalise et coordonne des travaux de recherche et de développement dans le domaine de la lutte contre le changement climatique.