

# Des forêts tropicales atténuant le changement climatique

Leur rôle dans la substitution aux énergies fossiles  
et les futures économies vertes

Michel de Galbert, Fabian Schmidt-Pramov, Gerhard Dieterleet, Gunnar Larson  
9 Juin 2013



Groupe de reboiseurs au Burundi

© Michel de Galbert

Cette étude a été produite par des experts du *Conseil général*, de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux, de la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, et de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/Banque mondiale. Les résultats, interprétations, et conclusions exprimées dans cette étude ne reflètent pas nécessairement les conceptions de ces institutions. De même, celles-ci ne garantissent pas l'exactitude des données de ce travail.



# SOMMAIRE

<b>RESUME.....</b>	<b>5</b>
Les avantages multiples de l'intégration des valeurs de production à une économie verte.....	5
La substitution et le stockage.....	5
Le mode de gestion des forêts tropicales doit changer radicalement.....	6
Simulation pour 2050.....	6
Conclusion pour les décideurs politiques et les praticiens.....	8
<b>I. LES ROLES MULTIPLES DES FORETS POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT.....</b>	<b>9</b>
Une demande croissante.....	9
<b>II. L'EVOLUTION DE LA DEMARCHE REDD+ DANS LA GOUVERNANCE INTERNATIONALE.....</b>	<b>11</b>
II.1. Boisement, reboisement et restauration forestière au titre du protocole de Kyoto.....	11
II.2. L'ajout de la déforestation évitée.....	11
II.3. Durban et Rio+20.....	12
<b>III. COMMENT CONSTRUIRE SUR LA DYNAMIQUE DE REDD+.....</b>	<b>14</b>
III.1. Introduire l'usage des bois et l'effet de substitution implicitement dans l'agenda REDD+ ....	14
III.2. Intégrer la vie des produits et le stock des produits forestiers dans la comptabilité de REDD+ .....	15
III.3. Viser en priorité la substitution directe aux énergies fossiles, tout en veillant aux risques induits.....	16
III.4. La substitution indirecte à l'énergie fossile doit être une priorité stratégique.....	19
III.5. Encourager les pays en développement à orienter leurs politiques énergétiques vers l'utilisation d'énergie neutre vis-à-vis du carbone, politiques qui auront des avantages économiques et sanitaires indéniables.....	21

<b>IV. L'ATTENUATION AU SEIN DES FORETS, GERER CORRECTEMENT LES FORETS</b>	<b>24</b>
IV.1. Rectifier les errements de la gestion commerciale des forêts.....	26
IV.2. Promouvoir activement les exploitations à impact réduit .....	28
IV.3. Inciter les exploitants à abandonner l'exploitation conventionnelle.....	29
IV.4. Augmenter les bénéfices-carbone de forêts gérées durablement.....	31
IV.5. Restaurer les paysages forestiers dégradés et augmenter les stocks de carbone.....	32
IV.6. Assigner une plus grande priorité à l'agroforesterie, aux forêts sèches et aux systèmes agricoles basés sur l'arbre .....	34
<b>V. LES CONTRIBUTIONS PROSPECTIVES DES FORETS TROPICALES A L'ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN 2050</b>	<b>36</b>
V.1. La restauration des forêts dégradées en 2050 .....	36
V.2. Les forêts plantées d'ici 2050.....	37
V.3. L'agroforesterie d'ici 2050 .....	38
V.4. Perspective globale.....	38
<b>VI. AVANTAGES, INCONVENIENTS ET BENEFICES MULTIPLES</b>	<b>41</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>47</b>
Annexe 1 : comparaison de l'exploitation traditionnelle et de l'exploitation à impacts réduits.....	49
Annexe 2 : Comparaison des effets totaux cumulés d'atténuation d'une forêt plantée (figure du haut) et totalement conservée dans le temps, sans exploitation, et de la même forêt plantée (figure du bas), mais exploitée et gérée durablement.....	51
Annexe 3 : potentiel de mitigation par la forêt sous les tropiques .....	53
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>55</b>

## RESUME

L'attention initiale de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques s'est focalisée sur la plantation et l'afforestation. Ce premier objectif de stocker du carbone en forêt a occulté la réalité essentielle : la contribution la plus significative et durable des forêts pour l'atténuation climatique a lieu en dehors des forêts elles-mêmes, et intervient par trois leviers.

- ❑ Le premier en substituant des carburants fossiles par des énergies renouvelables comme le bois de feu et le charbon de bois, que l'on peut qualifier de substitution directe.
- ❑ Le deuxième en substituant des matériaux de construction comme l'aluminium, l'acier ou le béton, qui requièrent de grandes quantités d'énergies fossiles pour leur production, par le matériau-bois, renouvelable, que l'on peut qualifier de substitution indirecte.
- ❑ Le troisième en stockant davantage de produits-bois à longue durée de vie.

Cette focalisation précoce sur le stockage du carbone a aussi négligé le rôle économique vital des forêts comme fournisseur de produits de subsistance et source de revenus pour les populations locales. Ce faisant, le dialogue sur le rôle des forêts, en omettant de rejoindre les priorités des pays à se développer vers des économies vertes, s'est auto-limité, et ce manque d'intérêt pour les valeurs socio-économiques a terni l'intérêt de la démarche proposée aux yeux des premiers intéressés.

### **Les avantages multiples de l'intégration des valeurs de production à une économie verte**

Si elles sont gérées durablement, les forêts ont un réel potentiel de procurer des moyens de subsistance aux peuples qui en dépendent. Par exemple, au Mozambique, environ quinze pour cent de la population est impliquée dans la production et le commerce du charbon de bois (Cuvilas et al. 2010). En Tanzanie, un emploi est créé chaque fois que 520 kg de charbon de bois sont produits (Peter et Sander 2009). C'est pourquoi les décisions relatives à la gestion durable des forêts doivent intégrer très directement les aspirations et besoins des populations locales. Les objectifs environnementaux et sociaux doivent être convenus conjointement en vue d'assurer la transition ou le développement vers une économie plus verte.

Il faut également investir dans l'efficacité des foyers de combustion et des outils de productions.

### **La substitution et le stockage**

Dans le monde, 95 % des énergies renouvelables proviennent de la biomasse solide, sous forme de bois de feu et de charbon de bois. Le bio-gaz et les biocarburants liquides n'en représentent que 5 %. Environ 2,5 milliards d'hommes utilisent le bois de feu pour la cuisson, chiffre supposé croître jusqu'à 2,7 milliards en 2030. Cette consommation libère deux milliards de tonnes de CO<sub>2</sub>/an dans l'atmosphère qui, si elle n'est pas produite durablement, est une source nette de gaz à effet de serre. Cette bio-énergie représente 10 % de la consommation globale d'énergie, proportion qui s'élève à 65 % en Afrique. Il convient de continuer à limiter cette demande en améliorant l'efficacité des foyers et des procédés de production.

En complément, le stockage dans les produits peut être augmenté : une étude montre que dans 169 pays, 30 ans après leur exploitation, 62 pour cent du bois exploité restait stocké dans des usages du bois !

### **Le mode de gestion des forêts tropicales doit changer radicalement**

Des changements importants dans la qualité de la sylviculture doivent intervenir, comme les exploitations à impact réduit. Le processus de certification forestière, basé sur le suivi par une tierce partie indépendante, doit instituer une organisation de marché dissuadant fortement les pratiques non-durables. Pour éviter les émissions de CO<sub>2</sub>, la substitution par l'usage des produits est conditionnée par une production durable : mitigation et gestion durable sont liées.

### **Simulation pour 2050**

Le scénario de mitigation proposé ici est d'équilibrer dans chaque pays les options de conservation-stockage du carbone et de production de produits forestiers et agroforestiers dans une approche « paysagère » du territoire, avec les cinq principaux objectifs suivants :

**1.** Diffuser les pratiques d'exploitation à impact réduit et la certification forestière à toutes les forêts exploitées, en valorisant davantage d'espèces, tout en protégeant les 900 millions d'ha de forêts primaires existantes.

**2.** Promouvoir activement l'agroforesterie sur 750 millions d'ha et la plantation de 500 millions d'ha de parcelles forestières, en vue d'améliorer la production agricole, et d'alimenter l'économie verte, tout en matérialisant les limites forestières.

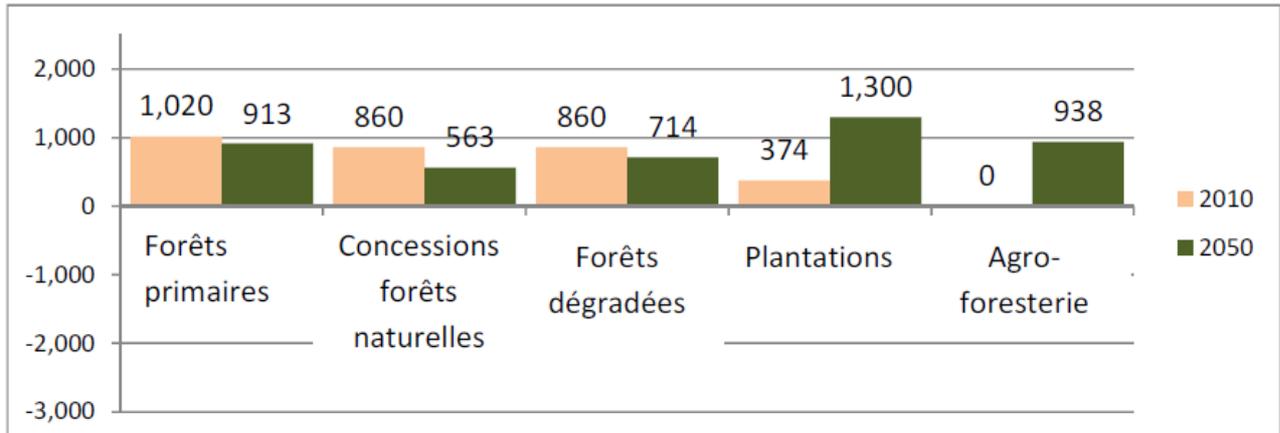
**3.** Financer le développement des économies vertes parallèlement à la promotion des combustibles renouvelables.

**4.** Mettre en place une gouvernance territoriale impliquant la satisfaction des demandes locales en produits forestiers pour le présent et l'avenir, en présentant REDD+ comme une opportunité de développement compatible avec le respect du climat.

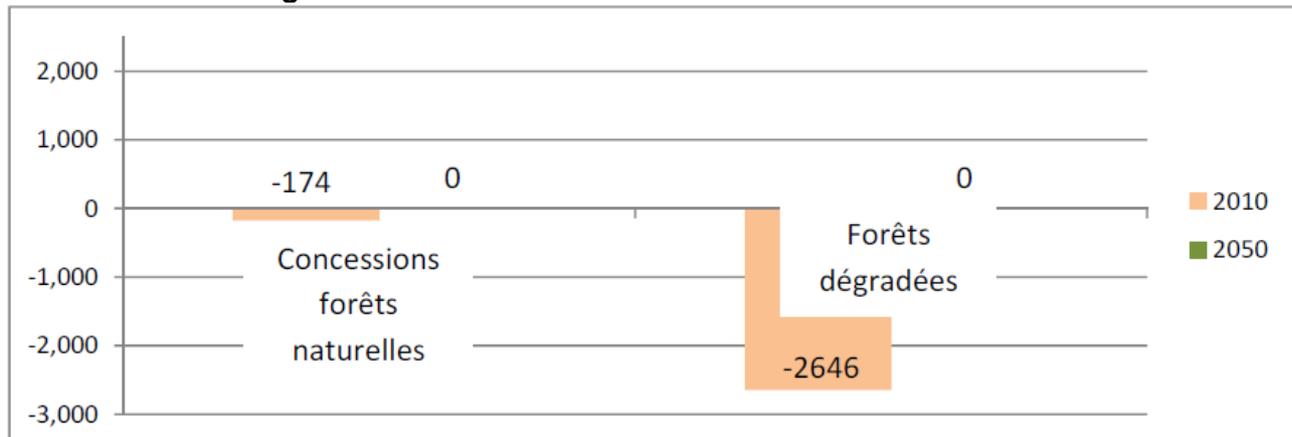
**5.** Promouvoir l'efficacité énergétique et les analyses de cycle de vie depuis la source jusqu'à l'utilisateur final.

**Figure 1 : Les émissions évitées grâce à la substitution aux énergies fossiles, à la déforestation et à la dégradation forestière, et au stockage en forêt en 2010 et 2050 (millions de tonnes de carbone par an)<sup>1</sup>.**

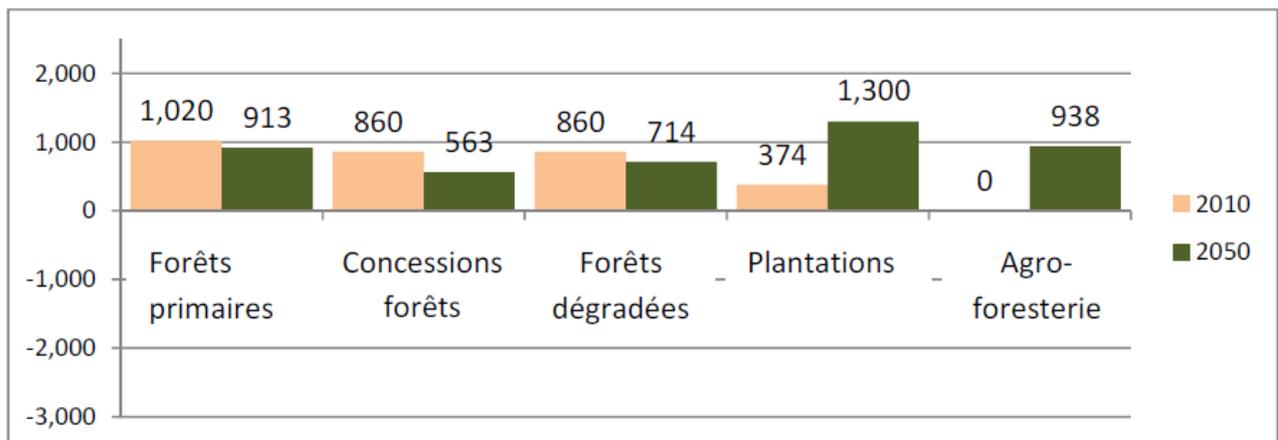
**Substitution aux énergies fossiles**



**Déforestation et dégradation forestières**



**Stockage de carbone en forêt**



<sup>1</sup> Calculs Michel de Galbert

## **Conclusion pour les décideurs politiques et les praticiens**

La protection et l'accroissement des stocks de carbone, dans des forêts existantes ou à créer, resteront une priorité de l'agenda forestier international. Mais cette approche doit se compléter d'une démarche plus large, intégrant les demandes des populations et des pays pour un développement à l'aide d'énergies alternatives, renouvelables, à faible coût. En visant les objectifs précités, l'enjeu théorique de mitigation total dans les tropiques est de 8 milliards de tonnes de carbone stockées et d'émissions évitées par an en 2050. À cette fin, il paraît utile de rapprocher les démarches actuelles de la Banque mondiale et des Nations Unies, en valorisant les expériences pratiques lancées sur le terrain, privilégiant les synergies entre les objectifs environnementaux et socio-économiques, préfigurant des perspectives de développement « paysager », dans le souci de la participation des communautés à la prise de décision.

Les auteurs espèrent que ces lignes conduiront les décideurs politiques à élargir leur champ de vision, en considérant les forêts non seulement comme un stock de carbone, mais aussi comme lieu de production de ressources dont les impacts bénéfiques s'observent hors des forêts elles-mêmes.

## **I. Les rôles multiples des forêts pour l'environnement et le développement**

Les forêts ont un rôle essentiel à la fois pour l'environnement et le développement. Leur capacité à piéger le carbone de l'atmosphère et à le stocker, en fait un moyen essentiel de l'atténuation climatique. Tandis que leur rôle en tant qu'habitat pour la biodiversité en fait également une clé pour l'adaptation au changement climatique.

La forêt constitue le cadre de vie et de subsistance de plus d'un milliard d'êtres humains, dont 350 millions dépendent directement de l'usage des forêts pour leurs revenus, parmi lesquels figurent les plus pauvres (FAO 2006 ; Martin 2003).

De ce fait, le rôle économique des forêts représente une priorité majeure spécialement pour les politiques et les programmes qui cherchent à réduire la pauvreté. Il est impératif de procéder à un rééquilibrage entre le rôle des forêts comme moyen de développement économique, et la nécessité de capitaliser, de développer les services environnementaux, locaux et mondiaux procurés par les forêts.

Les résultats de nombreuses analyses récentes suggèrent qu'il y a une grande marge de manœuvre non seulement pour réaliser ce rééquilibrage, mais pour faire converger les objectifs environnementaux et économiques.

### **Une demande croissante**

La demande en tous types de bois et de produits à base de bois va augmenter considérablement d'ici 2050 dans le monde (cf. tableau 1). La plupart de cette demande croissante concernera l'énergie basée sur le bois. Actuellement et dans un futur prévisible, les sources de bio-énergies, dont le bois représente 95 %, vont jouer un rôle important dans la fourniture globale d'énergie. Les modes traditionnels dominant dans de nombreux pays en développement, mais des applications plus modernes se diffusent en Europe et en Amérique du Nord.

En revanche, les bio-carburants liquides ne représentent que 5 % des bio-énergies globalement. La plupart de la biomasse est utilisée comme énergie domestique. Globalement, environ 2,5 milliards de personnes utilisent le bois de feu pour la cuisine, chiffre susceptible de croître jusqu'à 2,7 milliards en 2030, libérant deux milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (précédemment capturées par la photosynthèse).

Tandis que la bio-énergie représente environ dix pour cent de la fourniture d'énergie primaire totale en 2005 (TPES) mondialement, en Afrique elle représente 65 pour cent des TPES et va continuer à croître dans un avenir prévisible. C'est la principale source d'énergie en Afrique (Cushion et al. 2010). Remplacer cette source d'énergie par des énergies à base de pétrole occasionnerait une énorme émission supplémentaire de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. C'est pourquoi la production et l'usage de la biomasse solide doit rester un élément significatif du dialogue sur l'atténuation climatique, largement au-delà de 2050.

Le modèle des forêts vivantes du WWF compare deux scénarios en 2050, à partir des chiffres FAO de consommation en 2010. Les chiffres simulés sont empruntés à l'Institut pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA).

**Tableau 1 : Prédiction des niveaux de consommation en 2030 et 2050**

	FAO 2010	LIVING FORESTS MODEL			
		2030		2050	
		 Ne rien faire	 Bioenergy Plus	 Ne rien faire	 Bioenergy Plus
Sciages et déroulages	853	1,444	1,444	1,763	1,773
Bois de trituration	527	754	754	905	893
Autres bois industriels	153	153	153	153	153
Bois-énergie	1,868	2,753	3,138	6,317	8,209
Bois de feu domestique		2,064	2,064	2,218	2,054
<b>Consommation totale</b>	<b>3,401</b>	<b>7,168</b>	<b>7,553</b>	<b>11,356</b>	<b>13,082</b>

*Unités : millions de m<sup>3</sup> équivalent bois rond*

Source : WWF 2012 Living forest report : Chapter 4 –Forests and wood products

Deux défis importants se présentent sur l'agenda des forêts pour l'atténuation climatique :

- satisfaire la demande en produits ligneux à la fois localement, dans les pays en développement par les forêts tropicales, et dans les pays industrialisés, importateurs de bois,
- équilibrer de façon réaliste et viable la conservation du carbone forestier et la production d'articles en bois, en utilisant une approche « paysagère » qui inclue l'agriculture. L'analyse et les arguments présentés dans ce document identifient cinq domaines particuliers où ces deux défis peuvent être relevés de façon prometteuse.

## **II. L'évolution de la démarche REDD+ dans la gouvernance internationale**

### **II.1. Boisement, reboisement et restauration forestière au titre du protocole de Kyoto**

Dans le protocole de Kyoto issu de la convention des Nations Unies sur le changement climatique adoptée en décembre 1997, les forêts sont considérées au titre de leur impact sur le bilan du carbone mondial. Dans ce bilan, les forêts assurent trois fonctions remarquables. En tant que part du cycle général du carbone, les forêts stockent du carbone - une fonction qui peut être qualifiée de stock de carbone ou réservoir. Lorsque les forêts gagnent en surface ou deviennent plus denses en biomasse, elles séquestrent plus de carbone retiré de l'atmosphère qu'elles en émettent - une capacité qualifiée de « puits de carbone ». Quand les forêts sont coupées, dégradées ou endommagées par des feux, par des maladies ou des ravageurs, elles deviennent des sources de carbone, libérant de grandes quantités de carbone dans l'atmosphère. Il est essentiel de comptabiliser chacun de ces effets sur le cycle du carbone lorsque sont élaborées des stratégies d'atténuation basées sur la forêt (Houghton, 2005).

Des projets lancés ou soutenus par le mécanisme de développement propre du protocole de Kyoto visent à aider la plantation de nouvelles forêts (boisement) ou à replanter des zones déforestées (reboisement). Très peu de soutiens ont été mis en place au-delà, telles la restauration de forêts dégradées ou la protection des stocks des forêts existantes.

Malheureusement les initiatives, visant à boiser et à reboiser, soutenues par le mécanisme de développement propre ont connu un succès très limité<sup>2</sup>.

### **II.2. L'ajout de la déforestation évitée**

Alors que l'atténuation par la séquestration subsistait dans l'agenda international sur le climat dans les années suivant Kyoto, en 2005, une nouvelle approche de l'atténuation du climat par les forêts a été introduite : la déforestation évitée.

En raison de l'étendue des forêts dans le monde - qui couvrent aujourd'hui quatre milliards d'hectares - soit 30 % de la totalité des terres émergées, et en raison des émissions liées à la disparition des forêts, la déforestation évitée s'est établie comme une priorité naturelle. Le changement d'usage des sols associé au défrichement des forêts pour l'agriculture, l'élevage ou d'autres usages, constitue encore une des plus grandes sources d'émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique.

---

<sup>2</sup> Leur défaut peut être attribué, en partie, à la complexité d'application du mécanisme de développement propre, aux documents de projet, au délai de validation et d'enregistrement de ces documents et aux questions concernant la permanence du carbone séquestré. L'impossibilité de financer les investissements à réaliser en début de projet a également gêné les investisseurs potentiels. Les incertitudes étaient également courantes sur le mode d'identification du territoire choisi et son suivi en vue d'une concordance avec le document de projet. Enfin, les zones déforestées ou dégradées avant 1990 n'étaient pas éligibles à un projet de reboisement et de déforestation du mécanisme de développement propre. Conscient de ces problèmes, le bureau du MDP (Mécanisme de développement propre), qui certifie les réductions d'émissions, a entrepris de simplifier les méthodes et de développer un système d'émissions de crédit plus souple. Des initiatives sont aussi lancées en vue d'améliorer les techniques et la capacité de gestion des projets des développeurs et de réduire les coûts de transaction (BioCarbon Fund 2011).

Dans environ 30 pays en développement, la déforestation et la dégradation des forêts représentent la plus grande source d'émissions de CO<sub>2</sub> d'origine anthropique (Centre de recherche conjoint de la Commission européenne et Agence de l'énergie néerlandaise 2009).

La déforestation fut de ce fait reconnue comme un problème de développement majeur. Plus de la moitié de la surface des forêts (environ 2,4 milliards) sont situées dans les pays en développement ou en transition d'Afrique, d'Asie, d'Amérique du Sud (FAO 2010). C'est dans ces pays en développement que la plupart de la déforestation a eu lieu (FAO 2011 ; FAO 2010 ; Carle et Holmgren 2008).

La déforestation sévit spécialement dans les forêts tropicales et subtropicales, formations végétales qui contribuent considérablement aux modes de vie et à l'économie du développement et procurent une grande variété de produits essentiels comme le bois de chauffage et la nourriture.

En novembre 2005, à la 11<sup>ème</sup> conférence des parties à Montréal, le gouvernement du Costa Rica et de la Papouasie-Nouvelle Guinée, représentant la toute nouvelle Coalition des forêts humides (Rain Forest Nations), demandèrent aux parties d'ajouter à l'agenda un sujet concernant la réduction des émissions dues à la déforestation dans les pays en développement. Ceci amena la Réduction des émissions dues à la déforestation (RED) dans le dialogue international sur le changement climatique.

La CNUCC (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) et le protocole de Kyoto sont alors convenus de prendre en compte les taux actuels de déforestation au sein des pays en développement, de reconnaître les émissions résultantes de carbone, et en conséquence d'ouvrir un dialogue pour développer des réponses scientifiques, techniques et politiques en vue de s'attacher à réduire de telles émissions. Le sujet a été débattu aux Conférences des parties (COP) suivantes, notamment à la COP 13 en décembre 2007, où les émissions issues de la dégradation furent ajoutées à l'agenda. RED fut de ce fait étendu à REDD (réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation forestière). Un an plus tard, la réunion en décembre 2008 du bureau subsidiaire pour l'assistance technique et scientifique à Poznan, REDD fut étendu à nouveau à REDD+, qui inclut la conservation, la gestion durable des forêts et l'augmentation des stocks de carbone au travers d'activités éligibles à la convention CNUFCC (Convention Climat). REDD était initialement formulé comme un système de paiements de services environnementaux à leviers multiples autorisant des transferts des pays industrialisés vers des pays en développement par l'intermédiaire de la réduction de l'échange d'émissions (Angelsen and Wertz-Kanounnikoff 2008).

### **II.3. Durban et Rio+20**

A la COP 17 à Durban en Afrique du Sud, un des changements proposés dans la comptabilité des changements d'usage des sols, fut de prendre en compte les bois exploités, alors qu'on considérait jusque là par convention que les bois exploités étaient immédiatement brûlés. L'interdépendance forte entre le secteur forestier et les autres secteurs est reconnue, à appréhender dans une perspective de gestion « paysagère » plus large, intégrée elle-même au concept d'économie verte.

## L'évolution de REDD+

Depuis 2005, à la COP 11 de Montréal, une extension graduelle de l'agenda pour la réduction des émissions des gaz à effet de serre par la forêt a été discutée dans les réunions internationales. Cette expansion est reflétée dans la progression des concepts de RED à la COP 11, REDD à la COP 13, jusqu'à REDD+ en décembre 2008 à la réunion du SBSTA (Subsidiary Body for Scientific and Technical Advice).

« RED » : réduction des émissions dues à la déforestation où seuls les changements de forêt à « forêt défrichée » autrement dit la déforestation brute sont inclus dans l'équation du changement climatique.

« REDD » : réduction des émissions de la déforestation et de la dégradation où la baisse des stocks de carbone dans les forêts dégradées est incluse dans l'équation.

« REDD+ » : réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation et le rôle de la conservation, la gestion durable et l'augmentation des stocks de carbone.

Le restockage au sein et à destination de futures forêts est maintenant comptabilisé (source : Van Noordwijk M et Minang PA 2009 « If we cannot define it, we cannot save it » ASB Policy Brief n°15, Nairobi, Kenya).

### III. Comment construire sur la dynamique de REDD+

Certes il est intéressant de maintenir les stocks actuels en forêt en évitant de déboiser, mais il convient de ne pas se focaliser uniquement sur des stratégies visant à leur conservation. En effet, ces stocks comportent un risque de non-durabilité dans le temps : les revenus de spéculations alternatives seront tentants pour les propriétaires, qu'ils soient publics ou privés, et de plus la garantie de paiements durables pour leur conservation en tant que stocks est très aléatoire. Restaurer des forêts dégradées ou planter est une voie de piégeage du carbone actuellement « marchande », mais sans oublier que ce type d'opération ne peut plus se renouveler dans le temps... Il n'en est pas de même pour la substitution aux carburants fossiles ou des matériaux nécessitant de l'énergie fossile pour leur production.

Tableau 1: Vue d'ensemble des options d'atténuation du climat par la forêt

	Réduction des émissions	Stockage du carbone	Substitution par le carbone vert
Options d'atténuation	Réduction des émissions de la déforestation et de la dégradation	Afforestation  Reforestation	<b>Substitution directe à l'usage d'énergies fossiles *</b>  <b>Substitution indirecte à des matériaux nécessitant des énergies fossiles pour leur production*</b>
	Conservation forestière  Gestion durable des forêts existantes	Plantations  Agro-foresterie  Restauration forestière	Plantations d'arbres et de bio-carburants  Production durable de bois de feu et de charbon de bois  Production durable de bois  Gestion des produits non-ligneux
* Non encore inclus dans la CCNUFCC			

#### III.1. Introduire l'usage des bois et l'effet de substitution implicitement dans l'agenda REDD+

Alors que REDD+ représente une perspective de l'atténuation du climat largement plus importante que la phase précédente basée sur la plantation et le reboisement, une autre option très importante reste négligée. Il s'agit de l'usage des bois autant pour la construction que comme source de bio-énergie.

**Tableau 3 : Énergie fossile utilisée pour la production de matériaux de construction**

Matériau	Énergie fossile		
	Mégajoules/kg	Mégajoules/m <sup>3</sup>	Facteur
Sciages bruts	1,5	750	1
Acier	35	266 660	355
Béton	2	4 800	6
Aluminium	435	1 100 000	1 467

Source : Ferguson et al. 1996

Par la photosynthèse, la génération d'une nouvelle biomasse remplace la biomasse extraite par exploitation, en séquestrant le carbone de l'atmosphère.

L'omission de l'usage du bois est un défaut conceptuel qui a d'importantes conséquences pratiques pour la comptabilisation des GES (Gaz à effet de serre). En effet, le principe de comptabilisation établi par le protocole de Kyoto classe tous les bois exploités comme des émissions parce que l'exploitation réduit techniquement le stock de carbone existant dans les forêts. Cette définition technique ignore le fait que le carbone contenu va être stocké dans le produit-bois et que ce produit prend place d'autres matériaux produits à partir d'énergies non renouvelables, parmi lesquels des matériaux gros consommateurs d'énergie fossile pour leur production. Cet effet de substitution s'applique aux bois d'œuvre en particulier dont la durée de vie peut atteindre une centaine d'années.

Oublier ces importants effets d'atténuation des forêts gérées et des produits-bois, désavantage les ressources renouvelables issues des forêts par rapport aux produits non-bois dont beaucoup sont produits en utilisant des énergies fossiles. N'oublions pas que l'utilisation des énergies fossiles génère 56 % de toutes les émissions anthropiques de GES (IPCC 2007).

La réduction des émissions issues des matériaux fossiles par l'usage de bois produits durablement, induirait un potentiel d'atténuation du changement climatique largement supérieur à celui de la séquestration du carbone ou à celui du carbone stocké dans les forêts. Des contraintes de construction et d'emballage imposent malheureusement des barrières pour l'usage du bois, et, au total, des incitations négatives favorisent implicitement l'usage des matériaux produits à partir de carbone fossile (IIED 2004).

Rappelons que les ressources de biomasse ne représentent au total que 10 % de l'énergie de consommation primaire dans le monde.

### **III.2. Intégrer la vie des produits et le stock des produits forestiers dans la comptabilité de REDD+**

Plus spécifiquement, le boisement provoque un accroissement du stock de carbone forestier, après quoi, les arbres atteignant la maturité, les zones plantées assurent le rôle d'un stock carbone, mais la séquestration additionnelle se trouve plafonnée.

Si les forêts nouvellement plantées sont gérées durablement, elles peuvent séquestrer à nouveau du carbone, et générer de la biomasse à un taux qui excède le taux d'extraction des exploitations périodiques. Ceci est particulièrement le cas quand une sylviculture permanente n'est pas basée sur des coupes rases de forêts existantes. En fonction du matériau de destination du bois exploité, celui-ci continue de stocker du carbone pour un temps plus ou moins long.

Les produits à longue durée de vie comme ceux destinés à la construction forment un vaste réservoir de carbone stocké pour une dizaine d'années après leur exploitation.

Ceci crée un stock de carbone dans les produits-bois qui inclut notamment les bois de construction dont la durée de vie moyenne est d'environ 50 ans (Kohlmeier et al., 1999 ; Platinga et Birdsey 1993). À chaque exploitation un nouveau stock de carbone est créé en dehors des forêts tandis qu'au sein de la forêt une nouvelle croissance après une exploitation durable recommence à séquestrer du carbone additionnel en provenance de l'atmosphère. Alors que cette re-croissance a bien été comptabilisée pour le carbone pour les mécanismes de projet du protocole de Kyoto, le carbone stocké pour de longues périodes en dehors des forêts a jusqu'à présent et pour la plus grande part, été oublié des modèles utilisés pour estimer les émissions.

« Le destin » du bois éclairci, coupé, et son stockage consécutif dans les produits-bois a des implications majeures pour l'étalement des émissions de carbone résultant du changement d'usage des sols. Dans leur étude de 169 pays, il apparaît que 30 ans après la coupe forestière, jusqu'à 62 % du carbone sorti des forêts restait stocké dans des produits-bois et des décharges - avec des variations en fonction de l'usage que chaque pays fait du bois. Dans les pays tempérés, les forêts sont gérées pour produire durablement du bois qui continue à stocker une quantité substantielle de la masse de carbone capté annuellement par photosynthèse (plus de 25 % dans 34 pays). Dans les pays possédant des forêts tropicales, les matériaux forestiers sont essentiellement utilisés pour l'énergie, la pâte et le papier ou ne sont pas marchands et une proportion moindre de carbone issue des matériaux originels est retenue (moins de 5 % dans 90 pays 30 ans après que les forêts ont été exploitées).

C'est pourquoi une politique visant à produire durablement plus de bois d'œuvre (alimentant le stock de carbone hors forêt et une cascade de substitution) à la place de bois-énergie ou de produits à durée de vie courte, aura de meilleurs effets d'atténuation.

### **III.3. Viser en priorité la substitution directe aux énergies fossiles, tout en veillant aux risques induits**

La substitution directe consiste à remplacer les énergies fossiles par des énergies renouvelables comme le bois ou le charbon de bois. Le bois-énergie représente 67 % des énergies de la biomasse (WEC 2010). La plupart de ce bois-énergie est représenté par l'énergie domestique. Globalement 2,5 milliards de personnes utilisent le bois-énergie pour la cuisson des aliments et il est prévu que ce nombre augmente jusqu'à 2,7 milliards en 2030, ce qui soulève un problème pour le long terme, cette énergie renouvelable devant rester une source majeure bien au-delà de 2050. En Afrique sub-saharienne on estime que 575 millions de personnes (environ 76 % de la population totale) utilisent la biomasse pour la cuisson (IEA 2009).

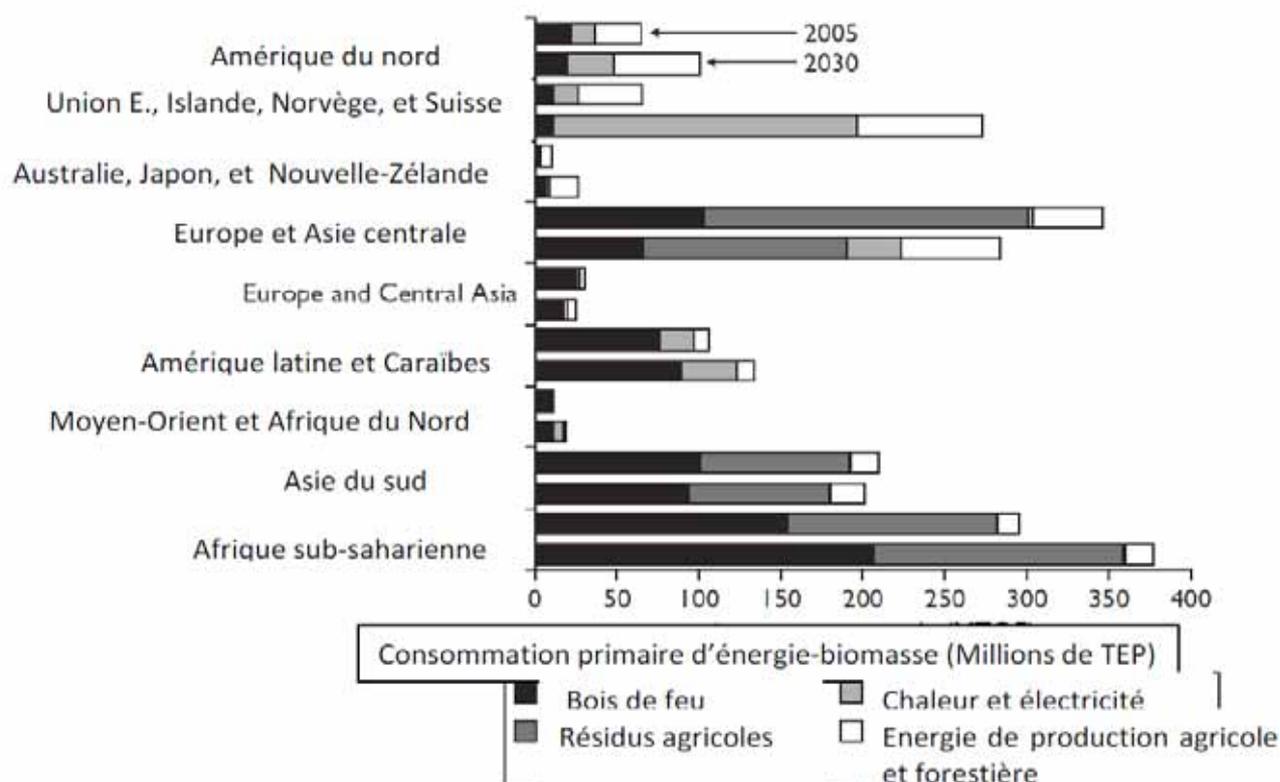
**Tableau 4 : Production de bois de feu par région**

Région	1988		2008		Taux d'évolution 1988-2008
	Millions m <sup>3</sup>	%	Millions m <sup>3</sup>	%	%
Afrique	424	25	638	34	2,06
Asie	777	46	754	40	-0,16
Europe	134	8	152	8	0,65
Amérique du Nord	100	6	47	2	-3,74
Amérique du Sud et Centrale	230	14	286	15	1,08
Océanie	9	1	16	1	2,94
Monde	1 674	100	1 892	100	0,61

Source : Quelle contribution du bois-énergie à l'atténuation climatique ? FAO 2010 FAOSTAT

Dans le monde en développement le bois de feu reste la forme prédominante d'énergie utilisée par les ménages ruraux, tandis que l'usage du charbon de bois devient majoritaire chez les ménages urbains. Globalement la consommation de bois-énergie a représenté entre 1,8 et 1,9 de m<sup>3</sup> de bois durant la dernière décennie. Les pays en développement représentent environ 90 % de la production de bois de feu et de charbon de bois consommés pendant cette période (FAO 2008). La demande de bois de feu et de charbon de bois va particulièrement augmenter en Afrique et en Europe durant les 20 prochaines années.

**Figure 1 : Projection de la demande globale en bio-énergies traditionnelles**



Source : Cushion, Whiteman, and Dieterle 2010

Le potentiel de réduction des émissions par substitution dépend de la quantité d'énergies fossiles substituées ou déplacées, que ce soit du pétrole, du charbon ou du gaz ainsi que du taux de « renouvelabilité » de la biomasse elle-même. Cela dépend également de l'efficacité comparée de la conversion de l'énergie fossile substituée et de celle de la forme particulière de biomasse utilisée (bois de feu, charbon de bois, déchets de récolte, fiente...). Du fait que la biomasse utilisée pour la cuisson dans les pays en développement est généralement moins efficace que les foyers alimentés par du gaz naturel ou du pétrole lampant, l'effet de substitution doit être pondéré. Les foyers ouverts ne valorisent qu'environ 10 à 15 % du potentiel d'énergie du bois, mais avec des technologies de valorisation plus modernes, l'efficacité de l'usage de la biomasse est augmenté considérablement : ceci pourrait protéger efficacement des ressources forestières rares. Par exemple les granulés de bois pour les poêles et les systèmes à base de charbon de bois, valorisent environ 80 % de l'énergie pour les usages résidentiels (FAO 2008).

Si, dans les pays en voie de développement, la substitution aux énergies fossiles par la biomasse forestière promet de limiter d'une part les émissions de GES et de satisfaire les besoins en énergie, cette transition devra être gérée prudemment pour être durable au plan social et environnemental.

Une attention particulière devra être apportée pour s'assurer que l'usage de la biomasse forestière ne conduit pas à davantage de déforestation et de dégradation par surexploitation, ce qui serait comptabilisé négativement pour le climat.

**Le charbon de bois en Tanzanie**

En Tanzanie, 90 pour cent de la population utilisent le charbon de bois et le bois de chauffage comme énergie. Entre 2001 et 2007, la proportion de ménages utilisant du charbon de bois à Dar-el-Salam a cru de 47 à 71 pour cent, pour atteindre un million de tonnes par an. Cette consommation est la cause principale de la déforestation en Tanzanie, au taux de 1 % par an. Si cette consommation se faisait dans des meules améliorées, la consommation de bois serait réduite de 3,6 millions de m<sup>3</sup> par an, soit une coupe à blanc de 45 000 ha, ou encore une émission évitée d'un million de tonne de carbone par an (source : Christian Peter et Klas Sander, 2009).

Figure 2 Evolution des stocks de carbone dans le temps et des effets de substitution

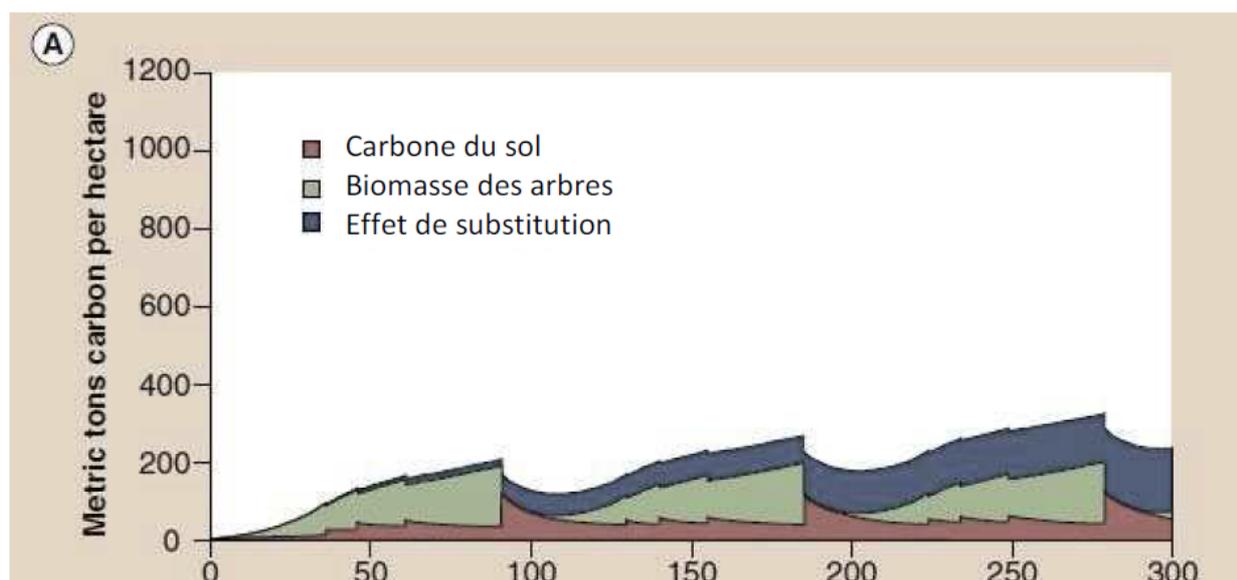
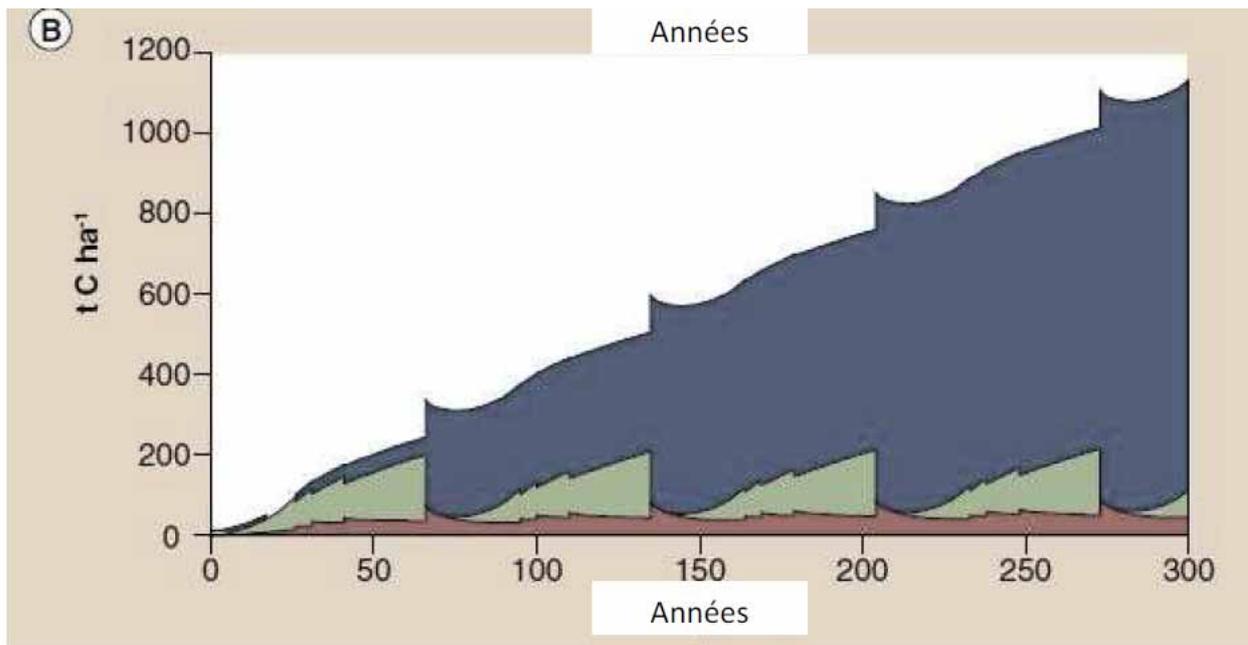


Figure 3



Incidences sur les émissions de carbone d'une forêt exploitée périodiquement, incluant les horizons du sol (matière organique, bois et racines morts non extraits), la biomasse vivante (incluant les racines), et les émissions évitées dues à la substitution par l'usage du bois. (A) Dans le premier cas les usages du bois sont réduits au minimum. (B), dans ce cas on exploite les produits ligneux au maximum de leur production biologique.

Source : Canadian Journal of Forest Research 2007

La figure 3 illustre trois faits. Le premier est que le stockage de carbone dans une forêt est limitée dans un emplacement défini et que lorsque le stock de carbone a atteint un niveau maximum, les bénéfices pour le climat prennent fin. Le second point est que les options de substitution procurent de nouveaux bénéfices tous les ans. Enfin un niveau de stockage trop élevé dans les forêts gérées empêche les effets optimaux de substitution d'intervenir.

#### III.4. La substitution indirecte à l'énergie fossile doit être une priorité stratégique

La substitution indirecte consiste à remplacer les matériaux qui nécessitent de hauts niveaux d'énergie fossile pour leur production par des matériaux renouvelables. Les émissions d'énergie fossile peuvent être réduites substantiellement en utilisant des matériaux renouvelables à l'occasion du remplacement des matériaux de construction classiques, dont la production nécessite l'utilisation massive d'énergies fossiles et, de ce fait, émettent de grandes quantités de gaz à effet de serre (GES) (Schlamadinger et Marland 1996). Les matériaux comme la laine de verre ou la fibre de verre isolante, la laine de roche ou la laine minérale, utilisées pour isoler les bâtiments en sont un exemple. Les processus de production, dont la fabrication requiert de hautes températures, sont très gourmands en énergie fossile. Remplacer ces matériaux par de la cellulose à base de bois pour l'isolation apportera d'importantes réductions de GES parce que la production de ces matériaux demande 1/8<sup>ème</sup> de l'énergie nécessaire par la production de la laine de verre (Université de Massachusetts 2007).

Une large variété de produits-bois est en compétition avec des matériaux plus voraces en énergie.

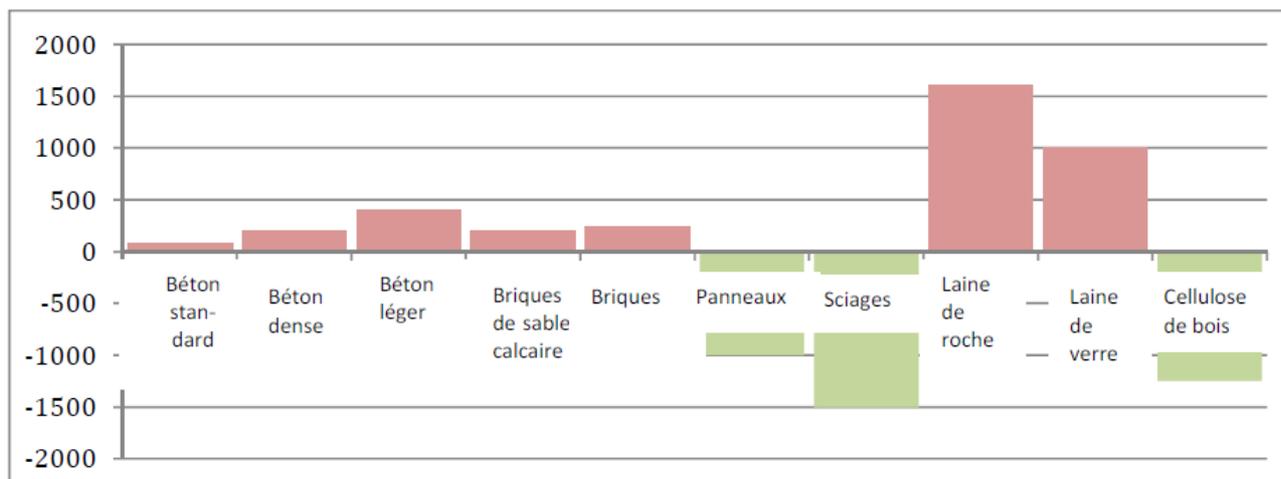
*Tableau 5 Matériaux-bois équivalents pour la construction et l'aménagement intérieur*

	<b>Partie de construction</b>	<b>Produits bois</b>	<b>Produit substituable</b>
<b>Construction</b>	Mur extérieur	Panneaux de contreplaqué	Double mur de briques
	Pilier	Pillier en bois contrecollé	Poutre en acier
	Plafond	Poutrelles de bois	Béton armé
	Isolation de toiture	Panneau de fibre isolant*	Laine de roche**
	Structure souterraine	Mur jointif de solives rabotées	Mur en béton
<b>Éléments intérieurs</b>	Traitement des plafonds et des murs	Panneaux orientés	Panneaux de plâtre
	Escaliers	Escaliers en panneaux triplis	Escaliers en béton préfabriqué
	Sols	Parquet	Carreaux de céramique
	Facade	Panneaux de bois épais	Panneaux de plâtre**
	Menuiserie, Mobilier	Incluant étagères *, chassis de portes en bois, panneaux de particules, meubles en bois	Chassis de portes et mobilier en acier

\*En contreplaqué. \*\*Dans un double mur de briques .

Source: RTS 1998-2001. Environmental Reporting for Building Materials and adapted from Werner et al. (2005)

**Tableau 6 : émissions nettes des cycles de vies de matériaux de construction en grammes de CO<sub>2</sub> par kg de matériau**



Source : RTS 1998-2001. Environmental Reporting for Building Materials and Reid et al. 2004

### III.5. Encourager les pays en développement à orienter leurs politiques énergétiques vers l'utilisation d'énergie neutre vis-à-vis du carbone, politiques qui auront des avantages économiques et sanitaires indéniables

Outre ces bénéfices environnementaux, l'effet de substitution des produits issus de forêts gérées durablement procure également des biens et des services pour les peuples dépendants de la forêt. De nombreuses études récentes ont souligné la réalité du rôle économique des forêts et en particulier la création d'emplois en Afrique. Au Mozambique environ 15 % de la population est impliquée dans la production et le commerce du charbon de bois (Cuvilas et al. 2010). En Tanzanie produire 520 kg de charbon de bois correspond à un emploi. Selon les estimations de la Banque mondiale, les Tanzaniens consomment environ un million de tonnes de charbon par an (Peter and Sander 2009).

Du fait de la grande demande en bois de feu dans les tropiques, la production est souvent non durable, amenant à la fois à une dégradation forestière et à des déficits de combustibles de plus en plus fréquents. En Afrique, les formes traditionnelles de charbon de bois provoquent l'émission de neuf tonnes de CO<sub>2</sub> pour chaque tonne de charbon de bois utilisé. Les stratégies énergétiques nationales pourraient utilement chercher à limiter ce gaspillage de carbone, sachant néanmoins que produire durablement du charbon de bois peut être neutre - ou quasiment neutre - quant à l'effet de serre (Banque mondiale 2010).

De graves impacts sur la santé humaine sont également à souligner. Utilisé dans sa forme brute, le bois de feu est non seulement peu efficace, mais sa combustion pollue l'air intérieur et présente des risques majeurs de santé pour les habitants des maisons (Cuvilas et al. 2010). Améliorer la production durable et l'utilisation de l'énergie primaire requiert plus d'attention, spécialement dans les pays les plus pauvres.

En ce qui concerne la production, des investissements très importants dans la plantation destinée à produire du bois de feu sont nécessaires pour prévenir un basculement vers les énergies fossiles qui émettraient des volumes additionnels de GES. Des investissements dans les énergies renouvelables réduiraient la pression sur les forêts de haute valeur de conservation. De tels investissements pourraient rendre de multiples bénéfices pour l'économie, les biens de consommation, la protection de la santé, la protection des sols et l'environnement. L'expérience à ce jour suggère que l'obtention de ces bénéfices repose sur une planification inclusive et ascendante impliquant activement les usagers locaux. Du côté de la demande un investissement important, incluant l'amélioration des foyers domestiques en vue d'améliorer leur efficacité énergétique, est à poursuivre.

La combinaison de l'intensité énergétique des produits-bois, le stockage de carbone, et la substitution aux produits fossiles confèrent à ces produits un bilan carbone positif – ou une empreinte carbone négative.

Le carbone relâché dans l'atmosphère par la combustion de résidus de bois et d'autres sources d'énergies renouvelables est généralement considéré comme neutre par le fait qu'il a été récemment séquestré par la photosynthèse. Le service forestier américain procure une simple équation visant à calculer le bilan carbone d'un produit. La quantité de carbone relâché pendant la production -A- moins l'usage de carburant fossile -B- moins le carbone stocké dans le produit -C- moins l'effet de substitution du produit -D- moins l'effet de substitution du produit, équivaut l'empreinte totale du carbone ou crédit carbone (E).

En appliquant cette formule  $A-B-C-D = E$  aux différents produits-bois, on observe que les empreintes carbone totales figurant dans la matrice suivante présentent toutes un total négatif. Les chiffres du carbone représentent des kilos de  $CO_2$ .

**Tableau 7 : Bilan carbone de divers produits forestiers aux États-Unis**

Produit			Carbone émis pendant la production	Carbone issu du carburant nécessaire à la production	Carbone stocké dans le produit	Carbone substitué	Empreinte carbone totale
Poutre en bois dur	a	NE/NC region	0.9	0.6	1.8	2.6	-4.2
		SE region	1.1	0.8	1.8	2.6	-4.1
Poutre en résineux	b	NE/NC region	1.8	1.2	6.6	7.0	-13.0
		SE region	3.9	3.3	8.4	7.0	-14.9
Parquet en bois dur	c	Sold strip	1.1	0.7	2.1	0.0	-1.8
		Engineered	1.0	0.5	1.1	-0.1	-0.5
Portes	d	Solid wood	46.5	29.4	100.4	228.1	-311.5
Terrasses	e	ACQ-treated	5.2	1.7	16.1	11.9	-24.5
Bardages	f	Western red cedar	37.7	6.0	77.7	20.4	-66.3
Poteaux traités	g	PCP-treated	454.5	430.9	1160.4	1377.1	-1136.8
OSB	h	SE region	19.0	10.7	34.7	-	-26.3
Contreplaqué	i	Pacific NW	5.7	4.1	25.5	-	-23.9
		SE region	10.1	6.5	30.9	-	-27.3
Solives en I	j	Pacific NW	22.8	18.9	63.9	56.4	-59.9
		SE region	33.0	22.9	80.0	55.0	-70.0

- a) Un pied linéaire, 12inchesx12inches b) Une poutre standard 2inchesx4inches c) 1 pied carré d) Une porte  
e) Un panneau de terrasse f) 100 pieds-carrés g) Poteau de 45 pieds h) Un panneau 4piedsx8pieds dimensions 3/8<sup>ième</sup> d' inch  
i) Un panneau 4piedsx8'pieds dimensions 3/8<sup>ième</sup> d' inch j) Une solive en I 16pieds de long, 10inches large

Source: Bergman, Puettmann and Taylor 2011

OSB : (Oriented Strand Board) panneau de grandes particules orientées

## **IV. L'atténuation au sein des forêts, gérer correctement les forêts**

Alors que les plus grandes réductions d'émissions peuvent être obtenues en dehors des forêts par la substitution et l'augmentation du réservoir des bois mis en œuvre, il restera vital de s'assurer de l'intégrité de la base productive au sein des forêts. La durabilité de la production forestière repose sur des pratiques de gestion forestières et sur des marchés fonctionnels et transparents. Ces marchés sont l'interface essentielle entre les utilisateurs de bois et les artisans de la gestion forestière. Une certification forestière établie par une tierce partie indépendante et la participation des populations locales sont les ingrédients de base pour ces marchés et leur chaîne de valeur. De ce fait la substitution ne peut pas être traitée indépendamment de la gestion forestière et les deux constituent une opportunité d'élargissement de l'approche REDD+.

### **Équilibrer la conservation des forêts et l'usage des forêts dans le dialogue politique**

Le maintien des forêts comme réservoir de carbone, autant dans les sols que la biomasse, spécialement dans les forêts à haute valeur de conservation, est un élément important de l'atténuation climatique. Mais la conservation du carbone stocké ne peut pas être la seule priorité. Les stratégies d'atténuation qui misent exclusivement sur le stockage du carbone ont l'inconvénient de ne pas assurer que le carbone stocké aujourd'hui le soit demain. Une part non négligeable de ce risque est politique, quand par exemple des priorités nouvelles portent sur les services environnementaux fournis par les forêts ou quand la conservation des ressources forestières est considérée comme préjudiciable au développement économique du pays. Le risque de retournement de la politique forestière risque d'augmenter quand les paiements REDD s'arrêtent ou sont mal gérés au point de perdre leur crédibilité. Pour ces raisons, parmi beaucoup d'autres, des forêts existantes peuvent être détruites ou dégradées à tout moment, émettant alors massivement du carbone et perdant, en plus, leur capacité de substitution (Baral et Guha, 2004 ; Sedjo et al., 2004).

La production d'huile de palme, de soja, de sucre de canne, et autres spéculations, sont très profitables pour les propriétaires terriens. La mobilisation de fonds des marchés du carbone ou d'autres sources d'aide à une échelle suffisante pour que la conservation forestière reste une alternative intéressante sera toujours un défi important, difficilement atteignable pour de vastes étendues forestières.

Plus de 460 millions d'ha parmi les 887 millions d'ha de forêts tropicales primaires intactes sont affectés à la conservation de la biodiversité écologique, des sols et de l'eau, des services environnementaux, et également du patrimoine culturel. La plupart de ces forêts sont situées au sein de zones protégées (FAO 2010). Les forêts primaires stockent de grandes quantités de carbone dans la biomasse aérienne et souterraine, et ainsi, jouent un rôle important d'atténuation. Il est illusoire de restaurer des forêts dégradées pour retrouver un tel niveau de carbone. Les forêts secondaires, les plantations ou les systèmes agroforestiers n'équivaldront jamais de tels niveaux de stockage (Soepadmo, 1993).

## L'interdépendance de l'atténuation et de l'adaptation

Des écosystèmes forestiers bien gérés peuvent aider des sociétés à s'adapter à la fois aux événements climatiques et aux futurs changements climatiques en procurant une large gamme de produits et services écosystémiques (Turner et al., 2009). Les liens des forêts avec l'adaptation sont doubles quand d'une part les forêts aident les sociétés à s'adapter (les forêts pour l'adaptation), et d'autre part les forêts ont besoin de s'adapter au changement climatique, avec des périodes de sécheresse et des événements climatiques extrêmes (cf. Amazon Dieback study-World Bank, 2010). Par exemple, la résilience de plantations de restauration peut être augmentée par la plantation d'essences locales et l'installation de polycultures, comme en agroforesterie (Kanowski et Catterall, 2010).

L'adaptation basée sur les écosystèmes (EBA) est un ensemble de mesures d'adaptation visant la réduction de la vulnérabilité des écosystèmes et de leurs services à différentes menaces, incluant le changement climatique et le changement d'usage des sols. De telles politiques et mesures incluent les services écosystémiques pour la réduction de la vulnérabilité de la société aux changements climatiques dans une approche multi-sectorielle et multi-échelles (Vignola et al., 2009). L'atténuation ne devrait pas être conçue isolément des autres besoins et le concept émergent EBA offre des opportunités pour les écosystèmes et les communautés qui en dépendent de relever les défis du changement climatique.

Source : Locatelli et Pramova 2010

Les forêts naturelles procurent un habitat à la plus grande et complexe biodiversité que puisse offrir un habitat terrestre. Cela confère au système forestier une résilience remarquable aux perturbations climatiques. Du fait qu'elle augmente la probabilité que le carbone stocké se maintienne dans cet état pour une longue période, la résilience est importante pour que les forêts naturelles contribuent au mieux au cycle du carbone (Thompson et al., 2009). Des mesures de conservation sont nécessaires pour prévenir la libération de carbone par ces forêts.

Mais des modèles d'utilisation des forêts qui allient conservation et production comportent à la fois des services sociaux et environnementaux. Ces formes de forêts gérées de façon « paysagère » répondent à la fois au besoin d'atténuation et d'adaptation climatique.

**Saisir les opportunités d'accroître les stocks de carbone tout en prêtant attention aux autres leviers d'atténuation.**

Maintenir les stocks de carbone ne doit pas faire oublier que leur rôle de puits peut encore être accru. Ceci peut être atteint par la restauration des forêts dégradées, la régénération active des forêts exploitées, et une gestion maximisant le stock sur pied. Si l'on considère le faible niveau de stockage des terres agricoles, les plantations sont intéressantes à ce titre.

Le résultat de deux études récentes montre que les anciennes forêts naturelles stockent davantage de carbone qu'on ne l'imaginait antérieurement, et qu'elles continuent à piéger le carbone pendant très longtemps (Mackey et al.2008, Luysaert et al., 2008, Liao et al., 2010, Lewis et al., 2009). Un hectare de forêt tropicale primaire en Amazonie séquestre une tonne de carbone par an (Brown 2002). Un hectare de plantation peut séquestrer jusqu'à dix tonnes de carbone, selon la station, l'âge, et les essences (IPCC 2007). Néanmoins, comme elles ne produisent pas de bois, les forêts naturelles à statut de conservation ne participent en aucune manière à la substitution aux carburants fossiles.

La demande forte pour le bois et les produits à base de bois font de la gestion productive une nécessité pour les objectifs de REDD+. Les effets de la substitution décrits dans ce document appellent des marchés transparents comme des changements radicaux dans la sylviculture et l'aménagement forestier. Ces marchés sont à l'interface stratégique entre les producteurs et les consommateurs, et incluent le commerce international sur les produits-bois. Sans des méthodes de production durables, les effets de la substitution deviendront marginaux voire négatifs. Aussi la certification par une tierce partie va assurer au consommateur que le bois utilisé est issu de forêts gérées durablement.

Les éléments suivants relatifs à la gestion forestière doivent être repris par REDD+ pour relier le rôle productif des forêts et l'économie verte.

#### **IV.1. Rectifier les errements de la gestion commerciale des forêts**

Pendant les récentes décennies, les principes de la gestion durable des forêts ont évolué, d'une gestion des forêts en vue d'une seule production, essentiellement le bois, vers la production de nombreux biens et services. Ce basculement de la production à rendement soutenu des forêts vers leur usage multiple s'est étendu à la sauvegarde des options futures de gestion et à la protection des autres écosystèmes. Ces principes se sont intégrés à la définition de la gestion durable des forêts, au sein des principes forestiers des Nations Unies en 1992. L'état de l'art de la gestion des forêts tropicales est basé sur trois principes fondamentaux :

- ❑ le premier est la délimitation de l'état forestier permanent, afin de s'assurer de la durabilité à long terme de la forêt, en cohérence résolue avec les droits traditionnels et les systèmes de gestion foncière en vigueur ;
- ❑ le second repose sur l'élaboration d'un plan de gestion forestier qui équilibre la santé et la gestion soutenue des écosystèmes forestiers avec les besoins de développement des communautés locales ;
- ❑ le troisième suppose qu'un agent indépendant supervise la réalisation effective du plan de gestion ; ce rôle peut être dévolu soit à l'administration ou à un auditeur indépendant (ITTO 2005 ; Pearce et al. 2003).

Depuis 1988 la surface des forêts permanentes classées, qualifiées et considérées comme « gérées durablement » est passée d'un peu moins d'un million d'hectares à plus de 25 millions d'hectares, ce qui ne représente toujours que moins de 5 % de la forêt mondiale.

L'organisation internationale des bois tropicaux (ITTO), dont les 59 membres représentent 80 % de l'ensemble des forêts tropicales mondiales et 90 % du commerce du bois, estime que la zone de forêts naturelles de production, désignées et classées comme forêts permanentes est d'environ 403 millions d'hectares en 2005. Ceci représente 31 % de l'ensemble des forêts tropicales fermées situées dans les pays des membres d'ITTO.

Au sein de cette surface seulement 131 millions d'hectares (32 % de l'aire des forêts de production) sont concernés par des plans de gestion et 10,5 millions d'hectares (4 %) sont certifiés par un organisme de certification indépendant reconnu et au moins 30 millions d'hectares, soit 7 % sont gérés durablement selon les critères et indicateurs de la gestion durable (ITTO 2011).

Les difficultés du secteur privé concernant la gestion durable des forêts, en particulier dans le domaine de l'investissement direct à l'étranger, furent exprimés dans une série de forums organisés par le Programme on Forest (PROFOR), et d'autres organisations partenaires à partir de 2003. Un grand nombre de firmes exprimèrent leur réticence à investir dans des pays à faible gouvernance, mettant la gestion durable dans une situation d'avantage concurrentiel défavorable. Cette situation est très regrettable car les canaux de l'investissement privé sont largement supérieurs aux volumes de l'aide qui transite par les canaux officiels.

Depuis 2012, la Banque mondiale, la FAO, et plusieurs autres membres du Partenariat collaboratif sur les forêts (CFP) (ou Collaborative Partnership on Forests, CPF) cherchent le moyen de tripler d'ici 2015 et quintupler d'ici 2020 l'investissement forestier privé, à travers un plan d'action. Ce dernier appliquerait des critères et indicateurs capables de mesurer ses impacts environnementaux, économiques et sociaux. Il inclurait une analyse détaillée des possibilités pour les investisseurs d'engager les usagers pauvres et les communautés dans des approches « paysagères » de restauration des terres dégradées et des terres adjacentes, y compris l'agroforesterie qui améliore la fertilité des terres agricoles.

Les conversations soutenues avec le secteur privé, la société civile, les ONG et les agences de développement et environnementales ont abouti à une série de recommandations stratégiques, dont plusieurs encouragent l'investissement responsable et découragent fortement l'investissement irresponsable, tout spécialement la question lancinante de l'exploitation et du commerce illégaux. Toutes ensemble, ces mesures devraient diffuser les pratiques d'application effective de la loi, ainsi que les standards de conformité pour les ONG, les gouvernements, le secteur privé. Parmi les mesures suivantes, un certain nombre servira à rectifier les pratiques d'exploitation forestière :

- ❑ Réviser les contrats de concessions, les politiques et les règlements, et arrêter les concessions non conformes à la réglementation.
- ❑ Implanter les routes et autres infrastructures avec soin au voisinage des aires protégées.
- ❑ Recourir à des observateurs des forêts et des chaînes de valeur indépendants.
- ❑ Adopter des techniques appropriées pour le transport depuis le parterre de la coupe jusqu'à la scierie.
- ❑ Délimiter les frontières entre les concessions de production les zones de conservation, et les territoires des communautés locales et indigènes de façon transparente et participative.

- ❑ Établir un processus de certification indépendant par une tierce partie, chargée de suivre la chaîne de valeur, et qui confère aux pays importateurs la capacité de refuser le bois exploité illégalement.
- ❑ Augmenter les investissements dans la gestion durable des forêts, en particulier de leurs services environnementaux, en vue de prévenir l'investissement dans des pratiques forestières illégales.
- ❑ Développer des règles communes de mesures et de dénonciation des délits forestiers.
- ❑ Éviter l'exploitation forestière dans les zones de conflits, en particulier dans des secteurs qui échappent au contrôle des gouvernements reconnus, se terminant bien souvent en arrangements avec les compagnies qui vont troquer du bois contre des armes. Source PROFOR.

## **IV.2. Promouvoir activement les exploitations à impact réduit**

Dans les forêts gérées durablement, la diffusion des exploitations à impact réduit recouvre toute une variété de techniques allant de l'abattage directionnel, au sectionnement des lianes avant l'abattage jusqu'à la limitation de l'usage d'une machinerie trop lourde, afin d'éviter d'endommager les sols et les arbres qui resteront après l'abattage. L'exploitation à impact réduit peut diminuer la proportion d'arbres environnants détruits pendant l'exploitation d'environ 40 à 50 % comparé à l'exploitation conventionnelle (Pinard et Putz 1996 ; Sist et Bertault 1997 ; Elias 1999 ; Chabbert et Priyadi 2000).

Les entreprises forestières exploitent seulement une petite sélection d'arbres de haute valeur. Dans certaines régions, par exemple, seulement 15 essences parmi 2 500 essences d'arbres sont exploitées (Homes et al. 2002). Le fait de diminuer les dommages aux arbres inexploités réduit considérablement la dégradation forestière et l'émission de carbone qui lui est associée. Environ 1,6 à 2,1 tonnes de carbone émises par hectare et par an peuvent être économisées en comparaison de l'exploitation conventionnelle. Au niveau mondial, environ 2,9 milliards de tonnes de carbone sont émises tous les ans comme une conséquence de la déforestation et de la dégradation tropicale (Y. Pan et al. 2011). La mise en œuvre de ces techniques de gestion améliorées pourrait éviter l'émission au moins de 0,16 milliard de tonnes de carbone par an dans les tropiques (Gullison et al. 2007 ; Putz et al 2008). C'est dans les forêts d'Asie exploitées intensivement que les plus grandes économies d'émissions de carbone peuvent être réalisées par l'amélioration des techniques d'exploitation (Putz 2008) ; dans le bassin du Congo également d'importantes économies peuvent être effectuées en passant de l'exploitation conventionnelle à l'exploitation à impact réduit.

Outre l'intérêt de l'exploitation à impact réduit sur le stock de carbone, le rôle des forêts en tant que puits de carbone en est grandement amélioré. En effet, le stock des arbres d'avenir étant plus important, la séquestration de carbone est plus importante que dans une exploitation conventionnelle (Pinard et Putz 1996 ; Boscolo et Vincent 1998). Des rendements soutenus sur le long terme déboucheront sur la production supplémentaire de bois d'œuvre, matériau renouvelable qui se substituera à des carburants fossiles et à des produits faisant appel à de l'énergie fossile tandis que la régénération des arbres exploités continuera elle-même à séquestrer du carbone additionnel. Les forêts gérées durablement procurent une source continue de matériaux

renouvelables (FAO 2002). La forêt génère, de ce fait, un effet de substitution continu produisant des générations de bois et de biomasse, chacun d'entre eux remplaçant des énergies fossiles directement ou remplaçant des matériaux qui requièrent de grandes quantités d'énergies fossiles pour leur production. Ceci représente un énorme avantage sur l'exploitation conventionnelle qui assure seulement une ou deux exploitations, avant de rendre la forêt complètement improductive, et de ce fait, est bien souvent convertie ultérieurement à d'autres usages.

La réduction des impacts d'exploitation et le bannissement des pratiques d'abattage créant de grandes ouvertures dans la canopée forestière auront d'importants bénéfices pour la biodiversité, permettant ainsi aux biotopes forestiers, qui ont besoin d'ombre, de se régénérer et de se développer. Une analyse de la biodiversité dans les forêts des concessions a montré que l'exploitation sélective des forêts conserve 85 % des espèces d'oiseaux, 92 % des plantes et toutes les espèces d'invertébrés des mammifères présents dans de vieilles forêts non perturbées (Putz 2011). Cette protection de la richesse des espèces réduit considérablement les risques de pandémie et de feu et le relargage massif du carbone forestier qui leur est associé. Les activités à impacts réduits comme l'augmentation des rendements de bois à travers la planification pré et post-exploitation, comprenant la planification soignée des accès et des voies de débardage, minimise l'érosion et simultanément maintient un environnement de services d'environnement vitaux telles que la protection des bassins versants forestiers (Putz et al. 2008). Là encore, pour s'assurer de bénéfices équitables, il faut que la gestion durable des forêts et la certification forestière incluent une participation sociale vérifiable, le respect des droits fonciers coutumiers et sécurisent les opportunités d'emplois.

Certains écosystèmes forestiers sont très fragiles et leur biodiversité peut être sérieusement affectée même par la plus prudente exploitation à impact réduit (Pena-Carlos et al. 2008 ; Putz et al. 2001). Aussi la plupart d'entre eux devraient être désignés en priorité comme forêts de protection et de conservation de zones-tampons. En fonction de leur valeur environnementale, de biodiversité ou paysagère, ces forêts devraient être classées comme forêts à Haute valeur de conservation (HCVF). Les forêts certifiées affectent systématiquement une partie de leurs concessions en forêts à haute valeur de conservation.

### **IV.3. Inciter les exploitants à abandonner l'exploitation conventionnelle**

L'exploitation conventionnelle consiste généralement à extraire du bois en maximisant les profits à court terme. Celle-ci a lieu sans contrôle ni régulation réelle du gouvernement et dans de nombreux cas concerne des opérateurs informels exploitant avec seulement des tronçonneuses pour un débouché local ou domestique. L'exploitation conventionnelle conduit couramment à la dégradation forestière, à la perte des forêts et à la conversion à d'autres usages non forestiers. C'est pourquoi elle est souvent associée à des pratiques de gestion rudimentaires au contraire des pratiques de gestion durable des forêts comme l'exploitation à impact réduit. Du fait qu'elle ne s'intéresse pas à la production à long terme ou à d'autres bénéfices forestiers, l'exploitation conventionnelle a une forte tendance à procurer de très faibles retours d'investissements futurs et s'avère très peu rentable à long terme (Rice et al. 2001). Du fait de sa plus grande rentabilité à court terme, l'exploitation conventionnelle est préférée par les exploitants, et elle représente encore la grande majorité des pratiques.

L'intensité de l'exploitation conventionnelle, qui représente entre 30 et 110 m<sup>3</sup> par hectare lors du passage en coupe, provoque une chute importante des stocks de carbone et, après un certain nombre de passages, la diminution du stock de carbone peut atteindre 80 % du stock initial de la forêt primaire (Butcher et al. 2002). Une certaine quantité du carbone (environ 30 % de l'arbre vivant) mobilisée pendant l'exploitation n'est pas relâchée directement dans l'atmosphère, mais se trouve déplacée dans le stock de carbone des produits-bois où il continue d'être stocké. Les 70 % restants sont attribuables au gaspillage et à l'inefficacité du processus d'exploitation. La proportion de carbone qui est stockée et relâchée dépend en partie du niveau de mécanisation de l'exploitation du bois et de la chaîne de transformation qui est couramment assez faible en forêt tropicale (Winjum & al. 1998). Ceci plaide pour l'élargissement notable de ce secteur de coopération.

Bien que l'exploitation conventionnelle puisse dégrader les forêts à un point tel que les peuplements subsistants ne valent plus la peine d'être protégés, les forêts dégradées sont potentiellement des puits de carbone importants. Ce potentiel disparaît lorsque ces zones sont elles-mêmes défrichées pour des usages non forestiers, scénario relativement classique sous la plupart des tropiques. Dans certains cas, la spirale de dégradation est telle que le sol est ruiné même pour d'autres usages. Quand des niveaux d'exploitation élevés et destructeurs provoquent une ouverture importante de la canopée, la sensibilité au feu et aux infestations d'insectes augmente. Ces accidents peuvent considérablement limiter les usages alternatifs du sol (Pearce et al. 2003). L'exploitation conventionnelle peut conduire à une destruction substantielle de l'habitat et à la perte de biodiversité qui, à son tour, fragilise la capacité des forêts à s'adapter au changement climatique (Pearce et al, 2003 ; Rice et al. 2001 ; GFPL et al, 2008). Enfin, l'exploitation conventionnelle nécessite généralement la construction de routes et de voies de dessertes qui facilitent considérablement le défrichement des forêts traversées. Dans beaucoup de pays en développement, et spécialement en Afrique, les braconniers utilisent les voies forestières pour chasser la viande de brousse, très demandée dans beaucoup de communautés locales. De nouvelles concessions pour l'exploitation conventionnelle en forêts primaires ont pour conséquence l'augmentation de la déforestation de la forêt adjacente d'environ de 20 % par an (Hamilton 1997).

Les emplois créés pendant la vie d'une opération d'exploitation, autant dans le secteur forestier que plus largement dans l'industrie forestière sont généralement peu payés et dangereux. En plus des effets très considérables que l'exploitation forestière conventionnelle a sur le climat et la biodiversité, ses bénéfices locaux sont à la fois rares et de court terme. Actuellement 403 millions d'hectares de forêts tropicales sont affectés à la production forestière et ces forêts sont principalement exploitées pour le bois. En raison de la demande croissante de bois et l'accès grandissant à la zone forestière, il est probable que l'exploitation se développera encore de façon importante dans un futur proche. Il s'avère donc urgent de promouvoir une transition vers les techniques à impacts réduits associées avec la gestion forestière durable.

## Cas WIJMA

### La gestion durable de la forêt naturelle au Cameroun. Le cas Wijma

Wijma est une compagnie néerlandaise qui a été active au Cameroun depuis les années 60 et la première compagnie forestière certifiée dans le bassin du Congo. Wijma gère quatre concessions dans le sud-ouest du Cameroun, sur une superficie totale de 260 000 ha.

Sa déclaration d'objectifs comprend les points suivants :

- Les forêts de haute valeur de conservation sont affectées à la protection de la faune et de la flore menacées, en collaboration avec des ONG et universités. Une collaboration avec WWF vise également à conserver les limites des concessions.

- La chasse et la pêche sont strictement contrôlées dans la concession, et la compagnie lutte avec l'administration locale contre la braconnage.

- L'exploitation illégale et le défrichement sont contrôlés en collaboration avec l'administration camerounaise.

La compagnie emploie 500 personnes et exploite 80 000 m<sup>3</sup> de bois tous les ans. Chaque année Wijma entreprend une série de services sociaux pour aider les communautés locales : constructions de maisons, écoles, cantines, poulaillers, routes et ponts. Cela inclut également la rénovation d'hôpitaux, la fourniture de médicaments, le matériel scolaire pour 5 200 élèves au sein de 59 écoles. Pour assurer appropriation locale et durabilité, des membres des communautés locales deviennent chefs de projets, devenant ensuite des pilotes du développement local.

Source : Michel de Galbert, communication personnelle avec Sébastien Delion de Wijma Cameroun S.A

#### IV.4. Augmenter les bénéfices-carbone de forêts gérées durablement

Le processus en cours de séquestration du carbone dans les forêts plantées peut être augmenté en utilisant des variétés à haut rendement comme de meilleures provenances. Certaines d'entre elles peuvent être exploitées avec des rotations courtes. D'autres pousseront plus lentement, pour produire un bois plus dense, plus dur, qui capturera proportionnellement davantage de carbone. Ces variétés d'arbres améliorées peuvent être introduites après s'être assuré que leur culture peut être conduite en respectant certains standards sociaux et environnementaux. Au-delà des avantages économiques de leur production plus élevée, ces variétés ont de plus un potentiel supplémentaire de déplacement des carburants fossiles, et à des taux plus forts que les forêts gérées plus extensivement. Des technologies à faibles coûts sont disponibles pour transformer industriellement des arbres de plus petite taille. Les effets du carbone « circulant » sont permanents, tandis que le carbone stocké dans les arbres sur pied sont limités dans le temps et toujours réversibles. Et ces effets de substitution sont atteints chaque fois que la biomasse est utilisée pour remplacer des carburants fossiles, ou quand le bois est utilisé pour remplacer des matériaux qui requièrent de grande quantité de carburants fossiles pour leur production. Ces effets de substitution sont classés en substitution directe ou indirecte.

## **IV.5. Restaurer les paysages forestiers dégradés et augmenter les stocks de carbone**

1,6 milliard de tonnes de carbone sont séquestrées par les forêts dégradées qui, contrairement aux aires déforestées conservent un certain degré de fonction de production, quoiqu'avec une productivité diminuée. Additionné au milliard de tonnes de carbone qui est stocké dans les forêts tropicales primaires, ceci porte l'ensemble du carbone actuellement séquestré à 2,66 milliards, montant presque aussi important que celui de la déforestation évalué à 2,8 milliards de tonnes (Y. Pan et al. 2011). Une restauration effective des territoires dégradés peut les transformer en des peuplements de haute valeur en quelques années. La plupart de ce travail de restauration peut être réalisé au travers de la régénération naturelle assistée dont les coûts sont relativement réduits. Basé sur une analyse d'images satellite, le partenariat mondial pour la restauration des territoires forestiers (GPFLR 2011) estime qu'environ 950 millions d'hectares de forêts dégradés (toujours en état de forêts) pourraient être restaurées au niveau mondial ; 95 % de cette zone est située dans les tropiques (ibid.).

Avec un tiers des forêts tropicales dégradées, le continent africain a le plus grand potentiel de restauration forestière. Une restauration à large échelle pourrait être pratiquée dans les forêts les moins densément peuplées où la compétition pour l'usage des sols est faible. Une restauration « en mosaïque » est plutôt praticable dans des zones plus densément peuplées et partiellement valorisées par l'agriculture. La restauration de protection peut être introduite dans des territoires altérés et densément peuplés où la plupart du territoire est utilisé pour la production alimentaire et les agglomérations.

La quantité de carbone qui peut être séquestrée par la restauration de ces zones atteint 860 millions de tonnes de carbone, mais son potentiel essentiel a trait à l'effet de substitution que cette restauration peut générer. Tandis qu'une large typologie d'options de restauration existe, deux d'entre-elles sont discutées ici pour illustrer les effets multiples que le scénario de restauration des territoires pourrait apporter : la restauration par les plantations et l'agroforesterie. Dans ces deux cas, il est important de préciser que les effets positifs décrits se réfèrent à des plantations, et à des agro-forêts installées sur des zones précédemment dégradées ou déforestées et non sur des forêts primaires défrichées.

Des plantations pour le bois d'œuvre sur des forêts reboisées et restaurées sont une voie prospective importante de REDD+. Entre 2000 et 2010 la surface des forêts plantées au niveau mondial a augmenté d'environ cinq millions d'hectares par an dont 3,6 dans les tropiques. Ceci amène la surface totale plantée dans les tropiques à 151 millions d'hectares. La Chine, en particulier, est un chef de file dans le boisement, boisant 1,9 million d'hectares par an sur des terres qui n'étaient pas forestières dans une période récente (il faut préciser toutefois que beaucoup de ces zones sont plantées en monoculture qui procurent des services environnementaux et écosystémiques limités). Bien que les plantations de bois d'œuvre représente environ 7 % de la zone forestière totale elles fournissent 35 % du bois valorisé en 2000 (Varmola et Carle 2002 ; FAO 2010).

Environ la moitié de l'ensemble des zones plantées sous les tropiques est utilisée pour la production de bois d'industrie. La plupart des autres peuplements est utilisée pour la production de bois de feu. Les régions tropicales assurent 80 % de la production du bois de feu dans le monde et seulement un tiers de la production du bois d'industrie (Bowyer 2004). 46 % du bois d'industrie produit en 2050 devrait provenir de plantations (FAO 2010).

Les rendements des plantations forestières sont très élevés. Certaines espèces, comme l'eucalyptus ou l'Acacia Mangium peuvent atteindre des rendements variant de 40 à 60 m<sup>3</sup> de bois par hectare et par an contenant 11 à 17 tonnes de carbone (IPCC 2007). Ces rendements excèdent largement ceux des forêts tropicales (Evans 2010 ; Wyatt-Smith 1997), estimés à 20 m<sup>3</sup>/ha/an (production aérienne), soit 11 m<sup>3</sup>/ha/an de bois d'oeuvre marchand (Whittaker 1972 ; IPCC 2006). Curieusement, la littérature concernant ce point est rarissime.

Les hauts rendements de ces plantations ont d'importantes implications pour les effets de substitution directs qu'auront leurs produits pour remplacer l'usage des carburants fossiles. Ces bénéfices devraient grandir au fur et à mesure de l'émergence d'innovations et de l'arrivée de la seconde génération de technologies de biocarburants, comme la pyrolyse, qui remplace directement les carburants fossiles pour la production d'électricité ou les transports.

Alors que le taux de croissance du bois dans les plantations excède largement celui des forêts tropicales gérées, les bénéfices des investissements initiaux seront plus longs à se concrétiser que les bénéfices de la gestion durable des forêts naturelles. Ces plantations entraînent également des coûts d'investissements importants en début de projet. Les plantations commencent à produire entre 7 et 15 ans d'âge, ce qui représente une attente importante avant la perception des premiers bénéfices.

Le stock de carbone contenu dans les écosystèmes des plantations représente environ 28 % du stock des forêts naturelles. Mais les plantations séquestrent annuellement des quantités de carbone plus élevées, particulièrement quand les arbres sont jeunes et poussent rapidement (Liao et al. 2010). Ce taux de séquestration peut être augmenté dans le court terme (en moins de 10 ans), en utilisant des essences à croissance rapide qui permettent des rotations d'exploitation plus courtes (Redondo-Brenes 2007, Redondo-Brenes et Montagnini 2006 ; Kraenzel et al. 2003). A l'opposé, les essences à croissance moins rapide ont d'autres avantages en matière de stockage, en raison de la densité de leur bois. Ces espèces à bois dur additionnent également plus de carbone au stock des usages du bois, car ils sont transformés en produits à plus longue durée de vie, comme les matériaux de construction, plus qu'en produits à durée de vie plus courte, comme le papier. Du fait qu'ils fournissent plus de bois qu'une forêt gérée durablement, l'effet de substitution des plantations forestières est supérieur, en fonction des essences choisies.

A la fin de leur utilisation les produits en bois peuvent également être recyclés en se substituant aux carburants fossiles une seconde fois en tant que bois de feu, en induisant une deuxième ou une troisième substitution. L'impact ultime de la production nécessite d'être jugé non seulement en termes de processus de production lui-même mais en tenant compte de tout le cycle du produit, au regard du stockage du carbone et de la substitution. Bien que des plantations de bois sont en général plus pauvres en biodiversité que les forêts naturelles, elles peuvent être conçues pour optimiser la biodiversité et assurer notamment des fonctions écologiques de connexion, essentielles (GIZ 2011).

#### **IV.6. Assigner une plus grande priorité à l'agroforesterie, aux forêts sèches et aux systèmes agricoles basés sur l'arbre**

Ces systèmes restent très généralement sous-valorisés dans la démarche REDD+. L'agroforesterie se rapporte aux systèmes d'usage du sol où les formations boisées permanentes comme les arbres, les buissons, les palmiers, les bambous sont plantés à dessein sur les mêmes parcelles que les cultures agricoles ou les pâtures. Classée comme des terres agricoles couvertes d'arbres sur plus de 10 % de leur surface, l'agroforesterie traditionnelle recouvre plus d'un milliard d'hectares globalement, soit 46 % des terres agricoles (Zomer et al. 2009). Les systèmes agroforestiers peuvent produire simultanément du bois, du bois de feu et des produits non ligneux, des produits agricoles et horticoles, et des fourrages. Ces multiples rôles sont particulièrement efficaces pour produire des consommables, réduire la pauvreté et améliorer les perspectives de développement plus généralement. Ils peuvent également séquestrer davantage de carbone, améliorer la gestion de l'eau, réduire l'érosion et accroître la biodiversité. Ils peuvent augmenter le stock de carbone de plus de 50 tonnes par hectare en comparaison avec une terre agricole nue. Alors que les systèmes agroforestiers stockent seulement 15 à 30 % du stock de carbone, en comparaison des forêts denses humides, ils stockent substantiellement plus de carbone que les systèmes agricoles sans arbre (Pandey 2007).

Selon Pandey, les stocks de carbone dans les systèmes agro-forestiers atteignent 90-95 tonnes par hectare mais des systèmes agro-forestiers qui répliquent certains éléments de la structure des forêts naturelles comme le cacao ou les plantations d'hévéa stockent encore plus de carbone. La fertilisation des systèmes plantés peut augmenter la séquestration du carbone de 7 à 50 tonnes (Albrecht et Kandji 2003). Les investissements en agro-foresterie dans les cinquante prochaines années pourraient piéger 50 milliards de tonnes issues de l'atmosphère. Ce qui représente une proportion importante du défi de l'atténuation climatique (Garrity et Verchot 2008). Le système agro-forestier améliore également les fonctions écosystémiques parce qu'il améliore la résistance aux sécheresses, aux maladies et aux dommages liés aux intempéries.

Les systèmes agroforestiers donnent lieu à des interactions à la fois écologiques et économiques (ICRAF 1993). Les recherches sur le long terme en Afrique ont montré que la fertilisation par les arbres (utilisation de l'azote atmosphérique par des essences comme *Faidherbia*, intercalé avec du maïs par exemple) peuvent multiplier les rendements par quatre. Ainsi, en intercalant des arbres fertilisateurs, et sans avoir à acheter des engrais chimiques ou à investir dans les systèmes d'irrigation, les fermiers peuvent réduire leur quantité de travail et l'investissement agricole. L'agroforesterie peut donc maintenir ou accroître la production des récoltes ainsi que toute la productivité de l'exploitation et au total augmenter substantiellement les bénéfices de l'investissement agricole (ICRAF 2009).

Utiliser le bois et les bois de feu en provenance de l'agroforesterie peut réduire à la fois la pression sur les forêts naturelles et le besoin de carburants fossiles, à travers l'effet de substitution de la production, ce qui doit être pris en compte au niveau du dialogue international. Les systèmes agro-forestiers qui incluent les espèces autochtones dans le bouquet des espèces plantées peuvent avoir un effet spécialement positif sur la biodiversité en dehors des aires protégées, contrairement à l'agriculture et aux autres systèmes d'usage du sol qui reposent seulement sur un faible nombre d'espèces cultivées.

La variété de plants et d'espèces animales produites assure un flux constant de biens et de services.

Une large variété de systèmes agro-forestiers existe, mais le degré de services environnementaux dépend des espèces utilisées. Par exemple certaines espèces d'arbres peuvent seulement recycler les éléments nutritifs des profondeurs du sol ; d'autres fixent l'azote atmosphérique et de nouvelles quantités d'azote au sol. Les arbres peuvent aussi jouer un rôle important dans la gestion de l'eau du bassin versant avec certaines espèces régulant les écoulements de l'eau.

De récentes recherches ont montré, à partir des Cerrados au Brésil, que l'importance de ces territoires pour l'atténuation climatique est largement sous-estimée et peut se comparer au contenu en carbone de la forêt humide amazonienne. Toutefois une différence majeure entre les deux écosystèmes est que dans les Cerrados, environ deux tiers du carbone est stocké dans les sols mais seulement un tiers dans la végétation aérienne [Plan d'investissements du Brésil pour le FIP (Forest Investment Program, March 2012)].

### **Une réussite agroforestière au Niger**

En 1990 le droit forestier nigérien fut assoupli, pour permettre aux fermiers de couper des arbres destinés au bois d'oeuvre et de feu sur leurs propres terres. Ceci a incité les fermiers à complanter des arbres au milieu de leurs récoltes. En conséquence, des systèmes agro-forestiers à base de *Faidherbia*, régénérés naturellement, couvrent plus de cinq millions d'ha de fermes produisant du sorgho et du mil au Niger.

Les fermiers plantent jusqu'à 200 arbres à l'hectare, et déclarent que depuis lors, leurs rendements et productions vivrières ont augmenté. Les arbres protègent les récoltes, les terres du vent et du ruissellement, et procurent du fourrage pour les bovins et les chèvres pendant les saisons sèches. Dans le passé, les plaines en friches du Niger étaient caractérisées par des sols infertiles, des tempêtes de poussière, des sécheresses et pénuries de fourrage et de bois de feu. L'agroforesterie a transformé ces zones en paysages productifs tout en nourrissant un marché du bois de feu soutenu.

Là où des projets de reforestation conventionnels ont failli malgré des investissements lourds, les fermiers locaux ont réussi en luttant contre la dégradation de l'environnement et la pauvreté en pratiquant la méthode agro-forestière connue sous le nom de « régénération gérée par le fermier ».

Source : Tougiani, Guero et Rinaudo 2009

## **V. Les contributions prospectives des forêts tropicales à l'atténuation du changement climatique en 2050**

En extrapolant ce qui est connu du statut des différentes aires forestières en 2010 et à propos des impacts potentiels des différents types de pratiques managériales dans le temps, les projections générales de ces impacts pour 2050 dépendent de plusieurs facteurs et sont de ce fait difficiles à quantifier. Toutefois, il est possible de quantifier les impacts de différentes options de management forestier disponibles aujourd'hui et d'extrapoler les impacts cumulatifs. Ils constituent des projections générales visant à cerner l'amplitude que les divers modes d'usage des forêts auront sur les émissions de carbone pendant les quatre prochaines décennies qui seront essentielles pour atténuer les changements climatiques. Seuls les effets de substitution et le stockage du carbone dans les forêts sont estimés ; le stockage dans les produits-bois n'est pas estimé, car les méthodologies afférentes sont encore en développement. Un premier aperçu du contraste entre la référence 2010 et la prospective la plus « ambitieuse » de 2050 mérite l'attention du lecteur.

En 2010, environ 2,8 millions de tonnes de carbone étaient relâchées dans l'atmosphère du fait de la déforestation et de la dégradation d'origine humaine. La croissance qui suit la dégradation étant estimée à 1,72 milliard de tonnes de carbone, l'émission nette due à la déforestation est ramenée à 1,2 milliard de tonnes, effectivement deux fois le montant de carbone séquestré par les plantations (314 millions de tonnes de carbone) additionnée à l'estimation de la substitution de carbone fossile que permet l'usage des produits ligneux dans les tropiques (374 millions de tonnes de carbone).

En considérant le scénario le plus ambitieux, la projection pour 2050 reflète un potentiel fondamental d'évolution vers les économies vertes. Dans une telle hypothèse, les usages du bois, issus de forêts permanentes, restaurées et gérées de façon durable, de reboisements ou encore de plantations agro-forestières, apportent une contribution considérable à l'atténuation du changement climatique. En supplément de la réduction des émissions obtenue à travers la gestion améliorée des forêts, le graphe reflète aussi de hauts niveaux de substitution de carburants fossiles par la biomasse (3,8 milliards de tonnes de carbone d'origine fossile), tout en séquestrant 1,3 milliard de tonnes de carbone annuellement. Cette seule substitution, alimentant des économies vertes, serait plus importante en 2050 que la quantité totale de carbone relâchée dans l'atmosphère par la déforestation et la dégradation quatre décennies plus tôt, en 2010 !

Il est intéressant d'analyser plus précisément trois domaines d'intervention forestière à impact particulièrement fort.

### **V.1. La restauration des forêts dégradées en 2050**

En 2010 les forêts tropicales dégradées représentaient environ 806 millions d'hectares (GPFLR 2011). La particularité de ces forêts est qu'elles continuent à produire du bois et séquestrer du carbone, ce qui les distingue fondamentalement des friches. En moyenne, ces zones produiraient aux environs de 3,6 m<sup>3</sup> de bois par hectare et par an, amenant la production annuelle de ces forêts dégradées à environ à 1,6 milliard de m<sup>3</sup> - dont 1,3 milliard de m<sup>3</sup> en tant que bois de chauffage et 154 millions de m<sup>3</sup> de bois ronds industriels. Ensemble ils pourront se substituer à environ 400 millions de tonnes de

carburants fossiles équivalents. Environ 1,72 milliard de m<sup>3</sup> de carbone sont stockés dans les forêts dégradées dans les tropiques (Y. Pan et al 2011). Ce stockage du carbone peut être divisé environ également entre un montant estimé de 403 millions d'hectares de concessions et environ 404 millions d'hectares dans d'autres forêts dégradées (ITTO 2011 ; WRI 2009). Etant donné le taux actuel de déforestation des forêts dégradées, il est projeté que leur aire totale devrait décroître de 806 à 657 millions d'hectares d'ici 2050.

De 2010 à 2050, il est projeté que la surface des forêts dégradées dédiée aux concessions resterait stable à 403 millions d'hectares, et qu'à cette date les concessions ne seraient plus établies nouvellement en forêts primaires. Il est prévu que la productivité de récoltes pourrait monter jusqu'à 3 m<sup>3</sup> par hectare et par an, ce qui amènerait le total exploité à 1,2 milliard de m<sup>3</sup> en forêts concédées. 900 millions de m<sup>3</sup> de cette exploitation pourraient être dédiés à la production de biomasse pour l'énergie, 300 millions de m<sup>3</sup> iraient à la production de bois ronds industriels. Le taux de re-croissance ultérieure serait réduit de 860 millions de tonnes de carbone à 657 millions, du fait notamment de la réduction des surfaces.

Les forêts dégradées en dehors des concessions, comprenant les zones de grands territoires et les zones de type mosaïque, sont beaucoup plus vulnérables à l'exploitation illégale et aux autres activités associées à la déforestation. La gestion durable basée sur les communautés et les communes en est encore aux prémices, et les efforts de REDD+ doivent davantage se focaliser sur ces zones et les zones environnantes de façon à diminuer et arrêter un jour le changement d'affectation des sols. Ces forêts dégradées sans concessions diminueraient pour se stabiliser à 254 millions d'hectares d'ici 2050. Le volume exploité dans ces zones dégradées en dehors des concessions serait de 840 millions de m<sup>3</sup> dont une grande majorité - 770 millions de m<sup>3</sup> - utilisée pour le bois de feu (au lieu de 1,5 millions de m<sup>3</sup> actuellement). Ceci conduit à 73 millions de tonnes d'émissions évitées, qui s'additionnent à la re-croissance de 714 millions de tonnes, sur seulement 254 millions d'hectares.

En supplément de leur importance significative pour l'atténuation climatique à travers la séquestration du carbone, les forêts dégradées sont aussi des zones extrêmement importantes pour la Conservation de la biodiversité, et en conséquence pour l'adaptation au changement climatique. Pour la Convention sur la biodiversité (CBD) cette valeur est mesurée dans une perspective de plus court terme que 2050 - notamment dans l'Aichi Biodiversity Targets - établi pour 2020. Parmi ceux-ci l'objectif n°15 stipule en particulier : « D'ici 2020, la résilience des écosystèmes et la contribution de la biodiversité au stock de carbone ont été augmentées à travers la conservation et la restauration incluant la restauration d'au moins 15 % des écosystèmes dégradés, contribuant ce faisant à l'atténuation, à l'adaptation et à la lutte contre la désertification ».

## **V.2. Les forêts plantées d'ici 2050**

Actuellement, en 2010, une estimation de 151 millions d'hectares de forêts plantées étaient utilisées pour la production d'environ 158 millions de m<sup>3</sup> de bois d'œuvre ou de bois d'industrie. Des projections pour 2050 supposent d'étendre cette aire à 500 millions d'hectares et de diversifier la production vers le bois de feu et la biomasse en supplément du bois d'œuvre et du bois d'industrie pour une production totale de 10 milliards de m<sup>3</sup> de bois.

1 300 millions de tonnes de carbone seraient stockées annuellement dans les plantations, comparées à 374 millions en 2010. Plus significatif, 2,6 milliards de tonnes de carbone fossile seraient substituées, comparés aux 54 millions de tonnes substitués en 2010.

### **V.3. L'agroforesterie d'ici 2050**

Il est projeté de pratiquer l'agroforesterie sur 750 millions d'hectares. Additionnés aux plantations, ces territoires pourraient fournir au moins 40 % des nouveaux besoins en énergie des pays en développement, principalement sous la forme d'électricité (Hawksworth 2006). A cette échelle, l'agroforesterie est aussi un élément essentiel de l'agriculture durable à travers ses effets sur la fertilité du sol.

N.B. : L'atténuation par le stockage du bois dans ses usages, estimé à 36 000 tonnes de carbone par an par Y. Pan n'est pas inclus dans cette simulation.

### **V.4. Perspective globale**

Au total, les 2,8 milliards de tonnes d'émissions annuelles de carbone qui mobilisent l'attention de REDD+ représentent 35 % du défi d'atténuation totale par les forêts tropicales. Plus de la moitié de ce défi peut être atteint par la gestion durable des forêts dégradées, par la plantation d'arbres sur des friches et l'économie des résidus d'exploitation. L'effet de substitution actuelle des plantations est deux fois supérieur à leur effet de stockage. En Chine, 2 millions d'hectares de forêts sont plantées chaque année et, bien que ces forêts pourraient bénéficier de pratiques plus durables, l'échelle d'amplitude qu'elles représentent est considérable. Si tous les pays tropicaux plantaient à ce rythme, alors 20 millions d'hectares seraient plantés annuellement. Le scénario agroforestier et forestier décrit plus haut additionnerait alors 18 millions d'hectares par an d'agro-forêts à 12 millions d'hectares de plantations. Quant autant d'arbres et de plantations agro-forestières sont intégrés à bon escient dans leur environnement et efficacement valorisés pour les nombreux débouchés potentiels du bois en la production d'énergie, ils peuvent être des leviers majeurs dans l'atteinte des besoins énergétiques et alimentaires et à la fois alléger la pression sur les forêts naturelles.

Figure 2: Usage du sol (millions d'hectares)

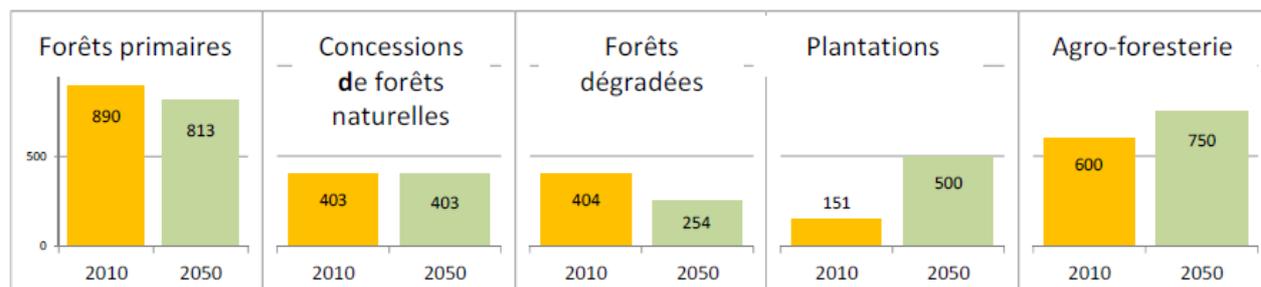


Figure 3: Rendements (m3 par ha et par an)

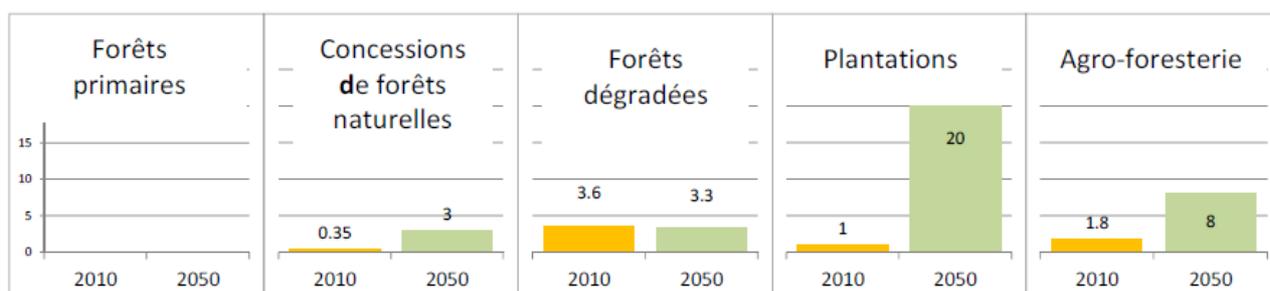


Figure 4: Substitution aux énergies fossiles (millions de tonnes par an)

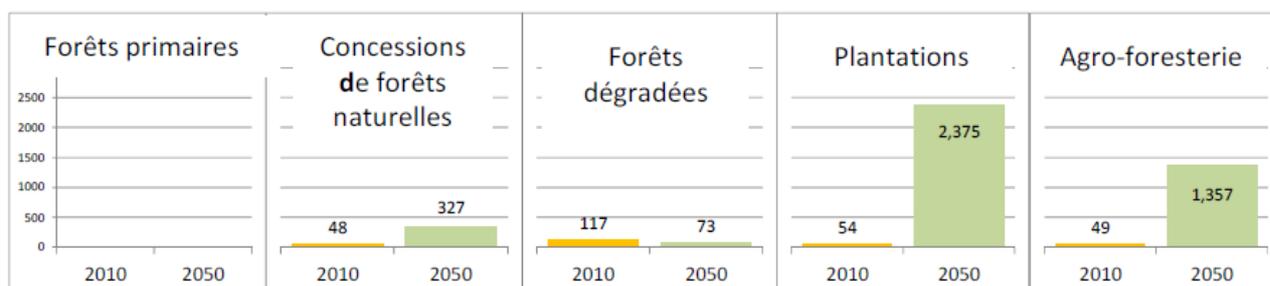


Figure 6 : Stockage du carbone en forêt (millions de tonnes de carbone par an)

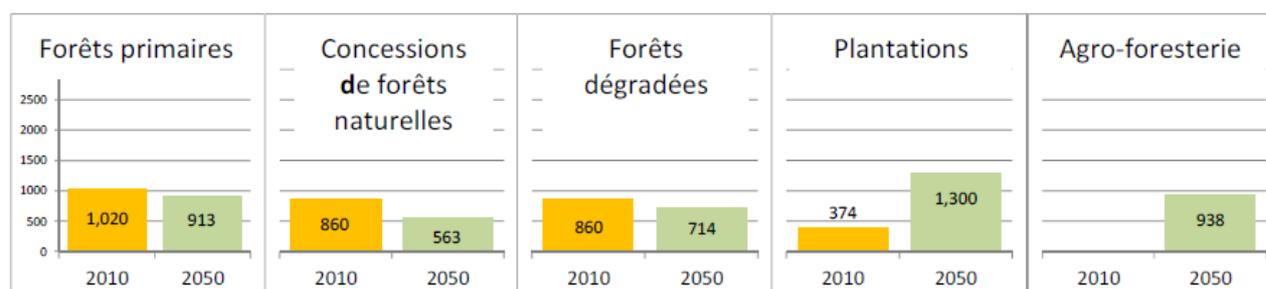
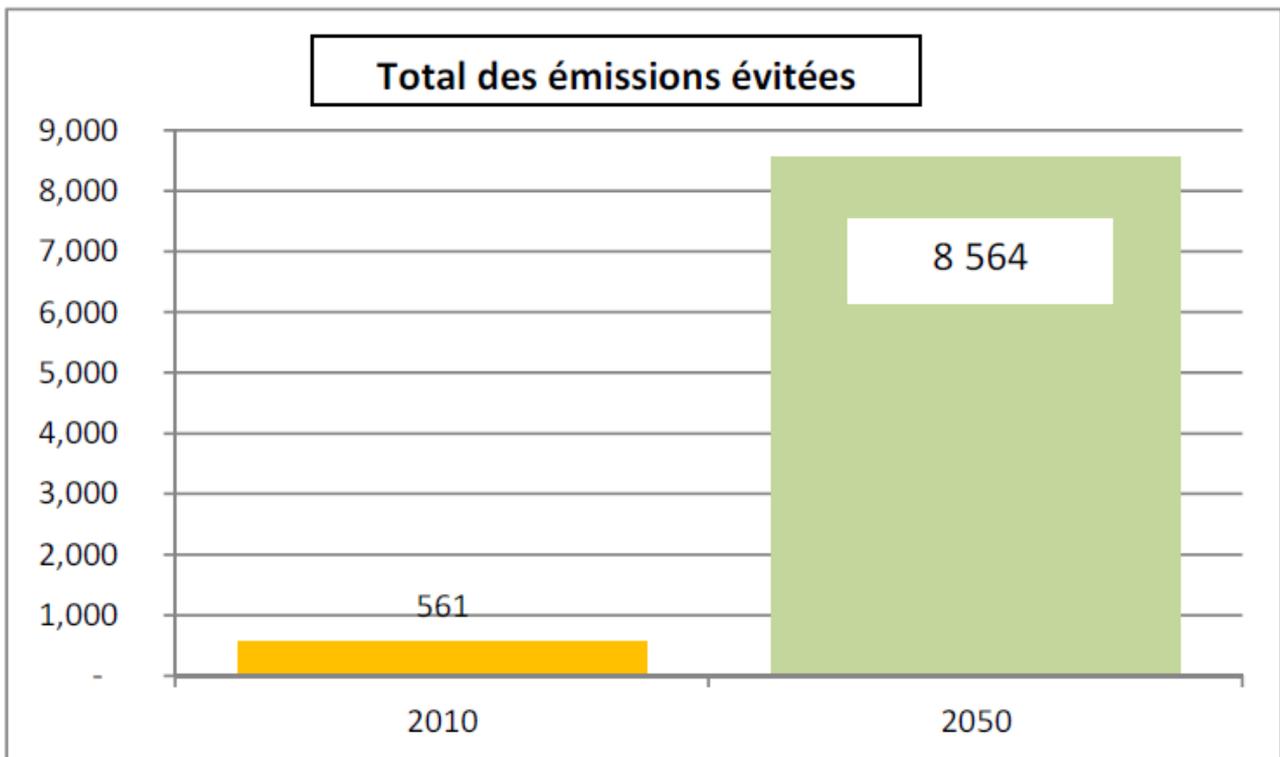


Figure 7 Emissions totales évitées (millions de tonnes de carbone par an)



(Cf. en annexe 3 un tableau de calcul détaillé)

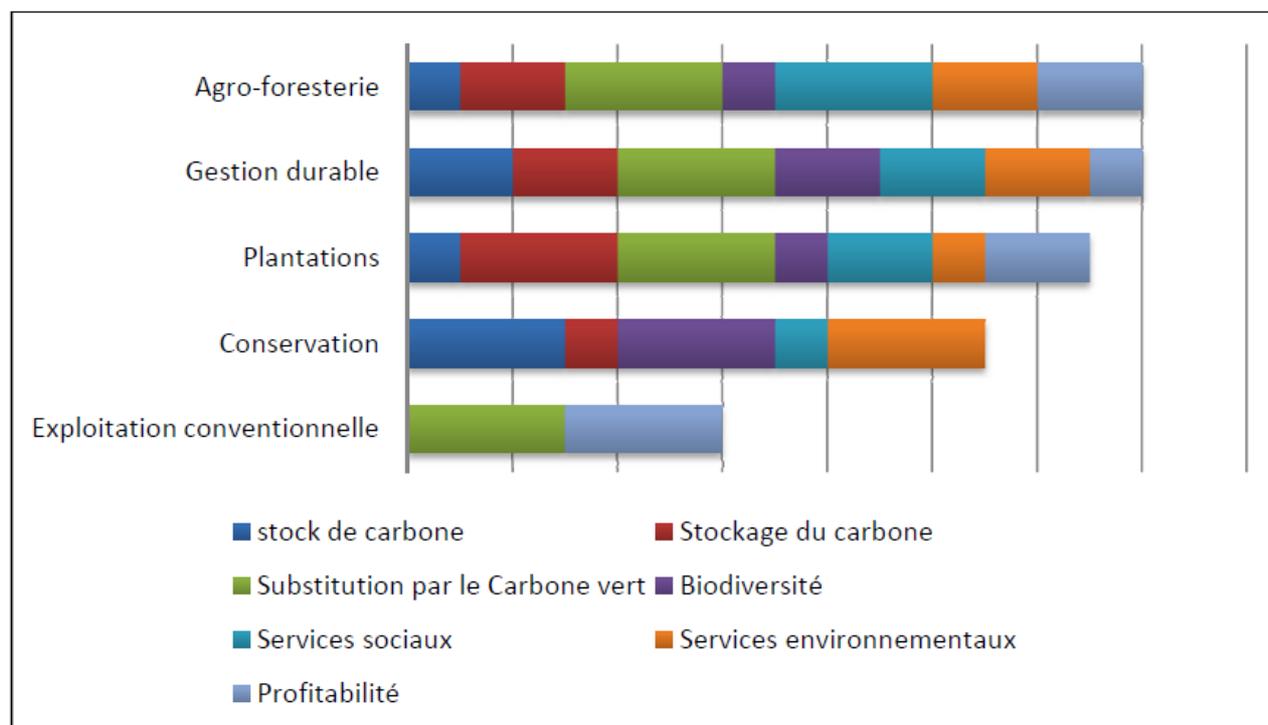
## VI. Avantages, inconvénients et bénéfices multiples

Les services environnementaux, le rôle social et les fonctions économiques procurés par la forêt doivent d'être considérés simultanément.

Orienter les forêts vers un rôle essentiel de pilier de l'économie verte, maintenir et capitaliser toute une série de services qu'elles procurent aux niveaux local et mondial et les gérer durablement ne va pas seulement contribuer à une meilleure atténuation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, mais va également procurer des emplois et des biens de consommation, soulager la pauvreté et conserver une biodiversité essentielle. Ceci doit être considéré simultanément de même que les choix et les équilibres à trouver entre des objectifs de court terme et ceux du long terme. Cela permet de situer dans un paysage plus complet que de considérer chaque pratique ou service séparément.

Une représentation qualitative et simple comme celle de la matrice suivante peut être utile à cet effet ; dans celle-ci, les forces et faiblesses de chaque pratique de gestion sont figurées. L'exploitation conventionnelle, par exemple, a un grand potentiel d'ajouter un grand volume de carbone aux produits forestiers, générant d'importants profits pour les investisseurs. Son coût, eu égard aux autres critères, est toutefois très élevé. La gestion durable des forêts et l'agroforesterie, quant à elles, comportent de nombreux bénéfices, avec certains inconvénients économiques.

Figure 8: Les bénéfices multiples des pratiques forestières multifonctionnelles



Le cumul des avantages et inconvénients des divers usages forestiers permet de mieux se représenter l'ensemble des bénéfices. La forêt peut être gérée pour procurer simultanément de nombreux bénéfices même si un seul objectif détermine souvent comment la forêt est utilisée - la motivation du profit dans le cadre de l'exploitation conventionnelle et les plantations boisées. La gestion forestière durable et l'agroforesterie en particulier ressortent comme des usages des forêts qui génèrent de multiples bénéfices – encore appelés triples gains de l'amélioration des conditions de vie, de l'atténuation climatique et de l'augmentation de la résilience au changement climatique. Les plantations forestières sont aussi à même de produire de nombreux bénéfices lorsque certaines considérations sont prises en compte. Ceci inclut l'usage du sol antérieurement à la plantation, quelles espèces ont été plantées et avec quelle disposition et enfin, la faculté de ces opérations à générer des emplois ou des sources de revenu pour les petits propriétaires souhaitant produire sur leurs propres parcelles.

Les surfaces gérées durablement sous les tropiques augmentent progressivement, et des politiques bien informées pourraient tabler sur ces progrès et les stimuler. Elles pourraient rendre les pratiques de gestion sommaires, comme celles de l'exploitation conventionnelle, moins attirantes, tout en incitant davantage les opérateurs à adopter des pratiques de gestion durables. Les systèmes de certification et ceux destinés à vérifier la légalité des sources de bois dont ils sont issus se développent. Toutefois sans une demande très forte des marchés des consommateurs au niveau international, il sera difficile de donner des incitations aux producteurs pour des évolutions rapides dans ce sens. Dans l'Union européenne, la loi sur le commerce illégal du bois et le plan d'action FLEGT (Forest Law Enforcement, Governance and Trade Action Plan), de même que plusieurs politiques d'approvisionnement dans les secteurs public et privé constituent l'essentiel des stratégies réduisant l'intérêt des produits de l'exploitation conventionnelle sur les marchés internationaux. Aux États-Unis, le Lacey Act participe de la même logique.

En dépit de ces initiatives intéressantes, plus de 90 % des forêts tropicales sont toujours mal ou non-gérées, selon le récent rapport de l'OIBT : « Statuts de la gestion des forêts tropicales 2011 ». La gestion durable des forêts dans les tropiques reste moins profitable à court terme que d'autres usages concurrents comme l'agriculture et les mines. Des incertitudes sur la propriété du sol et des arbres et le manque de signaux clairs du marché continuent à être une barrière importante pour la gestion durable des forêts à travers la plupart des tropiques. La gouvernance forestière et la capacité à faire appliquer la loi sont souvent une faiblesse des gouvernements locaux. La connaissance des opportunités et des risques du secteur forestier est souvent limitée au sein des décideurs publics, de même la capacité de créer un environnement favorable à des formes de gestion plus durable des forêts (SCBD 2008).

De même, l'accroissement des zones forestières dans de nombreux pays tropicaux, qui a résulté de l'établissement de nouvelles plantations, mérite certaines précisions. Certaines plantations d'arbres établies dans les années 80, par exemple, ont échoué en raison d'une gestion insuffisante et un manque d'appropriation par les communautés locales. Le succès de la gestion des espèces d'arbres tropicaux en plantation repose essentiellement sur des interventions sylvicoles dynamiques et régulières (Kanninen et al. 2004). La gestion améliorée de ces plantations forestières peut conduire à des impacts climatiques positifs. Sur le long terme, il est vraisemblable que la demande en bois durs tropicaux issus de plantations va dépasser l'offre de ces produits. Les plantations de bois tropicaux devront donc produire des volumes de plus en plus importants dans les décennies à venir. L'excellent potentiel de débouchés que ce

scénario implique représente une opportunité majeure d'augmenter les revenus et retours sur investissements ainsi que de remplacer l'usage de produits fossiles par l'usage des bois (Varmola et Carle 2002). Saisir cette opportunité peut inciter fortement les investisseurs à s'assurer que la production de leur plantation sera durable (Ince 2010).

La combinaison de ressources forestières déclinantes et la demande croissante de produits forestiers de la part de populations de plus en plus nombreuses et au revenu croissant, s'ajoutant à la compétition croissante pour d'autres usages du sol renforce l'urgence des dialogues nationaux et internationaux traitant des ressources forestières et du climat. Tandis que la nécessité de trouver des solutions est de plus en plus pressante, les arguments qui dévaluent ou écartent le rôle des forêts pour le bien-être des populations ou la protection de l'environnement risquent d'être considérés comme irréalistes et inextricables. Des décisions propres à chaque territoire concernant la manière de mettre en valeur les forêts doivent être prises de façon plus intégrée et plus équilibrée. En élargissant le faisceau éclairant nos modes de gestion des forêts, en les considérant comme parties prenantes de terroirs multifonctionnels où les marchés affectent une réelle valeur économique aux services environnementaux, d'importantes opportunités de prise en compte simultanée de l'économie et des impératifs environnementaux peuvent émerger.

Des recherches récentes (Zhongwei, Lin et Yiming 2010) ont montré qu'il y avait une corrélation très positive entre le bien-être des populations et la qualité des services écosystémiques. Dans les pays en développement en particulier, où une proportion significative de la croissance économique repose directement sur les ressources naturelles, l'amélioration de leur gestion pour assurer un meilleur flux de services est une priorité. Si ce lien est négligé et si la ressource de base est amenée à décliner, l'opportunité de tabler sur des usages alternatifs des forêts commencera à se refermer assez rapidement, comme les conséquences pour le développement autant économique que social. Aucune population ne sera plus exposée à ces conséquences que les populations rurales pauvres (OCDE 2008). La disparition des stocks de ressources naturelles et les voies de développement économique non durables qui se font jour à travers la plupart du monde en développement renforcent l'immédiateté des risques humains (Arrow 2010).

La relation directe entre pauvreté et disparition des ressources naturelles est maintenant empiriquement validée. Des agences de développement international, qui s'engagent à atteindre les objectifs du millénaire, considèrent intuitivement l'investissement dans le capital naturel comme part intégrante de leurs missions et agendas. Toutefois, au plan de l'économie mondiale, au sein de laquelle les agences de développement comptent pour une part minuscule du capital d'investissement qui transite entre les pays, les marchés ont été peu réactifs à internaliser les valeurs associées à ces biens publics. Étendre l'atténuation climatique des forêts pour englober les effets de la substitution et du stockage du carbone dans les produits ne constitue pas seulement une meilleure comptabilité de l'action des forêts vis-à-vis du climat, cela place les forêts au centre de la nouvelle économie verte. Notre vision de la nouvelle économie verte deviendra alors plus claire et complète, comme notre vision du chemin à parcourir. Dans cette vision, le pont vers une économie verte est largement constitué de bois.



## VII Conclusions

Les questions forestières retiennent l'attention politique nationale et internationale à un niveau jamais atteint. Dans de nombreux pays tropicaux des projets pilotes REDD+ et des décideurs élaborent des stratégies nationales REDD+. Des bailleurs de fonds promettent de les financer à hauteur d'environ 6 milliards de dollars, ce qui reflète l'importance que la communauté internationale pour le développement accorde aux forêts comme facteur essentiel de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique (REDD+ Partnership, 2012).

Les auteurs de ce document espèrent que davantage de décideurs politiques seront persuadés de considérer le carbone forestier strictement en terme de conservation, et, dans cette perspective, en termes financiers. Ces deux attitudes sont très sélectives et ont limité la manière avec laquelle les gouvernements et les agences internationales ont appréhendé le rôle des forêts dans l'atténuation du changement climatique. L'élargissement de la vision du rôle des forêts ouvre un menu d'options beaucoup plus complet.

Celles-ci incluent les politiques et les activités qui encouragent l'usage des matériaux recyclés (particulièrement le bois et les papiers). Elles comprennent des politiques d'incitations, de plantations pour le bois-énergie, et les autres initiatives qui englobent les effets de substitution dans les produits et les sources d'énergies. Elles s'intéressent à l'efficience des foyers et l'utilisation des analyses de cycles de vie des diverses pratiques forestières, voie de recherche prometteuse.

Surtout, ces options doivent se présenter comme **des opportunités de développement** dans un contexte où beaucoup de pays en développement perçoivent la réduction des émissions de la déforestation et de la dégradation forestière comme une série de contraintes et de proscriptions.

Elles représentent un potentiel d'atténuation de 8 milliards de tonnes de carbone annuellement, dont la moitié pour l'effet de substitution, ce qui est un maximum théorique. En termes pratiques, de nombreuses conditions sont à réunir pour l'atteindre. Mais l'atteinte d'une partie substantielle de cette somme apporterait des bénéfices considérables. REDD+ se présente ici comme une étape prometteuse, mais transitoire, dans cette vision élargie.

Pour que cette REDD+ élargie atteigne son potentiel plénier, il semble essentiel de s'assurer de la transition d'une économie dépendante des carburants fossiles vers une économie plus verte. Ses principaux mécanismes doivent apporter des bénéfices à la fois aux populations locales et à l'environnement mondial afin d'être durable dans le temps.

Des stratégies environnementales qui omettent ou négligent les demandes sociales (et vice-versa) doivent être discréditées et finalement rejetées. Et le plus possible de personnes - les peuples dépendants de la forêt en particulier - doivent comprendre le pourquoi, car leur participation active et leur coopération est le principal facteur pour la détermination de l'usage des forêts. Ceci implique que leurs vues soient légitimées, comme la reconnaissance et l'intégration de leurs priorités et de leurs souhaits. Des décisions tombant par décret, leur apparaissant comme arbitraires, ont bien peu de chances d'être mises en œuvre.

Si les moyens de subsistance de millions de personnes dépendant de la forêt sont négligés ou méprisés, les interventions auront des portées sociales telles qu'elles seront inopérantes. Si les services environnementaux et l'intégrité de la ressource naturelle sont négligés, alors la fourniture de moyens de subsistances sera elle aussi de courte durée.

L'accroissement et la protection des stocks de carbone dans les forêts existantes et nouvelles, ce qui a été le principal centre d'intérêt du dialogue international sur les forêts et le changement climatique, restera sans aucun doute un sujet important de l'agenda sur le changement climatique. Ce sujet ne peut néanmoins être le seul objectif du faisceau des initiatives qui s'appuient sur les forêts pour atténuer le changement climatique. Cette approche est trop étroite.

Elle tend non seulement à négliger partiellement, voire totalement, les aspects sociaux et économiques, mais elle néglige entièrement les avantages massifs de la gestion des forêts orientées expressément pour la substitution aux énergies fossiles par le bois-énergie et le matériau-bois à faibles intensités énergétiques.

Amener les effets de substitution des produits-bois sans équivoque dans l'équation du carbone est une prochaine étape majeure vers l'avènement des économies vertes.

## **Annexes**



## Annexe 1 : comparaison de l'exploitation traditionnelle et de l'exploitation à impacts réduits

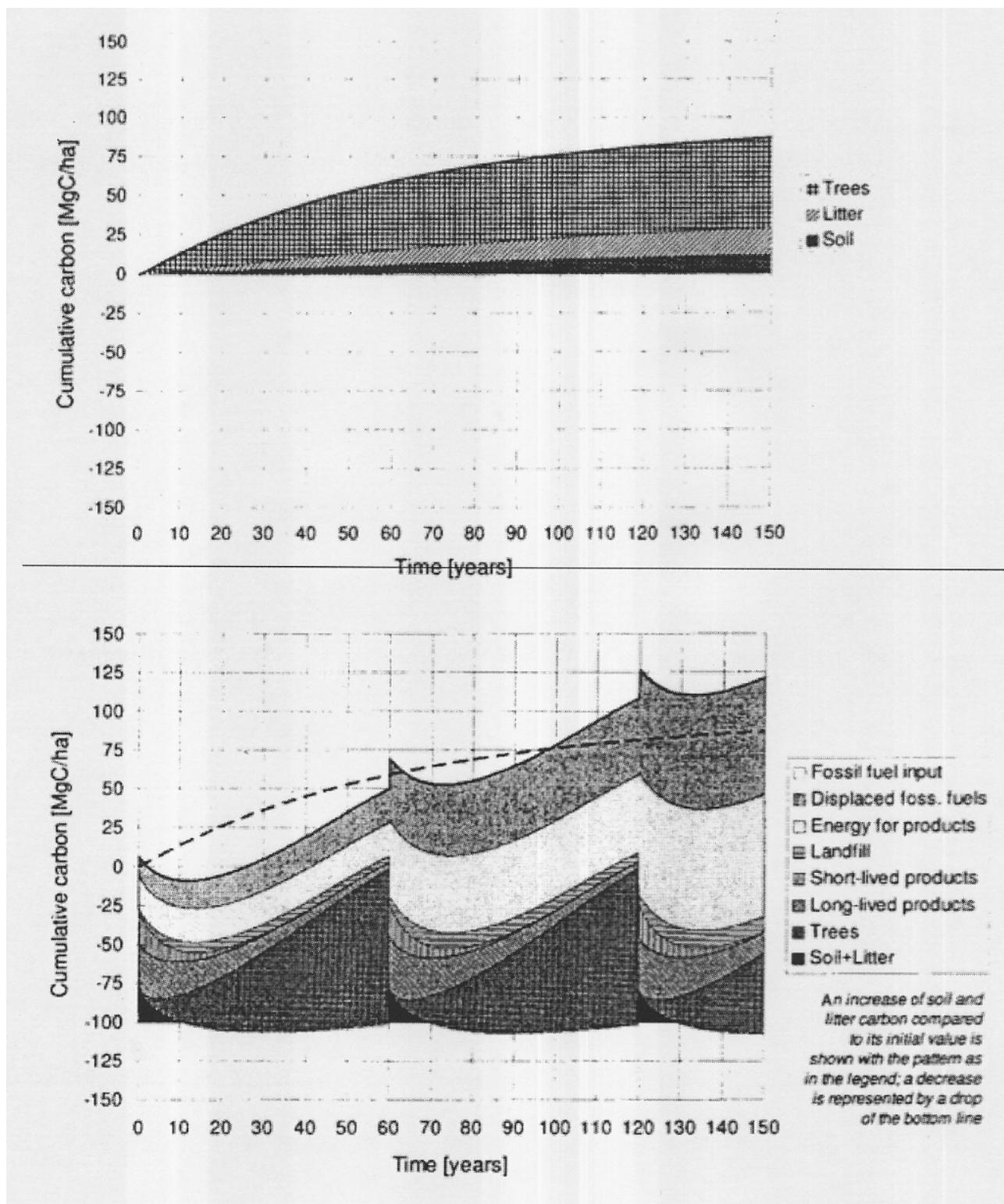
	Exploitation traditionnelle				Exploitation à impacts réduits									
	a		b		a		b		c		d		e	
	Par passage	Par an	Par passage	Par an	Par passage	Par an	Par passage	Par an	Par passage	Par an	Par passage	Par an	Par passage	Par an
Exploitation grumes (m <sup>3</sup> )	10	0.33	20	0.67	10	0.33	20	0.67	10	0.67	15	1	20	
Routes (% du stock)	1.5	0.05	1.5	0.05	1.3	0.04	1.3	0.04	0	0	0	0	0	
Dégâts (%) (3)	7	0.23	14	0.47	4.2	0.14	8.4	0.28	4.2	0.28	6.3	0.42	8.4	
Dégâts totaux(%)	8.5	0.28	15.5	0.52	5.5	0.18	9.7	0.32	4.2	0.28	6.3	0.42	8.4	
Houppiers (en m <sup>3</sup> ) (4)	7	0.23	14	0.47	7	0.23	14	0.47	7	0.47	10.5	0.70	14	
Petits bois (en m <sup>3</sup> ) (5)	74	2.47	136	4.55	50.5	1.68	90.6	3.02	40.2	2.68	60.3	4.02	80	
Prélèvement total (en m <sup>3</sup> )	84.2	2.8	156.5	5.2	60.5	2.0	110.6	3.7	50.2	3.3	75.3	5.0	100.4	
Petits bois /grumes	7.4	7.4	6.8	6.8	5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
	Rotation de 30 ans								Rotation de 15ans					

Source: Calculs de Michel de Galbert en lien avec Bernard Cassagne de Forest Resources Management.

Commentaire: des exploitations à impacts réduits effectuées plus régulièrement, réduisent le prélèvement total par passage, tout en augmentant la production de grumes (évolution à accompagner par une diversification des essences). Cette forme d' "intensification" relative peut contribuer à épargner la forêt primaire.



**Annexe 2 : Comparaison des effets totaux cumulés d'atténuation  
d'une forêt plantée (figure du haut) et totalement conservée dans le temps,  
sans exploitation, et de la même forêt plantée (figure du bas), mais exploitée et  
gérée durablement**



Dans un premier temps le stockage de la forêt en croissance, non exploitée, (figure du haut) fait plus pour atténuer le climat ; dans un deuxième temps (figure du bas), les bénéfices d'atténuation de la gestion forestière dépassent ceux de la conservation intégrale, et cela, indéfiniment.



### Annexe 3 : potentiel de mitigation par la forêt sous les tropiques

Ref	USAGE DU SOL	Date	POTENTIEL DE MITIGATION PAR LA FORET SOUS LES TROPIQUES						STOCKAGE EN FORET	TOTAL EMISSIONS EVITEES	
			SURFACE	RENDEMENTS	CONSOMMATION (2010) ET POTENTIEL (2050)			SUBSTITUTION AU CARBONE FOSSILE			DEFORESTATION & DEGRADATION
					Bois industriel	Bois de feu	Biomasse pour l'énergie				
			Mha	M3 /ha	Mm3	Mm3	Mm3	MtC	MtC	MtC	MtC
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Forêts primaires	2010	890						0	1020	1020
		2050	813						0	913	913
2	Concessions en forêt naturelles	2010	403	0,35	140	0		48	-174	860	734
		2050	403	3,0	300		900	327		563	890
3	Forêts dégradées	2010	404	3,6	154	1310		117	-2646	860	-1669
		2050	254	3,3	70	770		73	0	714	787
4	Plantations de forêts	2010	151	1,0	158			54		374	428
		2050	500	20,0	250	770	8980	2379		1300	3679
5	Agro-foresterie	2010	600	1,8		1000		49			49
		2050	750	8		770	5230	1357		938	2294
6	TOTAL GENERAL	2010	1848		452	2310		267	-2820	3114	561
		2050	2720		620	2310	15110	4136	0	4428	8564
	AMELIORATION		872		168	0	15110	3869	2820	1313	8002
	% de l'amélioration totale							48,4	35,2	16,4	

Source : Calculs Michel de Galbert

Près de 50 % des progrès d'atténuation par la forêt dans les tropiques peuvent être atteints par les plantations et l'agroforesterie, 35 % en arrêtant la déforestation, et 16 % par l'effet de stockage, qui reste un effet temporaire.



## Bibliographie

Albrecht, Alain and Serigne T. Kandji. 2003. Review: "Carbon Sequestration in Tropical Agroforestry Systems" in *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 99, pp. 15–27

Angelsen, A., Wertz-Kanounnikoff, S., 2008. „What are the key design issues for REDD and the criteria for assessing options?" in Angelsen, A. (ed.), *Moving Ahead with REDD: Issues, Options and Implications*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.

Arrow, Kenneth J., Partha Dasgupta, Lawrence H. Goulder, Kevin J. Mumford, Kirsten Oleson. 2010. *Sustainability and the Measurement of Wealth*. NBER Working Paper Series 16599. National Bureau of Economic Research. Cambridge, MA.

Bacha, Carlos José Caetano, Luiz Carlos Estraviz Rodriguez. 2007. "Profitability and Social Impacts of Reduced Impact Logging in the Tapajós National Forest, Brazil – A Case Study," in *Ecological Economics* No. 63, pp. 70-77

Baral and Guha. 2004. "Trees for carbon sequestration or fossil fuel substitution: the issue of cost vs. carbon benefits," in *Biomass and Bioenergy* 27, pp. 41–55.

Biocarbon Fund. 2011. *Biocarbon Fund Experience: Insights from Afforestation and Reforestation Clean Development Mechanism Projects*. Carbon Finance at the World Bank, Washington, DC.

Blaser, J., Sarre, A., Poore, D. & Johnson, S. 2011. "Status of Tropical Forest Management 2011." ITTO Technical Series No 38. International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japan.

Bergman, Rick, Maureen Puettmann and Adam Taylor. 2011. "Carbon Impacts of Wood Products." US Forest Service and the Center for Renewable Carbon at the University of Tennessee Institute of Agriculture

Boscolo and Vincent. 1998. "Promoting better logging practices in tropical forests: a simulation analysis of alternative regulations." *Development Discussion Paper 652*, Harvard Institute for International Development, September.

Brown, Sarah. 2002. "Changes in the use and management of forests for abating carbon emissions: issues and challenges under the Kyoto Protocol" doi: 10.1098/rsta.2002.1021Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 2002 360, 1593-1605

Butcher, Paula Nicole, James Michael Howard, James Stephen Regetz, Brice Xavier Semmens and Mark Alexander Vincent. 2002. "Evaluating the Carbon Sequestration Potential of Tropical Forests." Donald Bren School of Environmental Science and Management.

Chabbert, J. and Priyadi, H. 2000. "Exploitation à faible impact (EFI) dans une forêt à Bornéo" in *Bois et Forêts des Tropiques*, 269.

Cushion, Elizabeth, Adrian Whiteman and Gerhard Dieterle. 2010. *Bioenergy Development: Issues and Impacts for Poverty and Natural Resources Management*. The World Bank. Washington, DC.

Cuvilas et al., 2010. "Energy Situation in Mozambique: A Review" in Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, pp. 2139–2146

de Galbert, Michel. 2011. Personal communication with Sebastien Delion of Wijma Cameroun S.A.

De Jong, Bernardus H. J., Omar Masera and Tomás Hernández-Tejeda. 2004. Opciones de captura de carbono en el sector forestal. In Cambio Climático: una Visión desde México. A. Fernandez, J. Martinez, and P. Osnaya, eds. Mexico: Instituto Nacional de Ecología.

Denman, K. L. et al, 2007. The Physical Science Basis (in IPCC Climate Change 2007: eds Solomon, S. et al.) pp. 499–587, Cambridge University Press

Macqueen, Duncan, James Mayer and Hannah Reid. 2004. Could Wood Combat Climate Change? And Could This Help Sustainable Development? International Institute for Environment and Development (IIED). London.

Elias, 1999. "Introducing a Manual on Reduced Impact Timber Harvesting in the Indonesian Selective Cutting and Planting System" in ITTO Tropical Forestry Update, 9(3): 26-30.

European Commission Joint Research Centre - Netherlands Environmental Assessment Agency, Emissions Database for Global Atmospheric Research 4.0 (2009)

Evans, Julian and John W. Turnbull. 2010. Plantation Forestry in the Tropics. 3<sup>rd</sup> Edition. Oxford University Press. New York.

FAO. 2011. State of the World's Forests. Rome.

FAO. 2010. What Woodfuels Can Do to Mitigate Climate Change. FAO Forestry Paper 162. Rome.

FAO. 2009. Making Sustainable Bio-fuels work for smallholder farmers and rural households: Issues and Perspectives. Rome.

FAO. 2008. Forests and Energy: Key Issues. FAO Forestry Paper 154. Rome.

FAO. 2006. Better Forestry, Less Poverty: A Practitioner's Guide. Rome.

FAO. 2002. Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management. International conference proceedings, 26 February to 1 March 2001, Kuching, Malaysia

Ferguson, I., La Fontaine, B., Vinden, P., Bren, L., Hateley, R. and Hermesec, B. 1996. Environmental Properties of Timber, Research Paper commissioned by the Forest & Wood Products Research & Development Corporation.

Garrity, D. and Verchot, L. 2008. Meeting the Challenges of Climate Change and Poverty through Agroforestry. World Agroforestry Centre, Nairobi.

GIZ. 2011. Biodiversity and Livelihoods: REDD-plus Benefits. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit. Montreal, 44

GPFLR. 2011. A World of Opportunity. Information brief for the Bonn Challenge on Forests, Climate Change and Biodiversity. The Global Partnership on Forest Landscape Restoration.

Guariguata M., Cornelius J., Locatelli B., Forner C., Sánchez-Azofeifa G.A., 2008. "Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change" in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 793–808.

Gullison, Raymond E., Peter C. Frumhoff, Josep G. Canadell, Christopher B. Field, Daniel C. Nepstad, Katharine Hayhoe, Roni Avissar, Lisa M. Curran, Pierre Friedlingstein, Chris D. Jones, and Carlos Nobre. 2007. "Tropical Forests and Science Policy" in *Science* 18 May 2007: 985-986.

Hawksworth, John. 2006. "The World in 2050: implications of global growth for carbon emissions and climate change policy". Pricewaterhouse Coopers. Available at: <http://www.pwc.com/gx/en/world-2050/pdf/world2050carbon.pdf>

Hamilton, Jason G., Evan H. DeLucia, Kate George, Shawna L. Naidu, Adrien C. Finzi and William H. Schlesinger. 2002. "Forest Carbon Balance under Elevated CO<sub>2</sub>," in *Oecologia* 131: pp. 250-260, Springer-Verlag.

Holloway and Giandomenico. 2009. The History of REDD Policy. Carbon Planet White Paper. Carbon Planet Ltd. Adelaide.

Houghten. 2005. "Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance" in *Global Change Biology*, Vol. 11, pp. 945–95

ICRAF. 2009. Creating an evergreen Agriculture in Africa for food security and environmental resilience. Nairobi.

IEA Bioenergy. 2011. Bioenergy, Land Use Change and Climate Change Mitigation.

IEA Energy. 2010. Key World Energy Statistics. x

Ince, P., 2010. Global Sustainable Timber Supply and Demand. U.S. Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI

IPCC. 2007. "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge University Press. New York.

IUCN. 2009. Ecosystem-based Adaptation (EbA): Policy briefing for the fifth session of the UNFCCC Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA). International Union for Conservation of Nature.

Kanninen, M., D. Pérez, M. Montero and E. Viquez. 2004. Intensity and timing of the first thinning of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica: results of a thinning trial. *Forest Ecology and Management*, Vol. 203(1-3), pp. 89-99.

Kanowski and Catterall. 2010. "Carbon stocks in above-ground biomass of monoculture plantations, mixed species plantations and environmental restoration plantings in north-east Australia". *Ecological Management & Restoration* 11: 119–126.

- Kohlmaier, G. and Rohner, M., 1999. „□Senke der Walder und Klimaschutz“, Jahrbuch okologie, C.H. Beck Verlag, Munchen
- Kraenzel, M., A. Castillo, T. Moore and C. Potvin. 2003. “Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama,” in *Forest Ecology and Management*, Vol. 173(1-3), pp. 213-225
- Lewis, S. L., G. Lopez-Gonzalez, B. Sonke, K. Affum-Baffoe, T.R. Baker, L.O. Ojo, O.L. Phillips, J.M. Reitsma, L. White, J.A. Comiskey, K. Djuikouo, C.E.N. Ewango T.R. Feldpausch, A.C. Hamilton, M. Gloor, T. Hart, A. Hladik, J. Lloyd, J.C. Lovett, J.R. Makana, Y. Malhi, F.M. Mbago, H.J. Ndangalasi, J. Peacock, K.S.H. Peh, K. D. Sheil, T. Sunderland, M.D. Swaine, J. Taplin, D. Taylor, S.C. Thomas, R. Votere and W. Hannsjorg. 2009. “Increasing carbon storage in intact African tropical forests”. *Nature* 457: 1003-1006.
- Liao C., Luo Y., Fang C., & Li B., 2010. Ecosystem Carbon Stock Influenced by Plantation Practice: Implications for Planting Forests as a Measure of Climate Change Mitigation. *PLoS ONE* 5(5): e10867. doi:10.1371/journal.pone.0010867.
- Lippke, Bruce, Elaine Oneil, Rob Harrison, Kenneth Skog, Leif Gustavsson, Roger Sathre. 2011. “Live Cycle Impacts of Forest Management and Wood Utilization on Carbon Mitigation: Knowns and Unknowns” in *Carbon Management* 2 (3), 303-333
- Locatelli and Pramova 2010. “Forests and Adaptation to Climate Change: What is at Stake?” at World Resources Report website, <http://www.worldresourcesreport.org>
- Lucier, A, M. Ayers, D. Karnosky, and I. Thompson. 2009. “Forest responses and vulnerabilities to recent climate change” in R. Seppala, A. Buck and P. Katila (eds.), *Adaptation of Forests and People to Climate Change: A Global Assessment Report*. IUFRO World Series Vol. 22.
- Mackey, B.G., Keith, H., Berry, S.L., Lindenmayer, D.B. et al., 2008. *Green Carbon: The role of natural forests in carbon storage*. ANU E Press, The Australian National University, Canberra.
- Marland, G., B. Schlamadinger and L. Canella. 1997. “Forest management for mitigation of CO<sub>2</sub> emissions: how much mitigation and who gets the credits” in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol.2 , numbers 2-3, 303-318.
- Marland, G., K. Fruit and R. Sedjo. 2001. Accounting for sequestered carbon: the question of permanence, *Environmental Science & Policy*, Vol. 4, pp. 259–268
- Michon and de Foresta 1995. “The Indonesian Agroforest Model: Forest Resource Management and Biodiversity Conservation,” in *Conserving Biodiversity outside Protected Areas: The Role of Traditional Agro-ecosystems*. P. Halladay, and D. A. Gilmour, (eds). IUCN. Cambridge, UK and Gland, Switzerland.
- Moura-Costa, 1996. “Tropical Forestry Practices for Carbon Sequestration” in *Dipterocarp Forest Ecosystems – Towards Sustainable Management*. A. Schulte and D. Schone (Eds.). pp. 308-334. World Scientific. Singapore.
- Murdiyarso, D. and M. Skutsch. 2006. *Community forest management as a carbon mitigation option: Case studies, Bogor, Indonesia*. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.

OECD. 2008. Natural Resources and Pro-Poor Growth: The Economics and Politics. DAC Reference and Guideline Series. Paris.

Pan, Yude, Richard A. Birdsey, Jingyun Fang, Richard Houghton, Pekka E. Kauppi, Werner A. Kurz, Oliver L. Phillips, Anatoly Shvidenko, Simon L. Lewis, Josep G. Canadell, Philippe Ciais, Robert B. Jackson, Stephen W. Pacala, A. David McGuire, Shilong Piao, Aapo Rautiainen, Stephen Sitch, and Daniel Hayes. 2011. "A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests" in Science 19 August 2011: Vol. 333 no. 6045 pp. 988-993

Pearce, D.W., Putz, F. and Vanclay, J.K., 2003. Sustainable Forestry in the Tropics: panacea or folly? in Forest Ecology and Management, 172(2-3):229-247.

Peña-Claros, M., Fredericksen, T. S., Alarcón, A., Blate, G. M., Choque, U., Leaño, , Licona, J. C., Mostacedo, B., Pariona, W., Villegas, Z., Putz, F. E., 2008. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. Forest Ecology and Management 256: 1458-1467.

Peter, Christian and Klaus Sander. 2009. "Environmental crisis or Sustainable Development Opportunity? Transforming the charcoal sector in Tanzania. A Policy Note. The World Bank. Washington, DC.

Pinard and Putz. 1996. Retaining Forest Biomass by Reducing Logging Damage in Biotropica, Vol. 28, No. 3, pp. 278-295

Plantinga, A.J. and R.A. Birdsey. 1993. "Carbon fluxes resulting from U.S. private timberland management," in Climatic Change, 23: 37-53.

PROFOR (Program on Forests) 2004. The Forest Investment Forum: Investment Opportunities and Constraints. PROFOR at the World Bank. Washington, DC.

Putz et al., 2001. "Sustainable tropical forests with forestry" in Conservation Letters. Society for Conservation Biology.

Putz, Francis E., Pieter A. Zuidema, Michelle A. Pinard, Rene G. A. Boot, Jeffrey A. Sayer, Douglas Sheil, Plinio Sist, Elias, Jerome K. Vanclay. 2008. Improved Tropical Forest Management for Carbon Retention in PLoS Biol 6(7)

Putz, F.E., P. Sist, T. Fredericksen and D. Dykstra. 2008. "Reduced-Impact Logging: Challenges and Opportunities" in Forest Ecology and Management 256; pp. 1427-1433

Putz, F.E., Zuidema, P.A., Pinard, M.A., Boot, R.G.A., Sayer J.A., et al., 2008. Improved tropical forest management for carbon retention. PLoS Biol 6(7):e166.

REDD+ Partnership, 2012. <http://reddplusdatabase.org>. Last accessed 20 September 2012.

Redondo-Brenes, A. 2007. Growth, carbon sequestration, and management of native tree plantations in humid regions of Costa Rica. New Forests, Vol. 34(3), pp. 253-268

Redondo-Brenes and F. Montagnini. 2006. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. Forest Ecology and Management, Vol. 232(1-3), pp. 168-178

Reid, Hannah; Saleemul Huq, Aino Inkinen, James MacGregor, Duncan Macqueen, James Mayers, Laurel Murray and Richard Tipper. 2004. Using Wood Products to Mitigate Climate Change: A Review of Evidence and Key Issues for Sustainable Development. International Institute for Environment and Development and the Edinburgh Centre for Carbon Management

Rice, R.E., Sugal, C.A., Ratay, S.M., and Fonseca, G.A., 2001. Sustainable forest management: A review of conventional wisdom. *Advances In Applied Biodiversity Science*, No. 3, p. 1-29. Washington, DC: CABS/Conservation International.

RTS 1998-2001. Environmental Reporting for Building Materials

Sampson, R. N. , Wright, L. L. , Winjum, J. K. , Kinsman, J. D. , Benneman, J., Kiirsten, E. and Scurlock, J.M.O. 1993. "Biomass management and energy" in *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 70, pp. 139-153

Schlamadinger, B., Ciccarese, L., Dutschke, M., Fearnside, P.M., Brown, S., Murdiyarso, D. 2004. Should we include avoidance of deforestation in the international response to climate change ?

Schlamadinger, B., Marland, G., 1996. "The role of forest and bioenergy strategies in the global carbon cycle," in *Biomass and Bioenergy*, Vol.10, No. 5/6, pp. 275 - 300.

Sedjo, R., Marland, G., and Fruit, K., 2001. Renting Carbon Offsets: The Question of Permanence. *Resources for the Future*, Washington DC.

Sist and Bertault, 1997. Kann gelöscht werden in Klammer mit 3 weiteren Quellen.  
Soepadmo, E., 1993. Tropical Rainforests as Carbon Sinks in *Chemosphere*, Vol.27, No.6, pp 1025-1039, Great Britain

Swingland, Ian. 2003. *Capturing Carbon and Conserving Biodiversity: The Market Approach*. Earthscan Publications Ltd. London

Tougiani A., Guero C., Rinaudo T. 2009. Community mobilisation for improved livelihoods through tree crop management in Niger; ICRAF, 2009. *Creating an evergreen Agriculture in Africa for food security and environmental resilience*, pp. 29, Nairobi

UN 2008, Resolution 62/98 non – legally binding instrument on all types of forests

UNFCCC. 2007. Report of the Conference of the Parties on its Thirteenth Session, Held in Bali from 3 to 15 December 2007. FCCC/CP/2007/6/Add. 1. Reissued 14 March 2008.

UNCSD 2012. *The Future We Want*. Outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20), June 2012.

University of Massachusetts, Amherst. 2007. *Building and Construction Technology: Cellulose Insulation – A Smart Choice*. (Page updated November 28, 2007).

van der Werf, G. R., D. C. Morton, R. S. DeFries, J. G. J. Olivier, P. S. Kasibhatla, R. B. Jackson, G. J. Collatz and J. T. Randerson. 2009. "CO<sub>2</sub> emissions from forest loss," in *Nature Geoscience*, Volume 2; pp. 737-738.

Varmola, M.I and J.B.Carle, 2002. "The importance of hardwood plantations in the tropics and subtropics" in *International Forestry Review*, vol.4

Vignola, R., Locatelli, B., Martinez, C. and Imbach, P., 2009. Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14:691-696.

WEC (World Energy Council). 2010. 2010 Survey of Energy Resources.

WEC 2004. Survey of World Energy Resources, 20th ed., 2004.

Werner, F., R. Taverna, P. Hofer and K Richter. 2005. "Carbon pool and substitution effects of an increased use of wood in buildings in Switzerland: First estimates" in *Annals of Forest Science*, 62 (8), INRA, EDP Sciences.

Winjum et al. 1998. "Forest Harvests and Wood Products: Sources and Sinks of Atmospheric Carbon Dioxide" in *Forest Science*, Vol. 44, no. 2.

World Bank. 2010. Biomass Strategy for Africa.

WWF. 2012. The Living Forest Report, Chapter 4; ISBN 978-2-940443-32-1

Zhongwei Guo, Lin Zhang, Yiming Li. 2010. Increased Dependence of Humans on Ecosystem Services and Biodiversity. *PLoS ONE* 5(10) available at : <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0013113>

Zomer et al., 2009. Trees on Farm: Analysis of global extent and geographic patterns of Agroforestry. ICRAF Working pa