



World Bank
Institute

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation



THE WORLD BANK



Version 1.3
Octobre 2012

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ Manuel de formation

Version 1.3
Octobre 2012



Les constatations, interprétations et conclusions émises dans cet ouvrage n'engagent que le ou les auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement/Banque mondiale, de ses organisations affiliées, de ses administrateurs ni des États qu'ils représentent.

La Banque mondiale
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433

Avant-propos

Au cours des dernières années, dans le cadre de la réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement, le rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et de l'amélioration des stocks de carbone forestier (ce que l'on appelle la « REDD+ ») est devenu une question essentielle dans les négociations internationales sur le changement climatique et a fait son entrée dans les médias. Il y a de bonnes raisons à cela. D'une part, les écosystèmes forestiers, qui recouvrent encore un tiers de la surface de la planète, emmagasinent plus de carbone que l'atmosphère et les réserves mondiales de pétrole réunies. Les forêts constituent les écosystèmes terrestres les plus diversifiés, protègent les bassins versants et les sols, régulent localement le climat, et fournissent du bois, de l'énergie, des aliments, des médicaments, des fibres et de l'eau propre à la société, en particulier aux populations dépendantes de la forêt, pauvres pour la plupart d'entre elles. D'autre part, la déforestation et la dégradation constantes des forêts, que la FAO estime à 5,2 millions d'hectares nets par an (plus que la superficie du Costa Rica), sont à l'origine de plus d'un cinquième des émissions anthropiques mondiales de carbone.

Les forêts contiennent plus de carbone que l'atmosphère et les réserves mondiales de pétrole réunies

En décembre 2005, lors des négociations de Montréal sur le climat, la *Coalition for Rainforest Nations* (la coalition des pays à forêt ombrophile) a introduit l'idée d'offrir aux pays en développement une compensation pour la réduction de leurs taux nationaux de déforestation. Depuis lors, les pouvoirs publics, les organisations internationales et de la société civile, les populations indigènes, les institutions scientifiques et les entreprises privées débattent de la manière d'intégrer la REDD+ dans un futur accord international sur le climat. La décision sur la REDD+, prise à Cancún en décembre 2010 dans le cadre du Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme, représente un pas important dans cette direction : elle reconnaît en effet le rôle joué par les forêts des pays en développement dans l'atténuation du changement climatique ainsi que la nécessité correspondante d'un appui financier international.

Les coûts d'opportunité liés à la REDD+ sont donnés par la différence entre les gains nets résultant de la conservation ou de l'amélioration des forêts, et ceux obtenus de leur conversion à d'autres utilisations des terres, généralement plus lucratives

Pour les pays forestiers, les bailleurs de fonds et les acheteurs des futurs crédits carbone, la connaissance du

coût de la REDD+ est capitale. Si les coûts de transaction et de mise en œuvre de la REDD+ peuvent assez facilement être estimés à partir d'activités similaires liées à la forêt ou lorsqu'ils se produisent réellement, une autre composante importante du coût peut, elle, ne pas être visible : en conservant leurs forêts actuelles, les pays et les propriétaires terriens renoncent aux avantages liés à d'autres utilisations des terres potentiellement plus lucratives, telles que des cultures ou l'élevage. Ce revenu sacrifié est le coût d'opportunité lié à la REDD+.

Ce manuel est le fruit d'un effort conjoint entre 1) l'équipe de gestion du Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier (FPCF) ; 2) le programme *Carbon Finance Assist* (CF-Assist) de l'Institut de la Banque mondiale (le programme fiduciaire multidonateurs de renforcement des capacités de la *Climat Change Practice* – WBICC – de l'Institut de la Banque mondiale) ; et 3) le Partenariat pour les marges des forêts tropicales (ASB) du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR).

Le manuel partage des expériences pratiques tirées de programmes de terrain et présente les étapes, méthodes et outils pratiques et théoriques essentiels pour estimer les coûts d'opportunité de la REDD+ au niveau *national*. Il traite du calcul des coûts et avantages des différentes options d'utilisation des terres par rapport à leurs stocks de carbone. Les données requises n'étant généralement pas immédiatement disponibles, le manuel fournit également de l'information sur les techniques de collecte, d'analyse et d'évaluation des données. Même si certaines sections sont utiles pour l'analyse *infranationale* ou de niveau *projet*, ce manuel n'a pas pour but de calculer la rémunération des agriculteurs ni des propriétaires terriens sur un site donné.

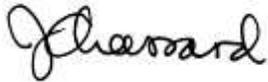
L'audience cible du manuel rassemble les professionnels des pouvoirs publics, universités, instituts de recherche, organisations internationales ou non gouvernementales, ainsi que les promoteurs de programme, susceptibles d'utiliser les méthodes et les outils présentés pour estimer les coûts d'opportunité et intégrer ceux-ci dans les recommandations pour les politiques et programmes REDD+. Dans le cadre de l'objectif de renforcement des capacités, une série d'ateliers de formation des formateurs est programmée pour les pays participant au FPCF et au programme ONU-REDD en Afrique, en Asie et en Amérique latine.

Pour les États, les bailleurs de fonds et les acheteurs des crédits carbone, la connaissance du coût de la REDD+ est capitale

Ce manuel a été édité par Pablo Benitez, Marian de los Angeles et Gerald Kapp (Institut de la Banque mondiale), Benoît Bosquet, Stéphanie Tam, Alexander Lotsch (Équipe de gestion du fonds du FPCF), Stefano Pagiola (région Amérique latine et Caraïbes de la Banque

mondiale) et Carole Megevand (région Afrique de la Banque mondiale). Nous tenons à remercier pour leur travail dévoué les principaux auteurs, Douglas White et Peter Minang (ASB) ainsi que les coauteurs Brent Swallow, Fahmuddin Agus, Glenn Hyman, Jan Börner, Jim Gockowski, Kurniatun Hairiah, Meine van Noordwijk, Sandra Velarde et Valentina Robiglio. Nous exprimons également notre reconnaissance à Michael Richards et Simone Bauch pour leurs contributions. Nous remercions en outre Erick Fernandes, Gregory Frey, Ken Andrasko, Loic Braune, Martin Herold et Timm Tennigkeit pour leur examen externe.

Washington DC, le 25 février 2011



Joëlle Chassard
Directrice, Carbon Finance Unit
Banque mondiale



Neeraj Prasad
Directeur, Climate Change Practice
Institut de la Banque mondiale

Principaux auteurs et éditeurs :

Douglas White et Peter Minang

Auteurs des chapitres et appui :*Introduction :*

Douglas White, Peter Minang, Stefano Pagiola, Brent Swallow

Vue d'ensemble et préparation :

Douglas White, Peter Minang, Meine van Noordwijk

Contexte des politiques de la RED(D++) :

Douglas White, Peter Minang, Stefano Pagiola, Meine van Noordwijk

Utilisation des terres et changement d'affectation des terres :

Glenn Hyman, Valentina Robiglio, Douglas White, Sandra Velarde, Meine van Noordwijk

Mesure du carbone des utilisations des terres :

Kurniatun Hairiah, Fahmuddin Agus, Sandra Velarde, Meine van Noordwijk

Profits et avantages nets de l'utilisation des terres :

Douglas White, Stefano Pagiola, Jan Börner, Jim Gockowski

Analyse des coûts d'opportunité :

Douglas White, Peter Minang, Meine van Noordwijk

Co-avantages de l'eau et de la biodiversité :

Douglas White, Stefano Pagiola, Meine van Noordwijk

Conclusions et étapes suivantes :

Peter Minang, Douglas White, Meine van Noordwijk

Appui :

Joyce Kasyoki, Godfrey Mwaloma

Gestion de projet, édition et révision :

Pablo Benitez, Stephanie Tam, Stefano Pagiola, Gerald Kapp.

Cette étude a été financée par le Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier et Carbon Finance Assist.

Ce manuel est un document vivant. Merci de nous faire parvenir vos commentaires à l'adresse suivante : Gerald Kapp (gerald.kapp@worldbank.org)

Table des matières

Avant-propos	iii
Table des matières	vii
Figures	x
Tableaux.....	xii
Encadrés.....	xiii
Abréviations et acronymes.....	xiv
Chapitre 1. Introduction	1-1
Objectifs.....	1-1
Que sont la REDD et la REDD+ ?.....	1-2
Stratégies nationales REDD+ et mécanismes de partage des avantages	1-3
Coûts liés à la REDD+	1-4
Pourquoi l'estimation des coûts d'opportunité est-elle importante ?.....	1-8
Risques et limitations de l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+.....	1-10
Sauvegardes REDD+	1-13
Questions importantes.....	1-14
Exemple de coût d'opportunité	1-16
Un manuel de formation à l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+.....	1-24
État de l'art actuel de l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+.....	1-27
Références et lectures complémentaires.....	1-33
Chapitre 2. Vue d'ensemble et préparation	2-1
Objectifs.....	2-1
Structure du manuel de formation.....	2-2
Qui doit faire le travail ?.....	2-8
Manières d'utiliser ce manuel	2-9
Processus d'estimation des coûts d'opportunité.....	2-11
Références et lectures complémentaires.....	2-17
Chapitre 3. Contexte des politiques RED(D++)	3-1
Objectifs.....	3-1
Termes liés à la politique REDD+.....	3-2
Évolution de la politique d'admissibilité à la REDD+.....	3-2
Qui paie quoi ? Le point de vue de comptabilisation.....	3-5
Niveaux d'émissions de référence	3-8

Mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN)	3-9
EESS et politiques de sauvegarde de la Banque mondiale.....	3-10
Références et lectures complémentaires.....	3-13
Chapitre 4. Utilisation et changement d'affectation des terres	4-1
Objectifs.....	4-1
Introduction.....	4-2
Termes utilisés dans l'analyse spatiale et la télédétection	4-2
Identifier les utilisations des terres	4-3
Estimer le changement d'affectation des terres.....	4-22
Expliquer le changement d'affectation des terres.....	4-24
Prévoir le changement d'affectation des terres	4-32
Références et lectures complémentaires.....	4-34
Chapitre 5. Mesure du carbone des utilisations des terres	5-1
Objectifs.....	5-1
Termes utilisés par les spécialistes des forêts et du carbone.....	5-2
Connaître votre carbone.....	5-2
Établir un cadre pour l'analyse du carbone.....	5-8
Estimer le « stock de carbone type » d'une utilisation des terres.....	5-10
Références et lectures complémentaires.....	5-30
Chapitre 6. Profits et bénéfices nets des utilisations des terres.....	6-1
Objectifs.....	6-1
Termes utilisés par les économistes.....	6-2
Pourquoi un tel détail ?	6-3
Questions initiales – clarification des hypothèses	6-3
Budgets des entreprises	6-15
Budgets des utilisations des terres	6-21
Rentabilités des trajectoires d'utilisation des terres	6-30
Questions finales – autres méthodes et hypothèses	6-36
Références et lectures complémentaires.....	6-37
Chapitre 7. Analyse des coûts d'opportunité.....	7-1
Objectifs.....	7-1
Estimation des coûts d'opportunité.....	7-2
Analyses de sensibilité	7-5
Cartes des coûts d'opportunité.....	7-10
Références et lectures complémentaires.....	7-12

Chapitre 8. Coavantages liés à l'eau et à la biodiversité	8-1
Objectifs.....	8-1
Qu'est-ce que les coavantages ?.....	8-2
Qu'est-ce que les services écosystémiques ?.....	8-3
Comment estimer les coavantages ?.....	8-4
Coavantages liés à l'eau.....	8-5
Coavantages liés à la biodiversité.....	8-10
Coavantages et coûts d'opportunité.....	8-22
Conclusion.....	8-28
Références et lectures complémentaires.....	8-29
Chapitre 9. Compromis et scénarios	9-1
Objectifs.....	9-1
Compromis.....	9-2
Scénarios.....	9-5
Chapitre 10. Conclusions et étapes suivantes	10-1
Objectifs.....	10-1
Ce que les coûts d'opportunité révèlent et ce qu'ils ne révèlent pas.....	10-2
Étapes suivantes.....	10-4
Chapitre 11. Annexes	11-1
A. Glossaire.....	11-2
B. Capacités requises pour un système national de suivi des émissions.....	11-7
C. Équations allométriques.....	11-10
D. Étapes du calcul de la moyenne temporelle des stocks de carbone : de la placette à l'utilisation des terres.....	11-12
E. Méthodes de détermination de la valeur économique de la biodiversité.....	11-15
F. Exemples de feuilles de calcul.....	11-19
G. Exemple d'analyse utilisant le logiciel REDD Abacus.....	11-22

Figures

Figure 1.1. Coûts liés à la REDD+	1-6
Figure 1.2. Perte de carbone et gain de profit liés à la conversion d'une forêt en terre agricole	1-17
Figure 1.3. Carbone et profits de quatre catégories d'utilisation des terres.....	1-18
Figure 1.4. Exemple de coût d'opportunité de trois changements d'affectation des terres	1-20
Figure 1.5. Compromis et situations à faibles niveaux de profits en VAN et de stocks de carbone	1-21
Figure 1.6. Une courbe nationale des coûts d'opportunité (Indonésie)	1-23
Figure 1.7. Prix du carbone nécessaires pour réduire la déforestation de 50 % en 2030	1-29
Figure 1.8. Rendements agricoles par hectare	1-31
Figure 1.9. Estimations moyennes des approches du coût d'opportunité (avec marge haute/basse).....	1-32
Figure 2.1. Étapes analytiques de l'établissement d'une courbe des coûts d'opportunité	2-4
Figure 2.2. Étapes de l'analyse des coûts d'opportunité dans le cadre de l'élaboration du programme REDD+	2-13
Figure 3.1. Rentes et coûts REDD+	3-9
Figure 4.1. Cadre hiérarchique de l'utilisation des terres dans une zone forestière humide du Cameroun.....	4-5
Figure 4.2. Paysage agricole spatialement hétérogène au Cameroun.	4-13
Figure 4.3. Données de télédétection : coût et complexité par rapport à la résolution (UCM)	4-14
Figure 4.4. Catégories de transition forestière.....	4-26
Figure 4.5. Causes directes et sous-jacentes de la déforestation en Amazonie péruvienne	4-28
Figure 4.6. Trajectoires de changement d'affectation des terres : types et exemples	4-30
Figure 4.7. Changement d'affectation des terres : liens entre les analyses historiques et futures.....	4-33
Figure 5.1. Les réservoirs de carbone terrestres.....	5-4
Figure 5.2. Comparaison des méthodes de la différence dans les stocks et des gains-pertes.....	5-10
Figure 5.3. Stock de carbone aérien et flux de trésorerie de trois utilisations des terres.	5-11
Figure 5.4. Exemples de variation du stock de carbone pour différentes utilisations des terres	5-12
Figure 5.5. Tailles des placettes et sous-placettes recommandées pour l'échantillonnage des stocks de carbone	5-20
Figure 5.6. Extrapolation du carbone, de l'utilisation des terres à l'occupation du sol au niveau du paysage	5-23
Figure 6.1. Cacao : rendements des récoltes par hectare, Ghana	6-12
Figure 6.2. Évaluation géographique de l'historique d'exploitation forestière (Para, Brésil).....	6-13

Figure 6.3 Régions d'exploitation forestière au Para, Brésil.....	6-13
Figure 6.4 Estimations régionales de la qualité du bois d'œuvre (% de bois d'œuvre, Brésil, 1998).	6-14
Figure 6.5 Prix du bois de sciage par région et degré de qualité (dollars EU/m ³ ; Brésil, 2011)	6-14
Figure 6.6. Analyse des profits pluriannuels d'un exemple (valeurs non actualisées, dollars/ha)	6-31
Figure 6.7. Analyse pluriannuelle des profits de l'exemple (taux d'actualisation de 5 %, dollars/ha)	6-35
Figure 7.1. Une courbe nationale des coûts d'opportunité.....	7-2
Figure 7.2. Exemple de résultats pour les coûts d'opportunité, tirés de la feuille de calcul.....	7-5
Figure 7.3. Analyse de sensibilité A (avec une VAN de 400 dollars EU pour l'exploitation forestière).....	7-7
Figure 7.4. Analyse de sensibilité B (avec une teneur en carbone des forêts exploitées de 150 tonnes par hectare).....	7-8
Figure 7.5. Utilisations des terres et régions d'un exemple d'analyse avec REDD-Abacus.....	7-9
Figure 7.6. Une courbe des coûts d'opportunité par changements d'affectation des terres et régions infranationales	7-10
Figure 7.7 : Une carte des coûts d'opportunité, Amazonie centrale péruvienne 1990-2007.....	7-11
Figure 8.1. Valeur de l'indice V des utilisations des terres au Cameroun.....	8-17
Figure 8.2. Valeur de l'indice V des utilisations des terres en Indonésie.....	8-18
Figure 8.3. Courbe surface-espèces	8-19
Figure 8.4. Courbes surface-espèces pour trois utilisations des terres au Cameroun	8-20
Figure 8.5. Biodiversité à différentes échelles.....	8-20
Figure 8.6. Systèmes municipaux d'alimentation en eau et zones d'approvisionnement au Guatemala.....	8-24
Figure 8.7. Carte combinant le carbone de la biomasse du sol et les zones prioritaires de produits forestiers non ligneux en Tanzanie	8-25
Figure 8.8. Identification des analyses des coavantages prioritaires	8-27
Figure 9.1. Exemple de compromis liés aux utilisations des terres : VAN des profits par rapport au stock de carbone.....	9-2
Figure 9.2. Comparaison de l'admissibilité des changements d'affectation des terres, suivant les règles de la RED à la REALU.....	9-9
Figure 11.1. Évolution du stock de carbone dans un système de monoculture d'acajou, Est de Java.....	11-13
Figure 11.2. Valeur économique attribuées aux actifs environnementaux.....	11-17
Figure 11.3. Méthodes de valorisation de la diversité et des ressources biologiques	11-18
Figure 11.4. Feuille de calcul OppCost (a) : Exemple de données d'entrées et de résultats (Chapitre 7).....	11-19
Figure 11.5. Feuille de calcul OppCost (b) : Exemple de données d'entrée et de résultats (Chapitre 7)	11-20
Figure 11.6. Compromis (Chapitre 9)	11-21
Figure 11.7. Exemple REDD Abacus - Écran de description du contexte.....	11-22

Figure 11.8. Exemple REDD Abacus – Moyenne temporelle du stock de carbone	11-23
Figure 11.9. Exemple REDD Abacus - VAN estimées.....	11-24
Figure 11.10. Exemple REDD Abacus - Matrice de transition.....	11-25
Figure 11.11. Exemple REDD Abacus - Résumé des résultats et diagramme associé.....	11-27

Tableaux

Tableau 1.1. Exemple de stocks de carbone, profits et emploi par utilisation des terres en Amazonie péruvienne	1-20
Tableau 2.1. Planification du processus et liste de contrôle	2-16
Tableau 3.1. Comparaison des noms donnés aux points de vue de comptabilisation	3-6
Tableau 3.2. Type de coût REDD+ à prendre en compte par point de vue de comptabilisation	3-7
Tableau 4.1. Légende d'un système hiérarchique de classification des occupations du sol.....	4-8
Tableau 4.2. Caractéristiques des images satellite	4-12
Tableau 4.3. Matrice d'erreur.....	4-21
Tableau 4.4. Matrice hypothétique de changement d'affectation des terres.....	4-23
Tableau 4.5. Classement des causes visibles et cachées de la déforestation	4-27
Tableau 5.1. Quatre réservoirs de carbone du GIEC.....	5-4
Tableau 5.2. Priorités et coûts de la mesure du carbone par utilisation des terres.....	5-7
Tableau 5.3. Mesure de la dégradation des forêts : méthodes des différences de stock et des gains-pertes	5-13
Tableau 5.4. Critères de choix d'une équation allométrique	5-21
Tableau 5.5. Moyenne temporelle du stock de carbone (moyenne et intervalle) pour différentes utilisations des terres	5-22
Tableau 5.6. Coûts relatifs de la constitution d'un inventaire national de comptabilisation du carbone.....	5-28
Tableau 5.7. Équipement et personnel nécessaires pour l'échantillonnage de la biomasse aérienne en Colombie	5-29
Tableau 5.8. Coût de la mesure du couvert forestier et de ses modifications à l'aide de l'imagerie par satellite en Inde.....	5-30
Tableau 6.1. Types de budgets.....	6-11
Tableau 6.2. Exemple de budget d'entreprise.....	6-16
Tableau 6.3. Avantages et inconvénients des approches de collecte des données.	6-19
Tableau 6.4. Utilisations précédentes et potentielles des forêts par catégorie de qualité des forêts	6-24
Tableau 6.5. Résultats d'une analyse pluriannuelle des profits, Pérou (valeurs non actualisées ; années 1 à 15 et 30)	6-32
Tableau 6.6. Rentabilités des trajectoires d'utilisation des terres (taux d'actualisation de 5 %, analyse sur 30 ans)	6-35
Tableau 8.1. Services écosystémiques des forêts	8-3
Tableau 8.2. Services et avantages liés à l'eau	8-5
Tableau 8.3. Richesse des espèces végétales des utilisations des terres sur trois sites ASB	8-14

Tableau 9.1. Compromis et complémentarités probables des biens et services associés aux utilisations des terres	9-3
Tableau 9.2. Avantages de la biodiversité : ségrégation versus intégration des paysages	9-4
Tableau 11.1. Capacités requises par phase.....	11-7
Tableau 11.2. Équations allométriques – zones tropicales	11-10
Tableau 11.3. Équations allométriques – zones agroforestières.....	11-11

Encadrés

Encadré 1.1. Qu'est-ce qu'un équivalent dioxyde de carbone ?	1-18
Encadré 1.2. Gestion des grands nombres utilisés dans la comptabilisation du carbone .	1-26
Encadré 2.1. L'analyse des coûts d'opportunité en tant qu'objet-frontière	2-9
Encadré 2.2. Mes connaissances actuelles sont-elles suffisantes ?.....	2-10
Encadré 2.3. Les Niveaux de notification du GIEC.....	2-11
Encadré 3.1. Qu'est-ce qu'une forêt et la dénomination a-t-elle de l'importance ?.....	3-4
Encadré 4.1. Gestion et analyse des données.....	4-10
Encadré 4.2. Estimation des stocks de carbone à partir des cartes de la biomasse par rapport aux cartes d'utilisation des terres	4-14
Encadré 4.3. Le défi de l'identification de la dégradation des forêts	4-16
Encadré 4.4. Optimiser les activités sur le terrain	4-19
Encadré 4.5. Cartes d'utilisation des terres pour la province de Jambi, en Indonésie	4-24
Encadré 5.1. La majorité de la biomasse se trouve dans les quelques arbres vraiment très grands.....	5-6
Encadré 5.2. Stockage hors site du carbone	5-17
Encadré 5.3. Étapes de la détermination du nombre de placettes-échantillons.....	5-18
Encadré 5.4. Grands arbres, grosses racines... mais pas toujours.....	5-22
Encadré 6.1. Le profit n'est pas seulement une question d'argent.....	6-2
Encadré 6.2. Comprendre l'impact potentiellement important du taux d'actualisation.....	6-6
Encadré 6.3. Analyse des risques et de l'incertitude	6-9
Encadré 6.4. Exploitation forestière à faible impact	6-27
Encadré 6.5. Grande valeur de l'acajou, mais à quel prix en termes de carbone ?	6-29
Encadré 8.1. Approches de mesure de la biodiversité à différentes échelles.....	8-12
Encadré 8.2. Richesse des espèces végétales à la lisière des forêts tropicales	8-14
Encadré 8.3. Mise en garde contre les courbes aires-espèces.....	8-19
Encadré 8.4. Une analyse nationale des avantages de l'eau et de la biodiversité.....	8-23
Encadré 8.5. Analyse nationale des avantages multiples : Un exemple tiré de l'ONU-REDD.....	8-25

Abréviations et acronymes

AAM	Accroissement annuel moyen
AFOLU	Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres (<i>Agriculture, Forestry and Other Land Uses</i>)
AWG-LCA	Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme au titre de la CCNUCC
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CdP	Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CMP	Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au Protocole de Kyoto
CO ₂	Dioxyde de carbone
DHP	Diamètre à hauteur de poitrine
EESS	Évaluation environnementale et sociale stratégique
eqCO ₂	Équivalent dioxyde de carbone
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
FPCF	Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier (<i>Forme courte: Fonds de partenariat pour le carbone forestier</i>)
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
GPS	Système mondial de géolocalisation
IFN	Inventaire forestier national
ISF	Indice de surface foliaire
ITHR	Imagerie à très haute résolution
LCCS	Système de classification de l'occupation du sol
MDP	Mécanisme pour un développement propre
MOS	Matière organique du sol
MSQ	Maintien du statu quo
NBSAP	Stratégie et plan d'action nationaux pour la biodiversité (<i>National Biodiversity Strategy and Action Plan</i>)
NER	Niveau d'émissions de référence
PAB	Plan d'action de Bali
PANACC	Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques
PdA	Programme d'activités
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
REALU	Réduction des émissions issues de toutes les formes d'utilisations des terres (<i>Reducing Emissions from All Land Uses</i>)
REDD	Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts
RPP	Proposition pour la préparation à la REDD (<i>Readiness Preparation Proposal</i>)
SBSTA	Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique de la CCNUCC (<i>Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice</i>)

SIG	Système d'information géographique
SNV	Surveillance, notification et vérification
ST	Surface terrière
SUT	Système d'utilisation des terres
tC	Tonne de carbone (1 tC = 3,67 tCO ₂)
tCO ₂	Tonne de dioxyde de carbone (1 tCO ₂ = 0,27 tC)
TD	Télédétection
URCE	Unité de réduction certifiée des émissions
UT	Utilisation des terres
UTCATF	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
VAN	Valeur actualisée nette

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 1. Introduction

Objectifs

1. Présenter la raison d'être de la REDD et de la REDD+
2. Décrire les différents coûts liés à la REDD+
3. Examiner les risques et les limitations de la REDD+ et de l'analyse des coûts d'opportunité
4. Donner un exemple d'estimation des coûts d'opportunité
5. Identifier a) le but, b) les objectifs d'apprentissage, et c) les participants/utilisateurs finaux visés par le manuel de formation
6. Résumer l'état de l'art actuel de l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Sommaire

Que sont la REDD et la REDD + ?	1-2
Stratégies nationales REDD+ et mécanismes de partage des avantages.....	1-3
Coûts liés à la REDD+	1-4
Pourquoi l'estimation des coûts d'opportunité est-elle importante ?.....	1-8
Risques et limitations de l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+	1-10
Questions importantes.....	1-14
Exemple de coût d'opportunité	1-16
Un manuel de formation à l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ ..	1-24
État de l'art actuel de l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+	1-27
Références et lectures complémentaires.....	1-33



Que sont la REDD et la REDD+ ?

1. Tant la REDD que la REDD+ visent à aider à réduire les émissions de carbone dans l'atmosphère de la terre. La REDD (Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts) est un terme général désignant un mécanisme politique et financier international qui rendra possible le financement de la conservation et de la création de forêts, et/ou les achats et ventes de carbone forestier à grande échelle. La REDD vise à la fois la déforestation (conversion de terres forestières en terres non forestières) et la dégradation des forêts (réduction de la qualité des forêts, en particulier leur capacité de stockage du carbone).¹
2. La REDD+, une version étendue de la REDD, a été définie par le Plan d'action de Bali comme : *des démarches générales et des mesures d'incitation positive pour tout ce qui concerne la réduction d'émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts dans les pays en développement, ainsi que le rôle de la préservation et de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement*². Dans le cadre de ce manuel de formation, l'accent est mis sur la REDD+.
3. En améliorant la faisabilité économique de la conservation et de la gestion durable des forêts (ainsi que de leur carbone), les politiques REDD+ peuvent influencer les décisions d'utilisation des terres au sein des pays. La ratification de la REDD+ par la CCNUCC devrait permettre aux pays forestiers de vendre des crédits carbone à des acheteurs intéressés sur les marchés ou de bénéficier d'un soutien financier de la part de fonds de conservation. Les modalités précises des mécanismes REDD+ restent cependant encore à clarifier.
4. Les flux financiers issus des programmes REDD+ pourraient atteindre jusqu'à 30 milliards de dollars EU par an, afin de réduire de moitié les émissions entre 2005 et 2030.³ En plus de réduire les émissions de carbone, le flux des fonds, principalement Nord-Sud, pourrait appuyer un nouveau développement favorable aux pauvres tout en contribuant à conserver la biodiversité et d'autres services essentiels des écosystèmes (ONU-REDD, 2010).

¹ Une définition unique et largement acceptée de la dégradation des forêts n'a pas encore été donnée. Pour en savoir plus, voir le Chapitre 5 et <http://www.fao.org/docrep/009/j9345e/j9345e08.htm>.

² Paragraphe 1 b) iii) du Plan d'action de Bali (PAB).

³ Kindermann, et coll. (2008) estiment que pour réduire de moitié les émissions dues à la déforestation entre 2005 et 2030, soit entre 1,7 et 2,5 milliards de tonnes d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂) en moins, il faudrait des flux financiers de 17 à 28 milliards de dollars EU par an. Cela nécessiterait un paiement de 10 à

21 dollars EU/tCO₂. Une réduction de 10 % des émissions sur la même période coûterait entre 0,4 et 1,7 milliards de dollars EU par an, soit 2 à 5 dollars EU/tCO₂.

Stratégies nationales REDD+ et mécanismes de partage des avantages

5. Une fois ratifiée, la REDD+ affectera un large éventail d'utilisateurs des terres et devrait leur apporter des avantages.⁴ Les parties concernées comprennent des exploitants agricoles, les éleveurs, des exploitants forestiers, les récolteurs de caoutchouc, les entreprises privées, etc. – autrement dit, toute personne exerçant une activité basée sur la terre dans une région rurale. Dans la mesure où les fonds REDD+ passeront par l'intermédiaire des pouvoirs publics nationaux, les pays devront décider des priorités à attribuer aux programmes et de la manière de partager les avantages. Pour faciliter le processus de développement d'une stratégie REDD+ nationale, ce manuel aide les décideurs politiques à identifier les coûts de la participation aux programmes REDD+ au niveau national, en se concentrant sur l'analyse des coûts d'opportunité. Étant donné l'importance du partage des avantages, nous examinerons brièvement quelques-unes des manières de partager les avantages de la REDD+ au sein d'un pays.

6. Dans certains cas, les pays peuvent choisir d'effectuer des versements directs aux individus, aux entreprises et aux communautés en compensation de leurs activités de protection et de conservation des forêts. Dans d'autres cas, ils peuvent octroyer des fonds à des programmes pour financer un renforcement des capacités et des investissements en faveur de stratégies de subsistance alternatives et/ou d'autres activités de développement communautaires. Une telle approche est une forme de compensation indirecte. Le choix de politiques nationales de partage des avantages est une composante importante du processus de préparation à la REDD+.⁵

7. L'identification de mécanismes efficaces et équitables de partage des avantages peut s'avérer une tâche ardue. Par exemple, la propriété foncière et les droits associés peuvent faire l'objet de contestations ou ne pas être formalisés (au moyen de titres), et compliquer ainsi une compensation juste et adéquate. De même, si une intervention REDD+ vise à réduire l'abattage illégal, une politique d'indemnisation des opérateurs illégaux risque de créer des incitations perverses à abattre des arbres pour bénéficier de paiements. Dans ce cas, une compensation indirecte et d'autres mécanismes sont plus à même d'atteindre un

⁴ Cette section a bénéficié des contributions de G. Frey (2010, communication personnelle).

⁵ D'après le FPCF (2010) : *Utiliser des mécanismes clairs et transparents de partage des avantages, avec un large soutien de la communauté, afin que les mesures incitatives de la REDD+ soient utilisées d'une façon efficace et équitable, avec comme objectif de poursuivre la lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts. Dans certains cas, les pouvoirs publics nationaux peuvent être le meilleur acteur pour promulguer et mettre en œuvre les réformes politiques et les régulations nécessaires. Mais de nombreux changements nécessiteront aussi l'implication des peuples autochtones, des communautés locales et du secteur privé. Dans ce cas, ces parties prenantes ou tenants de droits s'attendent à prendre part aux activités REDD+ et donc à en partager les revenus carbone (ou tout autre financement ou appui) en reconnaissance de leurs contributions. Dans d'autres cas, les peuples autochtones, les communautés locales et le secteur privé pourront être les principaux acteurs de la mise en œuvre des programmes de réduction des émissions et s'attendent par conséquent à être les principaux bénéficiaires des paiements liés à l'accord d'achat de réductions d'émissions carbone (ERPA). Ces dispositions devront refléter l'évaluation des déterminants de la déforestation et de la dégradation des forêts.*

objectif REDD+. (*Les risques et les limitations de la REDD+ et des coûts d'opportunité sont abordés plus loin dans ce chapitre.*)

8. Lorsque la stratégie REDD+ limite des activités de subsistance (légal ou non), des coûts d'opportunité apparaissent. Si ces coûts ne sont pas compensés de l'une ou l'autre manière (financière ou autre), un des deux phénomènes suivants peut se produire : 1) la pression sur les forêts se poursuit ou 2) le coût d'opportunité nuit aux communautés, ce qui constitue une violation de la norme des bonnes pratiques internationales (et des politiques de sauvegarde de la Banque mondiale) de « ne pas porter préjudice » (*voir le Chapitre 3 pour une présentation des mesures de sauvegarde*).

9. Ce manuel ne plaide pour aucune stratégie REDD+ ou mécanisme de partage des avantages en particulier. Il reflète plutôt l'opinion des auteurs, qui considèrent que l'estimation des coûts d'opportunité peut fournir des informations importantes au processus d'élaboration et de mise en œuvre de stratégies REDD+ efficaces et équitables.

Coûts liés à la REDD+

10. Pour bénéficier d'un financement REDD+, les pays doivent réduire la déforestation et la dégradation des forêts et/ou accroître leurs stocks de carbone. Cela entraîne toutefois des coûts. Ceux-ci peuvent être classés en trois grandes catégories :

- 1) *les coûts d'opportunité* correspondant aux avantages sacrifiés que la déforestation aurait générés au niveau des moyens de subsistance et pour l'économie nationale,
- 2) *les coûts de mise en œuvre* des efforts nécessaires pour réduire la déforestation et la dégradation des forêts, et
- 3) *les coûts de transaction* liés à la mise en place et au fonctionnement d'un programme REDD+.⁶

11. Même si certaines des composantes individuelles des coûts de mise en œuvre et de transaction peuvent être interchangeables, les coûts de mise en œuvre sont en général directement associés à la réduction de la déforestation, tandis que les coûts de transaction y sont indirectement associés. Une brève description de ces coûts est fournie ci-dessous et résumée dans la Figure 1.1.

Coûts d'opportunité

12. En dépit de tous ses impacts négatifs, la déforestation peut également comporter des avantages économiques. Le bois peut être utilisé pour la construction et les terres défrichées peuvent être transformées en cultures ou pâturages. La réduction de la déforestation et la prévention du changement d'affectation des terres impliquent la perte de ces avantages. De même, la dégradation des forêts génère elle aussi des avantages liés à

⁶ Ces catégories ne sont pas définitives, mais donnent une idée des différents coûts liés à la REDD+. Pour une discussion des coûts liés à la REDD+, voir Pagiola et Bosquet (2009). Les coûts peuvent être organisés en catégories plus ou moins nombreuses.

la coupe sélective, à la collecte du bois de chauffage ou à la pâture des animaux, par exemple. Éviter la dégradation des forêts implique la perte de ces avantages. Les coûts des avantages perdus (après déduction de l'ensemble des avantages générés par la conservation de la forêt) sont appelés « coûts d'opportunité » et peuvent constituer la plus importante catégorie de coûts subis par les pays lorsqu'ils réduisent leur taux de perte des forêts dans le cadre de la REDD+.

13. De manière plus évidente, les coûts d'opportunité englobent les avantages économiques perdus liés à l'utilisation alternative des terres, que nous nommerons coûts d'opportunité directs sur site. Ils peuvent aussi inclure des coûts socioculturels et indirects :

Coûts socioculturels. Prévenir la conversion des forêts à d'autres utilisations des terres peut affecter de façon significative les moyens de subsistance de nombreux habitants des zones rurales. Cette altération de leur mode de vie peut entraîner des coûts sociaux et culturels difficiles à mesurer en termes économiques.⁷ Ils comprennent, par exemple, les impacts psychologiques, spirituels ou émotionnels de la modification des moyens de subsistance, de la perte des savoirs locaux et de l'érosion du capital social. Ces coûts peuvent être minimisés si les moyens de subsistance de remplacement sont viables et facilement accessibles dans le cadre de la mise en œuvre d'un programme REDD+.

Coûts indirects, hors site. Les conversions d'activités économiques, du bois et de l'agriculture vers d'autres secteurs productifs, peuvent également affecter les acteurs en aval des chaînes d'approvisionnement des produits associés. De plus, une baisse de l'activité économique peut avoir un effet sur les recettes fiscales nationales. Comme les coûts d'opportunité, ces coûts indirects ne sont pas donnés par un total, mais doivent être estimés sur la base de la différence entre les situations avec ou sans la REDD+.⁸ Ces coûts indirects associés à la REDD+ peuvent être estimés à l'aide de multiplicateurs ou de modèles économiques multimarchés.

Les autres coûts indirects comprennent l'effet en retour dû aux politiques REDD+ au niveau mondial. Les utilisations des terres au sein d'un pays seront différentes dans des scénarios avec ou sans politiques REDD+. Dans la mesure où, avec la REDD+, plus de terres forestières sont préservées, les prix du bois et des produits de l'agriculture et de l'élevage sont susceptibles d'augmenter. L'effet combiné d'une moindre conversion des forêts en terres cultivées et d'un plus grand retour des terres cultivées à la forêt réduira la superficie des terres cultivées, ce qui risque de faire grimper les coûts des denrées alimentaires, des fibres et des carburants. Ces variations des prix peuvent représenter des coûts d'opportunité importants.⁹

⁷ Voir le Chapitre 3 pour une discussion des politiques de réinstallation involontaire de la Banque mondiale. Pour un examen complet de l'évaluation d'impact social, voir Richards et Panfil (2010).

⁸ De plus, les conditions économiques n'étant pas statiques, la croissance d'autres secteurs productifs doit également être estimée.

⁹ De plus, l'augmentation de la population mondiale et les modes de consommation associés à l'élévation des niveaux de vie devraient également accroître la pression incitant à convertir les forêts en pâturages ou en terres agricoles, augmentant ainsi les coûts d'opportunité liés à la REDD+. Ces facteurs sont néanmoins

14. Ce manuel se concentre sur l'estimation des coûts d'opportunité directs sur site. En même temps que d'autres informations socioéconomiques, les données économiques de niveau terrain collectées pour cette composante du coût d'opportunité peuvent être utilisées pour estimer les coûts d'opportunité indirects. Ces informations et une meilleure connaissance de la production agricole, de bétail et de bois ainsi que de leurs performances au sein des chaînes d'approvisionnement aideront les analystes à comprendre les impacts potentiels du programme REDD+ sur les différents secteurs économiques. Par souci de brièveté, dans ce manuel, le terme *coût d'opportunité* fera référence aux coûts d'opportunité directs sur site.

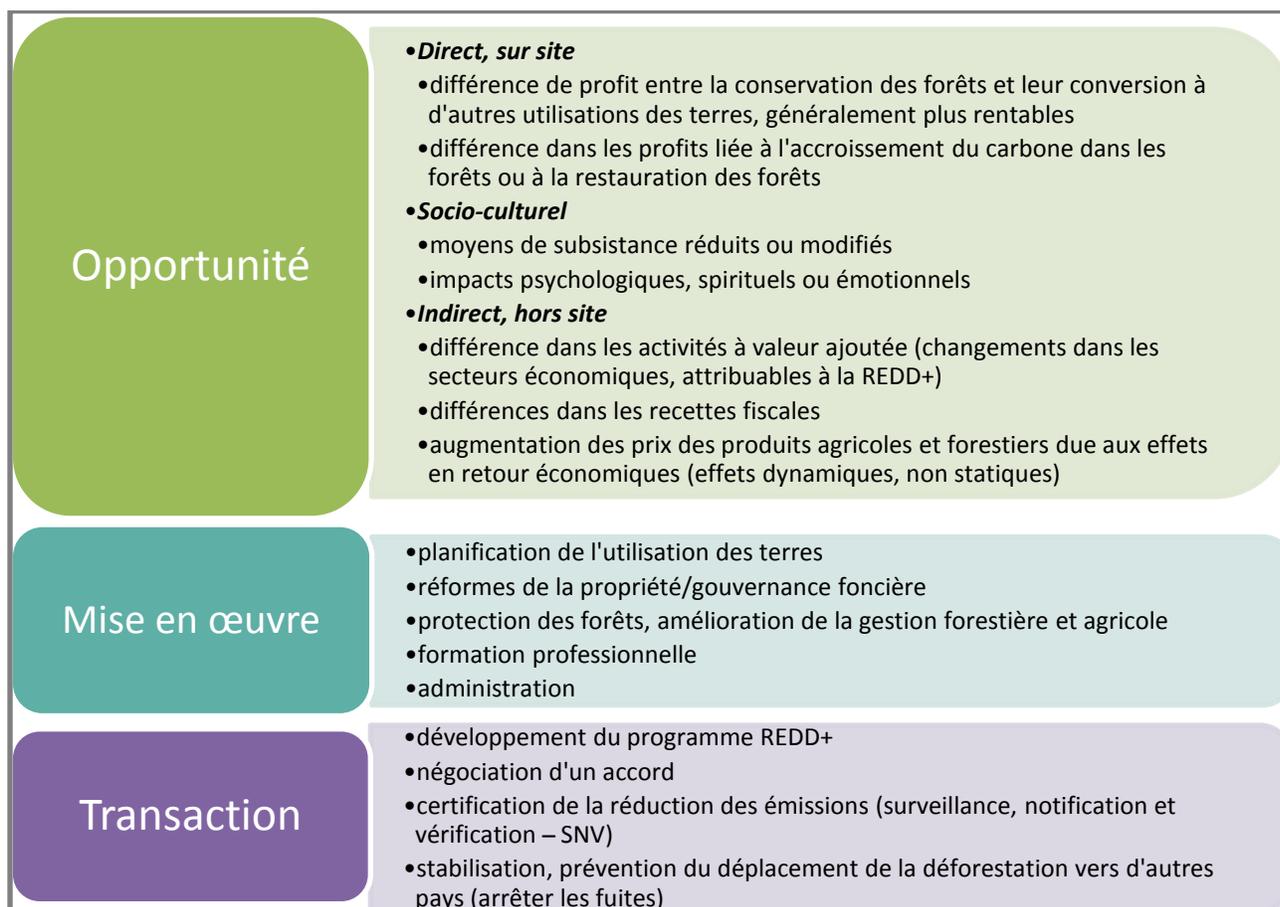


Figure 1.1. Coûts liés à la REDD+

Source : Auteurs.

indépendants des programmes REDD+ et ne doivent donc pas être considérés comme des coûts indirects attribuables à la REDD+. De même, d'autres facteurs, tels que le changement de technologie, susceptibles d'améliorer la productivité des terres (ex. : des cultures à plus haut rendement), peuvent aussi être à tort intégrés en tant qu'avantages indirects de la REDD+.

Coûts de mise en œuvre

15. En plus des coûts d'opportunité, il existe également des coûts liés à la mise en œuvre d'un programme REDD+. Il s'agit des coûts directement associés aux actions de réduction de la déforestation et, par conséquent, des émissions. On peut, par exemple, citer les coûts de :

- garde d'une forêt pour prévenir l'abattage illégal ;
- plantation d'arbres dans des forêts dégradées ou exploitées ;
- déplacement des activités de collecte de bois d'œuvre depuis les forêts naturelles vers des forêts dégradées dont le reboisement est prévu ;
- intensification de l'agriculture et de l'élevage du bétail pour réduire la superficie de terres boisées nécessaire à la production de denrées alimentaires, de fibres et de carburants ;
- révision du tracé de projets routiers afin que moins de terres boisées soient détruites en vue de l'ouverture de routes ;
- déplacement de projets de production hydroélectrique en dehors d'une forêt naturelle ;
- délimitation des terres des communautés autochtones et de colons et/ou octroi de titres fonciers, afin que d'inciter celles-ci à continuer de protéger les forêts de la conversion ;
- renforcement des capacités, des infrastructures ou de l'équipement nécessaires pour mettre en place des moyens de subsistance alternatifs destinés aux communautés.

16. Toutes ces mesures et d'autres similaires impliquent des investissements initiaux et éventuellement des coûts récurrents pour les secteurs public et/ou privé, qui devront être évalués et financés de façon adéquate.

17. Les coûts de mise en œuvre comprennent également les activités de renforcement institutionnel et des capacités, nécessaires pour rendre le programme REDD+ possible. Ces coûts comprennent, par exemple, les dépenses associées aux biens, à la formation, à la recherche et aux processus politiques, légaux et réglementaires, y compris les processus de consultation et de prise de décision par les pouvoirs publics.

Coûts de transaction

18. En plus des coûts d'opportunité et de mise en œuvre, la REDD+ comprend également des coûts de transaction. Ceux-ci sont engagés tout au long du processus : identification, négociation de la transaction, suivi, notification et vérification des réductions d'émissions du programme REDD+. Les coûts de transaction sont à la charge des responsables de la mise en œuvre du programme REDD+ et de tiers tels que les vérificateurs, certificateurs et hommes de loi. Les coûts de transaction peuvent provenir 1) des différentes parties impliquées dans une transaction REDD+, comme l'acheteur et le vendeur, ou le bailleur de fonds et le bénéficiaire et 2) de parties externes telles que le régulateur du marché ou l'administrateur du système de paiement qui vérifient la véracité des réductions

d'émissions déclarées. Ces activités et les coûts associés sont nécessaires à la transparence et à la crédibilité du programme REDD+.

19. Les coûts de transaction sont généralement considérés séparément des coûts de mise en œuvre, dans la mesure où ils ne réduisent pas eux-mêmes la déforestation ou la dégradation des forêts. Les coûts de transaction peuvent également inclure ce qu'on appelle les « coûts de stabilisation » liés à la nécessité d'éviter que les activités de déforestation ne se déplacent pas vers d'autres pays qui ne participent pas à REDD+. Il n'est toujours pas clair que les participants à la REDD+ auront à couvrir ces coûts.¹⁰

Exemples d'estimations des coûts liés à la REDD+

20. Les coûts d'opportunité peuvent être élevés (ex. : lorsque des forêts sont converties en lucratives plantations de palmiers à huile), faibles et même négatifs (ex. : quand la forêt est convertie en pâturages à faible productivité). Un examen mondial de 29 études empiriques, effectué par Boucher (2008a), a établi un coût d'opportunité *moyen* de 2,51 dollars EU/tCO₂. Sur les 29 estimations de changement d'affectation des terres, 18 donnaient un coût inférieur à 2 dollars EU/tCO₂, et 28, un coût inférieur à 10 dollars EU/tCO₂.

21. En ce qui concerne les autres coûts liés à la REDD+, le total des coûts de transaction, de mise en œuvre et d'administration a été estimé à 1 dollar EU/tCO₂ (Boucher 2008b).¹¹ Comme ces coûts se chevauchent quelque peu, ce montant est probablement une surestimation prudente. Dans la mesure où ces estimations sont essentiellement calculées sur la base de projets, des économies d'échelle devraient être possibles dans le cadre de programmes REDD+ de plus grande envergure. Ce montant pourrait néanmoins être sensiblement plus élevé dans certains contextes nationaux, avec un effet sur la viabilité de certaines options du programme REDD+.

Pourquoi l'estimation des coûts d'opportunité est-elle importante ?

22. L'estimation du coût d'opportunité lié à la REDD+ est importante pour cinq raisons essentielles :

Un, les coûts d'opportunités sont considérés comme représentant la plus grosse partie des coûts liés à la REDD+ (Boucher, 2008a ; Pagiola et Bosquet, 2009 ; Olsen et Bishop, 2009). L'examen par Boucher de 29 estimations régionales

¹⁰ Les coûts de stabilisation pour les 11 principaux pays à fort couvert forestier et faible taux de déforestation (HFLD – *high forest-low deforestation*) sont estimés à 1,8 milliards de dollars EU par an. Couvrir 7 à 10 pays coûterait seulement 365 à 630 millions de dollars EU (da Fonseca et coll., 2007). Ces estimations sont basées sur le maintien des émissions à un niveau constant. Les coûts de stabilisation de la REDD+ sont susceptibles d'être plus élevés. Les pays participants à REDD+ ne payeront vraisemblablement pas ces coûts sur une base individuelle ; un fonds commun devrait plutôt être mis en place. Les mécanismes de contribution au fonds doivent encore être déterminés mais pourraient se baser sur la dimension du programme REDD+ dans chaque pays, sur une cotisation d'affiliation forfaitaire, ou sur un mélange de deux.

¹¹ Transaction : 0,38 dollar EU/t CO₂ (Antinori et Sathaye, 2007), mise en oeuvre : 0,58 dollar EU/t CO₂ (Nepstad et coll. 2007) et administration : 0,04 dollar EU/tCO₂ (Grieg-Gran, 2006). Exprimés par hectare, les coûts administratifs annuels sont compris entre 4 et 15 dollars EU par hectare.

empiriques a permis de déterminer que les coûts d'opportunité moyens représentent 80 à 95 % des coûts liés à la prévention de la déforestation dans les pays ayant la plus forte couverture forestière. Cette estimation n'est toutefois pas nécessairement valable pour tous les pays. L'ampleur relative de l'ensemble des coûts liés à la REDD+ dépend du contexte national et de la localisation. Dans certaines circonstances, les coûts d'opportunité de certaines utilisations des terres, notamment dans des zones reculées, peuvent être inférieurs aux coûts de transaction et de mise en œuvre.

Deux, l'estimation des coûts d'opportunité donne une idée des moteurs et des causes de la déforestation. Les forêts ne sont généralement pas déboisées par malice – elles le sont en raison des avantages économiques générés. Des coûts d'opportunité élevés ont tendance à être liés à de fortes pressions en faveur de la déforestation. Habituellement, ces terres ont été ou sont en train d'être converties à des utilisations à forte valeur économique, comme l'exploitation forestière et l'agriculture (Pagiola et Bosquet, 2009). Ici aussi, il existe des variations considérables : dans certains cas, les forêts sont converties à des utilisations des terres à très faible valeur (Chomitz et coll., 2006). En aidant à mieux comprendre les moteurs de la déforestation, les estimations des coûts d'opportunité peuvent aider les responsables des politiques à identifier et mettre au point des réponses appropriées.

Trois, les coûts d'opportunité peuvent aider à identifier les impacts probables des programmes REDD+ sur les groupes sociaux d'un pays. Les utilisations des terres sont souvent associées à des groupes sociaux spécifiques. Savoir qui risque de subir des pertes ou d'obtenir des avantages à la suite d'un programme REDD+ peut aider à identifier les conséquences morales/éthiques potentielles, dans le cas où les pertes seraient subies par des groupes marginalisés. Les éventuels problèmes cachés des stratégies nationales REDD+ peuvent également apparaître, tels que les pertes subies par des groupes politiquement puissants, capables de faire obstacle à l'adoption des politiques REDD+ ou de résister à leur mise en œuvre. Grâce aux connaissances apportées par l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+, les stratégies nationales REDD+ peuvent élaborer des politiques et des mécanismes efficaces pour réduire la déforestation et éviter des répercussions sociales négatives (Pagiola et Bosquet, 2009).

Quatre, les coûts d'opportunité aident à déterminer une compensation équitable pour ceux qui modifient leurs pratiques d'utilisation des terres dans le cadre de la REDD+. Dans la mesure où des moyens de subsistance sont affectés par les activités d'utilisation des terres, les coûts d'opportunité liés à la REDD+ sont une estimation du montant des revenus que les moyens de subsistance alternatifs devraient rapporter. Par exemple, lorsque des aires naturelles protégées sont renforcées, les coûts d'opportunité sont une estimation de la perte de revenu des communautés voisines due aux restrictions d'utilisation. Même si ces communautés ne sont pas directement indemnisées, la connaissance de ce coût est importante pour permettre aux responsables des politiques de comprendre les impacts d'une politique de conservation REDD+ et de concevoir d'autres types de compensations.

Cinq, l'information rassemblée pour estimer les coûts d'opportunité est une base pour l'amélioration des estimations d'autres coûts liés à la REDD+. Les coûts d'opportunité et autres coûts liés à la REDD+ sont susceptibles de varier de façon significative au sein d'un pays – même pour des changements d'affectation des terres semblables. Le processus de collecte de l'information infranationale accroît la connaissance des contextes biophysiques et socioéconomiques locaux, qui peut également améliorer la compréhension nécessaire pour affiner les estimations fondées sur des valeurs génériques. Par exemple, des modèles de coûts d'opportunité indirects, utilisant généralement des estimations de coût d'opportunité moyen, peuvent devenir plus précis s'ils prennent en compte des informations infranationales. De même, les coûts de mise en œuvre et de transaction peuvent aussi être estimés sur une base géographiquement différenciée.

Risques et limitations de l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Risques

23. L'analyse des coûts d'opportunité peut éclairer l'élaboration des politiques nationales REDD+. Des risques sérieux peuvent toutefois apparaître. Deux risques associés à l'estimation des coûts d'opportunité ainsi que des remèdes pour réduire les dommages possibles sont présentés ci-dessous.

Un, application inappropriée des estimations des coûts d'opportunité. Des changements d'affectation des terres apparemment similaires peuvent avoir des coûts d'opportunité très différents. De nombreux facteurs, aussi bien biophysiques que socioéconomiques, déterminent les coûts d'opportunité. Ceux-ci ne doivent par conséquent jamais être appliqués sans esprit critique. Par exemple, les coûts d'opportunité peuvent varier dans des contextes différents de fertilité du sol ou d'accès au marché. **Remède :** *Estimer et identifier des zones infranationales auxquelles des résultats propres au site peuvent être extrapolés. Ce processus constitue un sujet fondamental abordé dans ce manuel de formation. De plus, pour encourager un processus d'amélioration au cours du temps (exactitude et précision¹²) des estimations des coûts d'opportunité, trois niveaux d'exigence en matière de données et d'analyses (analogues aux Niveaux 1,2,3 de la CCNUCC) sont suggérés (pour en savoir plus, voir le Chapitre 2).*

Risques liés à l'estimation des coûts d'opportunité :

- application inappropriée
- considérer le coût d'opportunité comme égal à l'ensemble des coûts liés à la REDD+

¹² L'*exactitude* est la manière dont les estimations se rapprochent de la valeur « réelle », tandis que la *précision* indique à quel point les estimations sont proches les unes des autres.

Deux, le coût d'opportunité est considéré comme la seule composante des coûts liés à la REDD+. Le coût d'opportunité n'est qu'une des pièces du puzzle des coûts liés à la REDD+. Lorsque les coûts de transaction et de mise en œuvre sont également pris en compte, les conclusions relatives à la viabilité des stratégies nationales REDD+ peuvent être différentes. **Remède :** *Les analyses et les politiques ne peuvent porter uniquement sur les coûts d'opportunité, mais doivent aussi prendre en compte les autres coûts liés à la REDD+ (mise en œuvre et transaction), qui sont importants dans l'élaboration de stratégies REDD+ adaptées au contexte national.*

Limitations

24. L'analyse des coûts d'opportunité en général et l'approche présentée ici, en particulier, comportent des limitations qui doivent être prises en compte lors de l'estimation des coûts liés à la REDD+ :

Un, l'analyse des coûts d'opportunité ne prend pas en compte le coût des pertes d'emplois qui pourraient résulter d'un changement d'affectation des terres à grande échelle. Pour créer des emplois alternatifs, du temps et de la formation sont souvent nécessaires. De plus, beaucoup de contextes ruraux où la REDD+ est susceptible d'être mise en œuvre connaissent de hauts niveaux de sous-emploi et de chômage. Ainsi, les pertes d'emplois dues, par exemple, au passage d'une utilisation agricole à une utilisation forestière peuvent entraîner des coûts substantiels. De plus, de nombreuses catégories de personnes peuvent ne pas être admissibles à une indemnisation, en dépit du fait que leurs moyens de subsistance soient affectés : notamment les personnes ne possédant pas de titres de propriété, les ouvriers agricoles, les exploitants forestiers illégaux et d'autres groupes éventuels. **Remède :** *Estimer les impacts sur l'emploi de chaque type de changement d'affectation des terres associé à un programme REDD+. Étudier les compromis et les scénarios possibles (Chapitre 9). L'ampleur des coûts dépendra de la taille des programmes REDD+ et de leur impact sur le paysage. Les résultats de l'analyse permettront aux responsables des politiques d'identifier les zones prioritaires et les efforts nécessaires pour générer des emplois (un type de coût de mise en œuvre). Le succès des programmes REDD+ (c'est-à-dire l'éloignement durable des activités nuisibles aux forêts) dépend de la création d'activités lucratives alternatives dans l'agriculture intensive, la foresterie ou d'autres secteurs de l'économie nationale.*

Deux, les coûts d'opportunité directs sur site sous-estiment les coûts d'opportunité totaux. La REDD+ peut sensiblement altérer les secteurs économiques de la foresterie et de l'agriculture, les prix des intrants et des extrants et les modes d'utilisation des terres. Ainsi, d'autres composantes des coûts d'opportunité, les coûts socioculturels et indirects hors site, doivent également être prises en compte dans le cadre des analyses des politiques REDD+. **Remède :** *Les coûts d'opportunité directs sur site peuvent donner une idée approximative de l'effet de ces composantes des coûts dans le cadre des analyses de sensibilité et des scénarios (Chapitre 9). Par exemple, un multiplicateur ou des coûts socioculturels supplémentaires peuvent être estimés pour des changements spécifiques d'affectation des terres. De même, des coûts supplémentaires dus à des changements économiques (ex. : dans les prix) peuvent être inclus au moyen de multiplicateurs. Ces analyses*

initiales peuvent être utilisées comme base de discussion et comme justification d'une modélisation économique multisecteurs ultérieure.

25. En dépit de ces risques et limitations, les auteurs considèrent l'approche analytique comme une étape utile et essentielle pour comprendre les coûts d'opportunité. Le manuel s'efforce de décrire un processus de collecte et d'analyse des données visant à estimer de façon transparente les coûts d'opportunité liés à la REDD+ et à éviter les pièges de calcul et d'interprétation.

Questions importantes non abordées par l'analyse des coûts d'opportunité

Un, impacts environnementaux hors site (externalités) des utilisations des terres. Bien que l'analyse des coûts d'opportunité des utilisations des terres soit basée sur un horizon temporel de plusieurs années, les impacts environnementaux associés (ex. : les effets négatifs en aval, la perte de biodiversité) ne sont pas explicitement pris en compte. **Remède :** *Ces impacts négatifs peuvent être abordés lors de l'examen des coûts d'opportunité aux niveaux national et infranational. Un chiffrage adéquat des coûts des effets négatifs peut être réalisé suivant un point de vue de comptabilisation national (défini au Chapitre 3). Les impacts sur site, tels que la dégradation des terres, peuvent être étudiés à l'aide d'une analyse de sensibilité et des scénarios appliquée aux estimations des coûts d'opportunité (Chapitres 7 et 9). Par exemple, les rendements estimés des activités agricoles peuvent baisser au cours de l'horizon temporel considéré par l'analyse.*

Autres questions REDD+ importantes :

- impacts environnementaux
- gouvernance
- activités forestières illégales

Deux, gouvernance des terres et des ressources. Dans la mesure où les droits légaux et coutumiers peuvent ne pas coïncider, en particulier quand les droits sur les terres et les ressources ne sont pas bien définis ou appliqués, la détermination des coûts d'opportunités et de ceux qui les assument peut être impossible. Une analyse des coûts d'opportunité ne tenant compte que des droits légaux, sans reconnaître les droits et les usages coutumiers, ne parviendra pas à estimer le véritable impact des coûts liés à la REDD+ sur les individus et les communautés. De plus, si la stratégie ou l'intervention REDD+ se fonde sur une estimation faussée, certains groupes vulnérables particuliers peuvent être privés de leurs droits. **Remède :** *En tant que partie intégrante du processus d'élaboration d'une stratégie nationale REDD+, la discussion de la gouvernance est essentielle. La participation aux discussions (et aux analyses) doit aller au-delà des pouvoirs publics et inclure les parties affectées appartenant à la société civile.*

Trois, des stratégies et interventions adaptées pour réduire les activités forestières illégales. Lorsque des lois sont appliquées dans le cadre d'une stratégie nationale REDD+, les acteurs engagés dans des pratiques illégales subissent un coût d'opportunité. Selon le type d'acteurs, celui-ci peut être reconnu à des degrés divers. Dans des cas tels que l'abattage illégal par des étrangers, un pays peut décider qu'il n'est pas approprié de compenser ces coûts d'opportunité.

Dans ce cas, le coût le plus élevé lié à la REDD+ ne sera pas le coût d'opportunité, mais le coût de mise en œuvre dépensé pour faire correctement respecter la loi. Dans d'autres cas, comme lorsque des activités coutumières, mais illégales, sont menées par des groupes à faible revenu, un pays peut décider de compenser les coûts d'opportunité (directement ou indirectement). **Remède :** *Comme pour la limitation précédente, le processus d'élaboration d'une stratégie nationale REDD+ doit comprendre une discussion sur les activités forestières légales et illégales. Les discussions doivent également inclure les parties affectées appartenant à la société civile. Dans ce cas, la compensation doit être octroyée sous la forme d'une création d'emplois légaux pour remplacer les activités illicites nuisibles à la forêt.*

Sauvegardes REDD+

26. Les sauvegardes sociales et environnementales comprennent aujourd'hui la définition et la mise en place d'un soutien à l'amélioration des performances sociales et environnementales des programmes REDD+. À mesure que les politiques REDD+ progressent, la participation des communautés locales et autochtones à l'identification et à l'analyse des impacts positifs et négatifs potentiels de la REDD+ vient éclairer les politiques de sauvegarde veillant à ce que les utilisateurs des forêts puissent maintenir leurs droits sur les ressources foncières et les utilisations traditionnelles qu'ils en font.

27. En plus des sauvegardes de la Banque mondiale présentées au Chapitre 3, une étude internationale est en cours pour assurer la cohérence entre les interprétations propres aux différents pays (CCBA et CARE International, 2010). Les normes proposées incluent les principes, critères et indicateurs qui définissent les questions problématiques et les niveaux de performance. Le principe suivant concerne l'analyse des coûts :

Principe 2 : Les avantages du programme REDD+ sont partagés équitablement entre tous les détenteurs de droits et parties prenantes concernés.	
Critères	Cadre pour les indicateurs
2.1 Les coûts prévus, les avantages potentiels et les risques associés* du programme REDD+ sont identifiés, à tous les niveaux, pour les groupes de détenteurs de droits et de parties prenantes concernées, à travers un processus participatif.	2.1.1 Les coûts prévus, les revenus et autres avantages potentiels et les risques associés* du programme REDD+ sont analysés, à tous les niveaux, pour les groupes de détenteurs de droits et de parties prenantes concernées, à travers un processus participatif.

** Toutes les analyses des coûts, avantages et risques doivent inclure ceux qui sont directs et indirects, les droits sociaux, culturels, et humains ainsi que les aspects environnementaux et économiques. Les coûts doivent comprendre ceux associés aux responsabilités ainsi que les coûts d'opportunité. Tous les coûts, avantages et risques doivent être comparés au scénario de référence qui correspond à l'utilisation des terres la plus probable en l'absence du programme REDD+.*

28. Des efforts internationaux ont été consentis pour classer les activités REDD+, déterminer leurs priorités, et évaluer les contraintes critiques pour le développement de projets infranationaux. Par exemple, des droits d'utilisation des terres bien définis,

accompagnés d'une gouvernance équitable et efficace, jouent un rôle clé dans la mise en œuvre de la REDD+ (ex. : l'abattage illégal/la conversion de terres publiques ou privées). Les principes de bonne gouvernance comprennent la transparence, la participation, la redevabilité, la coordination et les capacités (Institut des ressources mondiales, 2010). Pour relever ces défis ainsi que d'autres, des révisions et des réformes du cadre légal, politique et institutionnel du financement carbone sont généralement nécessaires (voir Richards et coll., 2010, *The Forests Dialogue*, 2010).

Questions importantes

29. Avec les programmes REDD+, les profits potentiellement plus élevés générés par de futures activités d'agriculture et d'exploitation forestière sont perdus.¹³ Nous devons donc poser les questions suivantes :

Les programmes REDD+ peuvent-ils apporter suffisamment d'incitations pour conserver ou restaurer les forêts ?

30. En bref : cela dépend du prix international du carbone, du type de changement d'affectation des terres, et des différents types de coûts REDD+ auxquels un pays doit faire face pour réduire les émissions. La réponse à la question sera donc « oui » pour certaines formes de déforestation, « non » pour d'autres, et imprécise pour d'autres encore. Parce que les conditions agroécologiques, économiques et sociales peuvent grandement varier d'un endroit à l'autre au sein d'un même pays, les coûts liés à la REDD+ peuvent de même varier sensiblement. De plus, le coût et l'efficacité des mesures visant à réduire la déforestation différeront selon les endroits.

31. Il est fort probable que chaque pays trouvera de nombreux endroits où aucun paiement réaliste pour les réductions des émissions de carbone ne pourra justifier la REDD+. Inversement, il est tout aussi probable qu'il trouvera aussi de nombreux autres endroits où des paiements, même modestes, pourraient suffire à rendre attractifs les efforts pour reboiser ou éviter la déforestation. La vraie question n'est pas de savoir si les paiements REDD+ seront ou non attractifs, mais de déterminer le niveau des réductions d'émissions qu'un pays considérera comme intéressant à atteindre, quel que soit le prix payé par tonne de carbone réduit. La compréhension des coûts d'opportunité liés aux changements d'affectation des terres est une étape essentielle (mais non suffisante) pour répondre à cette question.

32. Examinons d'abord trois changements types d'affectation des terres, partant de la forêt vers :

Une agriculture à fort rapport économique

Exemples : soja, huile de palme ou bétail sur des terres productives

¹³ Le terme agriculture englobe également l'élevage et les activités basées sur les arbres ou les cultures vivaces.

33. La compensation offerte par un programme REDD+ sera probablement inférieure aux profits d'activités à fort rapport économique sur des terres productives. En d'autres termes, le coût d'opportunité de l'agriculture à fort rapport économique est plus élevé que le revenu potentiel obtenu d'un programme REDD+. Les prix du carbone devraient être très élevés pour que la REDD+ soit attractive, à moins que la conservation des forêts ne procure également des coavantages importants, comme la protection de l'approvisionnement en eau des utilisateurs en aval.

probablement
non

Une agriculture à rapport économique moyen

Exemples : soja, huile de palme ou bétail sur des terres de qualité normale

34. Les revenus obtenus d'un programme REDD+ peuvent être plus élevés que les profits d'une agriculture à rapport économique moyen. Les compensations liées à la REDD+ sont légèrement supérieures aux coûts d'opportunité de ces activités d'utilisation des terres. Toutefois, les coûts de transaction et de mise en œuvre d'un programme REDD+ peuvent annuler les avantages nets.

peut-être

Une agriculture à faible rapport économique

Exemples : cultures itinérantes ou élevage sur des terres peu productives

35. Les revenus obtenus d'un programme REDD+ sont vraisemblablement supérieurs aux profits d'activités agricoles faiblement productives. Dans ce cas, il est intéressant pour un propriétaire foncier d'accepter la compensation associée à la REDD+ et de maintenir la forêt sur ses terres (au lieu de la convertir à un usage agricole).

probablement
oui

36. Jusqu'ici, nous ne nous sommes intéressés qu'à des changements d'affectation des terres impliquant une déforestation. Qu'en est-il de l'accroissement des stocks de carbone sur des terres où la couverture forestière a déjà été partiellement ou totalement éliminée ? Des terres faiblement productives existent dans une grande partie du monde : forêts dégradées, pâturages, prairies, terres d'agriculture itinérante, terres anciennes et épuisées de culture de plantes vivaces, etc. En fonction de la politique REDD+ particulière négociée et mise en œuvre, les terres à faible contenu de carbone/faible productivité peuvent jouer un rôle significatif sur les marchés et dans les fonds carbone.

Un reboisement ou boisement

Exemples : Plantations d'essences indigènes de bois d'œuvre sur des terres agricoles ou des pâturages à faible productivité

37. Les coûts d'investissement pour le rétablissement des forêts peuvent être compensés par les programmes REDD+. Les revenus tirés des zones reboisées peuvent être supérieurs

peut-être

à ceux des utilisations agricoles ou d'élevage à faible productivité, en particulier si le bois est coupé de façon sélective à l'avenir.

Qu'en est-il de la valeur du bois et du bois d'œuvre ?

38. Les exemples de déforestation ci-dessus ne prennent en compte que la valeur de la production agricole après la conversion de terres forestières. Comme nous le montrerons dans ce manuel, la valeur provenant d'autres sources peut fortement affecter l'estimation des coûts d'opportunité des changements d'affectation des terres. Ces sources peuvent comprendre le bois d'œuvre, le charbon de bois et le bois de chauffage, produits par le défrichage des forêts ou encore dans le cadre d'une gestion améliorée de la forêt. Lorsque ces profits existent, des estimations précises des coûts d'opportunité liés à la REDD+ doivent également inclure la contribution de ces produits forestiers.

Exemple de coût d'opportunité

39. Pour en apprendre plus sur les coûts d'opportunité, rien ne vaut quelques chiffres et un exemple. Comparons un hectare de forêt à un hectare de terres agricoles. La Figure 1.2 résume le stock de carbone et les profits de chaque utilisation des terres. La forêt stocke approximativement 250 tonnes de carbone par hectare (tC/ha), contre environ 5 tC/ha pour l'utilisation agricole.¹⁴ (*Le Chapitre 5 décrit la manière de procéder pour estimer la valeur du stock en tC/ha par utilisation des terres.*) La valeur actualisée nette (VAN) des profits de l'agriculture est estimée à 400 dollars EU/ha, et celle de la forêt à 50 dollars EU/ha.¹⁵ (*Le Chapitre 6 explique comment estimer les profits en VAN.*)

40. Si les forêts stockent plus de carbone, l'agriculture génère plus de profits, indiquant ainsi un compromis à faire entre le carbone et les profits pour l'utilisation des terres. La conversion d'une forêt en terre agricole augmente les profits de 350 dollars EU/ha, mais réduit le stock de carbone de 245 tC/ha.

¹⁴ Ces chiffres sont mentionnés à titre illustratif. Des variations importantes peuvent apparaître au sein des paysages et entre les pays.

¹⁵ La valeur actualisée nette est la somme d'un flux de profits annuels, où les profits futurs sont réduits par un facteur (le taux d'actualisation) qui reflète la préférence marquée pour un argent disponible immédiatement plutôt que pour des profits à venir.

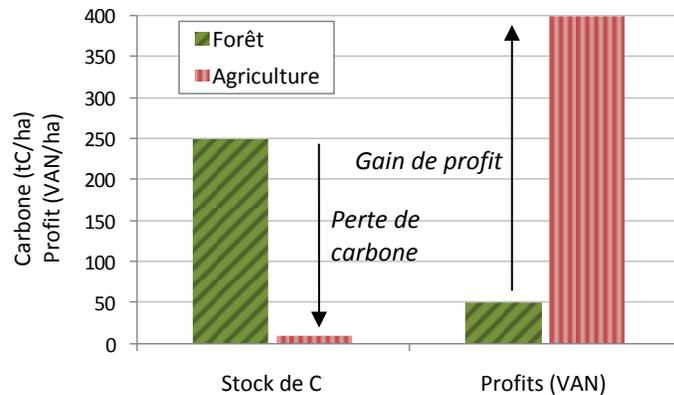


Figure 1.2. Perte de carbone et gain de profit liés à la conversion d'une forêt en terre agricole

41. Le coût d'opportunité lié à la non-conversion de la forêt en terre agricole est égal aux 350 dollars EU/ha de différence entre les profits (400 dollars EU - 50 dollars EU = 350 dollars EU/ha), divisés par les 245 tC/ha non émises (250 tC/ha - 5 tC/ha = 245 tC/ha). Le coût d'opportunité par tonne de carbone est donc de 1,43 dollars EU/tC (soit 350 dollars EU/245 tC).

42. La compensation REDD n'est toutefois pas fondée sur le carbone (tC), mais plutôt sur les émissions d'équivalents dioxyde de carbone (eqCO₂). Un facteur de conversion de 3,67 est utilisé pour convertir les tC en t eqCO₂. (Voir l'Encadré 1.1 pour plus d'explications.) Les émissions potentielles du changement d'affectation des terres sont donc de 899 t eqCO₂/ha (245 tC/ha * 3.67 t eqCO₂/tC = 899 t eqCO₂/ha).

43. Avec cette estimation de la différence des profits (350 dollars EU/ha) et des émissions évitées (899 t eqCO₂/ha), il est possible d'estimer un coût d'opportunité pour les émissions évitées. Le coût d'opportunité de la non-conversion d'une forêt en terre agricole est de 0,39 dollar EU/t eqCO₂.

44. Cette estimation par tonne d'équivalents carbone est une manière d'exprimer les coûts d'opportunité. Toutefois, pour les propriétaires fonciers, la façon la plus pertinente d'exprimer les coûts d'opportunité est par hectare. Dans cet exemple, le coût d'opportunité par unité de superficie est estimé à 350 dollars EU/ha. En d'autres termes, en ne convertissant pas une forêt en terre agricole, l'exploitant agricole perd 350 dollars EU/ha de profits en VAN.

45. Bien que l'estimation des coûts d'opportunité soit relativement simple en théorie, en pratique, la production d'estimations fiables peut s'avérer difficile. De multiples calculs sont nécessaires, avec pour chacun le risque de commettre des erreurs. De plus, pour obtenir des estimations précises et exactes du carbone et des profits pour les utilisations des

Deux versions des coûts d'opportunité :

- par unité de carbone (t eq CO₂)
- par unité de superficie (ha)

terres, de nombreuses hypothèses sur les mesures et les méthodes doivent être utilisées, exigeant souvent des discussions et un accord.

46. Il est important de noter que les coûts d'opportunité ne se basent pas sur l'utilisation des terres, mais plutôt sur le changement d'affectation des terres, c'est-à-dire la différence entre un état initial et un état final. L'analyse peut porter sur une durée de n'importe quelle longueur, mais doit respecter les exigences en matière de rapports du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) (c'est-à-dire 5 ans) et/ou le cadre temporel d'un plan stratégique national (qui peut être de plus de 5 ans).

Encadré 1.1. Qu'est-ce qu'un équivalent dioxyde de carbone ?

Le principal gaz à effet de serre associé au changement d'affectation des terres est le dioxyde de carbone (CO₂). Le carbone représente approximativement 46 % de la biomasse (par kilogramme de poids sec) stockée dans les arbres et 57 % de la matière organique du sol. Quand une unité de carbone des arbres est brûlée ou se décompose d'une autre façon, le carbone se combine à deux unités d'oxygène pour produire une unité de CO₂. Étant donné les masses atomiques du carbone (12) et de l'oxygène (16), une unité de C est égale à 3,67 unités de CO₂ ($[12+(2*16)]/12=3,67$).

La déforestation et la dégradation peuvent également produire d'autres gaz à effet de serre (GES), dont le protoxyde d'azote (N₂O) et le méthane (CH₄). Le N₂O a un potentiel de réchauffement global 231 fois supérieur au CO₂. Le CH₄ a, quant à lui, un potentiel de réchauffement 23 fois supérieur. Pour normaliser l'effet des différentes émissions de gaz, les conventions internationales mesurent la charge en gaz à effet de serre en termes d'équivalents CO₂ (eqCO₂).

Source : GIEC, 2006.

Compromis carbone-profit

47. Étendons à présent l'exemple précédent pour comparer les forêts à trois utilisations distinctes des terres : agriculture, agroforesterie et pâturages à faible productivité (Figure 1.3).

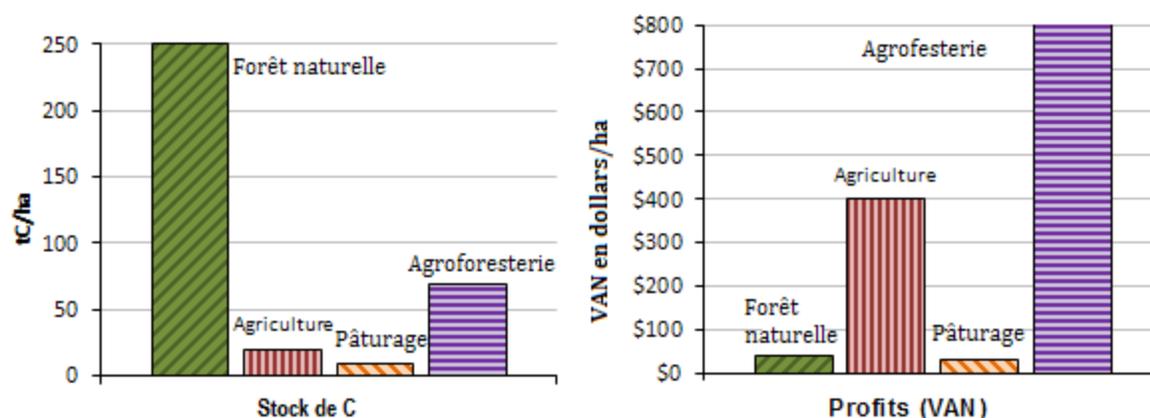


Figure 1.3. Carbone et profits de quatre catégories d'utilisation des terres

48. En comparant les utilisations des terres concernées par notre exemple, nous pouvons voir que :

- Les stocks de carbone de l'agriculture, des pâturages et de l'agroforesterie sont tous inférieurs à ceux de la forêt naturelle.
- Les profits de l'agroforesterie sont les plus élevés, environ deux fois ceux de l'agriculture. Les profits de la forêt et des pâturages sont tous deux faibles.
- Les pâturages à faible productivité ont une faible teneur en carbone (5tC/ha) et des profits également faibles (40 dollars EU/ha). Contrairement à la conversion en terres agricoles, la conversion en pâturages ne crée donc pas un compromis entre le carbone et les profits.
- Bien que l'agroforesterie ait des stocks de carbone inférieurs à ceux des forêts, la teneur en carbone de l'agroforesterie (80 tC/ha) est sensiblement plus élevée que celle de l'agriculture (5tC/ha). Ses profits en VAN élevés (800 dollars EU/ha) présentent un intérêt tout particulier.

Comparaison des coûts d'opportunité

49. La Figure 1.4 présente les coûts d'opportunité de trois types de changements d'affectation des terres (de la forêt vers des pâturages, l'agriculture et l'agroforesterie). Chacun a un coût d'opportunité différent. Celui-ci est plus élevé pour les changements vers l'agriculture et l'agroforesterie. Les profits en VAN et le contenu en carbone de l'agriculture étant plus faibles que ceux de l'agroforesterie, le coût d'opportunité est plus élevé pour la conversion en terres cultivées que pour l'agroforesterie.

50. Dans le cas de la conversion de la forêt en pâturages à faible productivité, le coût d'opportunité n'est pas vraiment un coût. *Le coût d'opportunité est négatif – ce qui peut être considéré comme un bénéfice potentiel.* Les propriétaires des terres peuvent réaliser un gain économique en ne déboisant pas pour produire du bétail sur des pâturages à faible productivité. Les profits augmenteraient de 40 à 50 dollars EU/ha, reflétant l'absence d'un compromis carbone-profit. En termes d'équivalents CO₂, le coût d'opportunité est négatif, avec une valeur de -0,01 dollar EU/t eqCO₂. Il s'agit d'un exemple de solution de facilité, où la compensation REDD+ peut ne pas être nécessairement financière, mais être disponible et nécessaire pour éviter un tel changement d'affectation des terres ou pour restaurer une forêt.

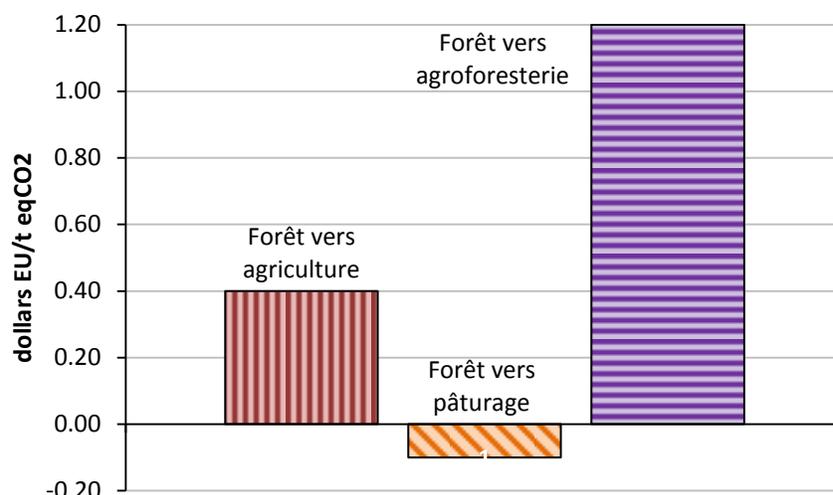


Figure 1.4. Exemple de coût d'opportunité de trois changements d'affectation des terres

Compromis au sein d'un paysage national

51. La terre est utilisée de multiples façons. Le Tableau 1.1 présente onze catégories d'utilisation des terres, avec leurs estimations respectives du stock de carbone, des profits et de l'emploi rural. Ces utilisations des terres sont représentatives de nombreux pays tropicaux et peuvent être ajustées pour correspondre aux utilisations des terres prédominantes dans un pays.

52. Les utilisations des terres boisées ont tendance à avoir un stock de carbone plus élevé, mais de plus faibles profits et emploi. Tout au long de ce manuel de formation, ces onze catégories d'utilisation des terres et les estimations associées seront utilisées pour illustrer la manière d'estimer les coûts d'opportunité liés aux politiques REDD+ et les effets sur les pays, les secteurs économiques et les citoyens.

Tableau 1.1. Exemple de stocks de carbone, profits et emploi par utilisation des terres en Amazonie péruvienne

Utilisation des terres	Stock de carbone moyenne temporelle (tC/ha)	Stock eqCO ₂ moyenne temporelle (t eqCO ₂ /ha)	Profitabilité (VAN*, dollars EU/ha)	Emploi rural (jours de travail/ha/an)
Forêt naturelle	250	918	31	5
Forêt exploitée	200	734	300	15
Forêt fortement exploitée	120	440	500	25
Agroforesterie 1	80	294	300	120
Agroforesterie 2	60	185	120	100
Cacao	50	147	604	135
Palmiers à huile	40	183	245	84
Pâturages améliorés	3	11	618	7
Pâturages à faible productivité	2	7	336	5
Agriculture de jachère sur 8 ans	5	18	302	27

* Estimée avec un taux d'actualisation de 5 %.
Sources : Palm et coll. 2004 ; White et coll. 2005.

53. Pour illustrer un large éventail de relations stock de carbone-profit, la Figure 1.5 positionne onze utilisations des terres en Indonésie par rapport à leurs stocks de carbone et à leurs profits en VAN. La plupart des utilisations des terres se situent en dessous d'une courbe des compromis (ligne verte) allant d'une forte rentabilité avec de faibles stocks de carbone à une faible productivité avec des stocks de carbone élevés. Le graphique identifie également la moyenne pour le paysage (stock de carbone moyen et VAN moyenne).

54. Les quelques points situés dans le coin inférieur gauche (cercle rouge) représentent des situations combinant de faibles niveaux des stocks de carbone *et* des profits, telles que les pâturages à faible productivité. La conversion de ces terres à faible stock de carbone et faibles profits à des utilisations plus rentables pourrait être une priorité réalisable et attractive des politiques REDD+.

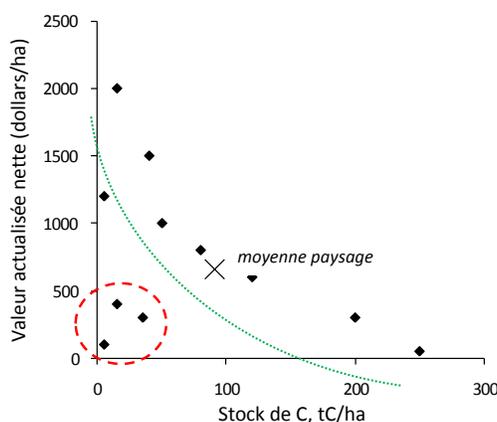


Figure 1.5. Compromis et situations à faibles niveaux de profits en VAN et de stocks de carbone

Source : Swallow et coll. 2008.

Qu'est-ce qu'une courbe des coûts de réduction des émissions ?

55. Une courbe des coûts de réduction des émissions compare la quantité des réductions d'émissions potentielles avec leurs coûts (d'opportunité, de mise en œuvre et de transaction). L'axe vertical représente le coût de réduction des émissions de chaque option de réduction (en unités monétaires par t eqCO₂), tandis que l'axe horizontal montre le niveau des réductions des émissions correspondant (généralement mesurées en millions de t eqCO₂ par an).

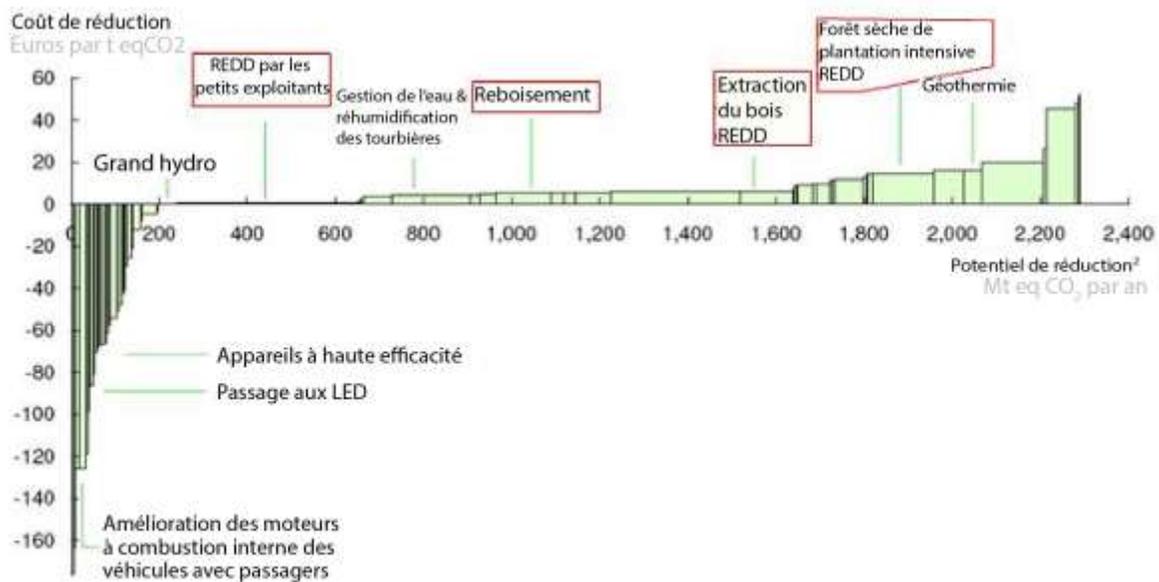
56. En plus de représenter des transactions REDD+ potentielles, une courbe des coûts de réduction des émissions aide également à :

- résumer l'attractivité et la faisabilité des options REDD+ pour une région ou un pays donné ;
- clarifier les gains potentiels issus des échanges des droits d'émission de carbone dans le cadre de la REDD+.

57. Les coûts de réduction des émissions et d'opportunité peuvent être estimés à différents niveaux : infranational, national et mondial, selon l'échelle d'un programme REDD+. La Figure 1.6 est un exemple hypothétique de courbe nationale des coûts de réduction des émissions pour l'Indonésie, qui inclut les coûts de réduction des émissions provenant d'activités agricoles et industrielles. Elle ne prend toutefois en compte que les coûts d'opportunité directs, sur site (Dyer et Counsell, 2010). Le fait qu'une telle analyse, largement partagée et diffusée, ne corresponde pas réellement aux coûts de réduction REDD+ souligne l'importance d'une révision des hypothèses méthodologiques. Bien que les coûts de réduction des émissions réels soient plus élevés, du fait qu'ils comprennent les coûts de mise en œuvre et de transaction, le graphique est utile à titre illustratif.

58. Les options de réduction associées à la REDD+ sont mises en évidence par des cadres rouges. Leur contribution relative est indiquée par la largeur de leurs rectangles respectifs. Par exemple, la diminution des conversions de forêts en petites exploitations agricoles réduirait les émissions d'environ 250 Mt eqCO₂ par an, tandis que la suppression de l'extraction du bois d'œuvre les réduirait d'environ 90 Mt eqCO₂ par an. Le reboisement réduirait quant à lui les émissions d'approximativement 100 Mt eqCO₂ par an (Dewan Nasional Perubahan Iklim et McKinsey & Co., 2009).

59. Les différences de coûts d'opportunité peuvent être substantielles. La hauteur des rectangles représente le coût de chaque option. Tandis que le coût de la réduction de la conversion des forêts en cultures itinérantes sur brûlis à faible productivité est estimé à moins de 2 euros par t eqCO₂, le coût d'opportunité du reboisement est d'approximativement 10 euros par t eqCO₂ et la réduction de la conversion des forêts en terres de production agricole intensive peut coûter plus de 20 euros par t eqCO₂. Ces différences de coût influencent la faisabilité des options de réduction des émissions dans le cadre des programmes nationaux REDD+.



1. La perspective sociale implique l'utilisation d'un taux d'actualisation de 4 %
 2. La largeur de chaque barre représente le volume de la réduction potentielle. La hauteur représente le coût nécessaire à l'obtention de chaque initiative de réduction

Figure 1.6. Une courbe nationale des coûts d'opportunité (Indonésie)

Source : Dewan Nasional Perubahan Iklim (le conseil national sur le changement climatique) et McKinsey & Co. 2009.

60. En représentant à la fois le volume des réductions d'émissions et le coût par type de changement d'affectation des terres, la courbe des coûts de réduction des émissions (regroupant les coûts d'opportunité, de mise en œuvre et de transaction) peut aider à répondre à la question : *quel volume de réduction des émissions de CO₂ est-il possible pour un prix du carbone de X dollars EU/t eqCO₂ ?* Elle peut également aider à répondre à la question : *quelles options de réduction des émissions sont-elles intéressantes pour le pays, pour un prix du carbone de X dollars EU/t eqCO₂ ?*

Un manuel de formation à l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

61. Les coûts d'opportunité peuvent fortement varier d'un pays à l'autre et au sein des pays. Par exemple, la valeur des activités agricoles et du bois dépend de nombreux facteurs, dont l'accès au marché, la fertilité du sol et le régime des précipitations. Les facteurs de production tels que la main-d'œuvre et les machines agricoles doivent également être pris en compte lors de l'estimation des coûts.

62. Pour relever ces défis, ce manuel propose une approche systématique pour l'identification et l'analyse des données nécessaires à l'estimation des coûts d'opportunité des programmes REDD+. Pour décrire ce processus, il contient des présentations détaillées des méthodes et hypothèses adoptées. Ce qui suit est un résumé des buts, objectifs et utilisateurs potentiels du manuel.

But

Estimation par les pays des coûts d'opportunité liés à la REDD+, pour éclairer les politiques nationales.

Objectifs

1. Fournir des méthodes et des outils pour estimer le coût d'opportunité lié au renoncement au changement d'affectation des terres et à l'encouragement de l'amélioration des stocks de carbone forestier au niveau national¹⁶ ;
2. Documenter des études de cas pour permettre aux professionnels (des pouvoirs publics, universitaires, non gouvernementaux) d'apprendre, adapter et utiliser les méthodes analytiques, d'interpréter les résultats, d'analyser différents scénarios d'utilisation des terres, et d'identifier les politiques nationales relatives à REDD optimales.

Utilisateurs potentiels

Les décideurs et planificateurs au niveau national actifs dans les politiques et la planification REDD+, qui souhaitent être capables d'interpréter les résultats des études des coûts d'opportunité et de les appliquer dans les plans nationaux et les négociations internationales REDD+ ;

Les professionnels et experts nationaux impliqués dans les études des coûts d'opportunité liés à la REDD+, qui désirent comprendre comment leur propre savoir-faire (ex. : l'économie agricole et de la foresterie, l'écologie forestière, la géographie, la télédétection, l'analyse spatiale) contribue à l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ et aux décisions relatives aux politiques REDD+ associées.

¹⁶ Tout en reconnaissant et en intégrant la vaste gamme de forêts et d'autres types d'utilisation des terres existant dans ces paysages.

63. Dans ce manuel, nous apportons des orientations sur la manière de rassembler et analyser les informations nécessaires pour aborder les questions de viabilité économique et d'autres critères de décision liés aux programmes REDD+ au niveau national. Ces critères de décision non économiques comprennent les effets sur la biodiversité, l'eau et les moyens de subsistance. Au cœur de l'analyse se trouve la comparaison des coûts d'opportunité liés à la prévention des changements d'affectation des terres (ex. : la conversion de forêts en terres agricoles ou en pâturages), ou à l'incitation au changement d'affectation des terres (ex. : la conversion de terres dégradées en forêt).

64. Afin d'éclairer les décisions au niveau national, les utilisations actuelles des terres sont identifiées dans tout le pays, ainsi que les facteurs de changement d'affectation des terres. Les niveaux de carbone et de profit des utilisations des terres pouvant varier en fonction des conditions biophysiques (ex. : la qualité des sols) et socioéconomiques (ex. : la distance aux marchés), des sous-catégories d'utilisation des terres sont également identifiées. Cette subdivision garantit aussi l'exactitude des informations nécessaires à l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+. Grâce à la connaissance des types d'utilisation des terres, des changements futurs probables d'affectation des terres, et des coûts d'opportunité associés, les planificateurs des programmes REDD+ peuvent examiner les conséquences de la réduction des émissions de carbone par type et localisation infranationale des utilisations des terres. Les résultats de ces analyses permettent aux pays d'être informés des coûts potentiels liés aux engagements des programmes REDD+ et d'identifier ainsi les stratégies nationales de développement optimales.¹⁷

Qui d'autre peut être intéressé par les coûts d'opportunité ?

65. Les méthodes analytiques et les plans de préparation présentés dans ce manuel peuvent aider à aborder une série de questions soulevées par les préoccupations des personnes potentiellement affectées par la REDD :

Responsable des politiques de l'État

66. Les arbres rapportent quand ils sont coupés pour en faire du bois ; dans le cadre de la REDD+, ils peuvent également rapporter en restant debout. Avec des mécanismes de paiement carbone tels que la REDD, le carbone des arbres devient un produit de base échangé au niveau international au même titre que le bois. Toutefois, une grande partie de l'économie nationale dépend de la coupe des arbres. Les entreprises d'exploitation forestière créent des emplois et des avantages près des villes. Sans la coupe des arbres, ces activités et cette croissance économiques n'existeraient pas.

- Quel serait le coût pour le pays et les citoyens de la suppression de la déforestation ?
- Quelle serait l'importance de ce coût, et qui devrait le supporter ?

¹⁷ Le qualificatif « optimal » fait ici référence au fait d'avoir le plus de qualités positives par rapport aux objectifs nationaux. Ceux-ci peuvent être nombreux et inclure des considérations économiques, sociales, culturelles et environnementales.

Investisseur dans la conservation de l'environnement

67. Nous voulons conserver les terres et protéger les forêts de la déforestation. La valeur du carbone de ces paysages peut constituer une bonne incitation à protéger les forêts et les bassins versants, et à restaurer les terres dégradées.

- Quels sont les coûts de la conservation, y compris les coûts d'opportunité, des différents types de terres ?
- Comment les avantages environnementaux offerts par les forêts, tels que la biodiversité et l'eau, peuvent-ils affecter les décisions liées à la REDD ?

Bûcheron, acteur du secteur agroalimentaire, petit exploitant agricole, éleveur

68. Les programmes REDD+ auront un impact sur ma façon de tirer ma subsistance de la terre. Mes moyens de subsistance dépendent de la coupe des arbres et du défrichage.

- Quel montant de compensation dois-je demander ?

69. Le concept de la REDD+ est fondé sur la conviction que les forêts ne peuvent contribuer à l'atténuation du changement climatique *que si* leur protection est viable et attractive dans le cadre des stratégies de développement nationales. Ainsi, à mesure que les pays progressent dans leur préparation à la REDD+, une analyse des futurs coûts et avantages de ces programmes est nécessaire pour éclairer les décisions en matière de politiques, aussi bien nationales qu'internationales. La section suivante expose les différentes approches utilisées dans l'analyse des coûts d'opportunité.

Encadré 1.2. Gestion des grands nombres utilisés dans la comptabilisation du carbone

La REDD+ considérant, à l'échelle nationale ou mondiale, de très grandes quantités de carbone, la notation scientifique fréquemment utilisée peut s'avérer peu familière et confuse. Ce qui prête encore plus à confusion est que, dans certains cas (en particulier dans la littérature scientifique), la masse est exprimée en grammes, et non en tonnes (ex. : 1 t = 1 Mg). Le tableau ci-dessous résume les notations communes.

Notations scientifiques utiles pour la mesure du poids

Préfixe	Abréviation	Notation scientifique	Valeur équivalente
-	t	10 ⁰	1 000 kg
kilo	kt	10 ³	1 000 t
méga	Mt	10 ⁶	1 000 000 t
giga	Gt	10 ⁹	1 000 000 000 t
téra	Tt	10 ¹²	1 000 000 000 000 t
péta	Pt	10 ¹⁵	1 000 000 000 000 000 t

État de l'art actuel de l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+

70. Malgré les efforts intenses consentis pour intégrer la REDD+ aux négociations sur le changement climatique, les coûts d'opportunité liés à la REDD restent peu connus. Les études existantes peuvent être classées en trois groupes (Boucher, 2008b) :

- **Modèles mondiaux** : approche descendante basée sur des modèles économiques dynamiques.
- **Modèles empiriques régionaux** : approche ascendante, fondée sur une analyse empirique détaillée des compromis entre les profits économiques et le carbone associés au changement d'affectation des terres.
- **Modèles basés sur la superficie** : approche par unité de surface, utilisant une synthèse d'analyses infranationales et mondiales pour générer des estimations au niveau mondial.

71. Les études correspondantes abordent des types de questions différents. Les approches descendantes et basées sur la superficie mettent l'accent sur l'estimation du montant des réductions d'émissions au niveau mondial, pour des coûts d'opportunité donnés. Par contre, l'approche ascendante (présentée dans ce manuel de formation) est habituellement utilisée pour estimer les coûts d'opportunité de changements d'affectation des terres donnés. Dans le cadre de la préparation à la REDD+, l'approche ascendante répond à la question du point de vue d'un pays. Chacune des approches utilise une série distincte d'hypothèses concernant les méthodes et les données.

Approche descendante (modèles mondiaux)

72. Les approches descendantes (allant du haut vers le bas) évaluent le potentiel économique de la REDD+ à partir de données économiques agrégées. Les études les plus souvent citées ont été produites par trois groupes de recherche : l'*Ohio State University* (l'université d'État de l'Ohio), l'*International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA – l'institut international pour l'analyse des systèmes appliqués) autrichien, et le *Lawrence-Berkeley National Laboratory*.

73. Kindermann et coll. (2008) et Boucher (2008b) résument les méthodes et les hypothèses des études descendantes. Les modèles analytiques partagent une approche commune, fondée sur les coûts d'opportunité des différentes utilisations des terres. Les modèles diffèrent, cependant, sur de nombreux détails tels que, par exemple, les secteurs économiques considérés, la façon de simuler la dynamique de l'économie mondiale (ex. : pour les secteurs des forêts, de l'agriculture et de l'énergie), les divisions spatiales du monde, et les taux d'intérêt appliqués. De plus, les modèles se basent sur différents ensembles de données, tels que la répartition des densités de carbone dans les forêts du monde et les taux de déforestation.

74. Les études de l'*Ohio State University* appliquent le *Global Timber Model* (GTM – le modèle mondial pour le bois d'œuvre) – un modèle dynamique qui calcule la superficie, la

tranche d'âge des arbres et le régime de gestion optimaux pour 250 catégories de forêt dans le monde entier (Sohngen et coll., 1999 ; Sohngen et Mendesohn, 2003). Le modèle GTM fait l'hypothèse que les forêts sont gérées pour la production de bois d'œuvre ; il ne considère pas explicitement d'autres utilisations des terres. Le GTM suppose généralement que les coûts d'opportunité sont plus faibles que dans les deux autres modèles, en partie parce qu'il suppose également que les profits de l'agriculture et les stocks de carbone sont plus élevés sur les terres boisées.

75. Les études de l'IIASA utilisent le *Dynamic Integrated Model of Forestry and Alternative Land Use* (DIMA – un modèle dynamique intégré pour la foresterie et d'autres utilisations des terres). Le modèle DIMA met l'accent sur la répartition des terres entre la foresterie, les pâturages et l'agriculture. Il prédit que la déforestation se produit quand la valeur des terres est plus élevée pour d'autres utilisations que pour la forêt, et que le reboisement se produit quand la valeur tirée de la foresterie est supérieure à celle des autres utilisations des terres. La résolution des résultats du modèle DIMA est fondée sur des mailles de 0,5° (~56x56 km près de l'équateur).

76. Les études du laboratoire Lawrence Berkeley utilisent le *Generalized Comprehensive Mitigation Assessment Model* (GCOMAP – un modèle généralisé détaillé d'évaluation de l'atténuation). Le GCOMAP est un modèle dynamique d'équilibre partiel qui analyse le reboisement avec des essences à croissance rapide et lente et les réductions de la déforestation dans dix régions du monde.

77. Les limitations et incertitudes des efforts de modélisation mondiaux comprennent :

- L'utilisation d'estimations du stock moyen de carbone ;
- Une estimation de l'extension des forêts de chaque région, fondée sur des données imprécises ;
- Une modélisation simpliste du changement d'affectation des terres (ex. : la conversion d'un type de forêt en un type d'agriculture) ;
- Seule la production de bois d'œuvre est prise en compte pour déterminer la valeur de la forêt ;
- Le manque de données économiques propres à chaque pays.

Les forces des efforts de modélisation mondiaux comprennent :

- Des hypothèses explicites à propos des conditions futures influençant les modèles pour le bois d'œuvre (ex. : la pression démographique) ;
- La prise en compte explicite des effets des politiques REDD+ sur les prix du bois d'œuvre.

78. Les trois modèles mondiaux produisent des séries de résultats (Figure 1.7). Les résultats reflètent généralement le niveau plus élevé de productivité et de valeur des activités agricoles en Asie et en Amérique latine. Avec un scénario de réduction des

émissions dues à la déforestation de 50 % entre 2005 et 2030, les estimations des coûts d'opportunité varient d'un minimum de 1,7 dollar EU/t eqCO₂ en Amérique latine (GTM) à 38 dollars EU/t eqCO₂ en Asie (GCOMAP). Les coûts d'opportunité moyens pour l'Afrique, les Amériques et l'Asie sont respectivement de 2,22 dollars EU, 2,37 dollars EU et 2,90 dollars EU/t eqCO₂. Les différences entre les continents ne sont toutefois pas statistiquement significatives (Kindermann, 2008).

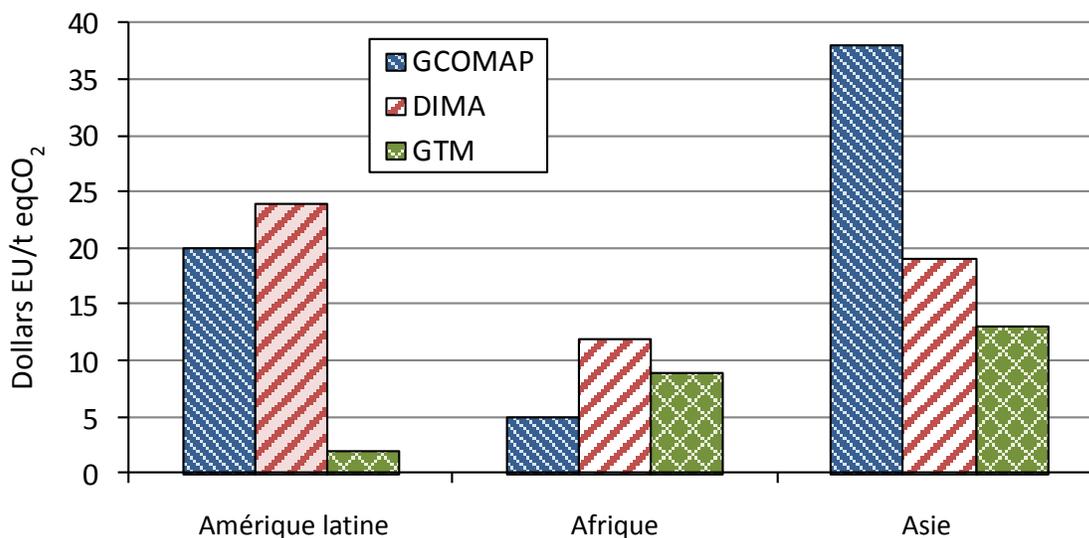


Figure 1.7. Prix du carbone nécessaires pour réduire la déforestation de 50 % en 2030

Source : Kindermann, 2008.

Approche ascendante (modèles régionaux empiriques)

79. Les études ascendantes (allant du bas vers le haut) sont fondées sur des données empiriques de terrain infranationales. Les estimations de la densité de carbone (t/ha) et des coûts d'opportunité par unité de surface (dollars EU/ha) sont propres à des régions ou à des périodes particulières. Les estimations des coûts d'opportunité dépendent donc de la disponibilité et de la qualité de l'information locale.

80. Plus de vingt de ces études estiment un petit nombre de changements d'affectation des terres et ne produisent pas de courbes complètes (Boucher, 2008b). Une grande partie de la base empirique utilisée pour l'analyse des coûts d'opportunité dans ce manuel a été générée dans le cadre de l'*Alternatives to Slash and Burn program* (ASB – le programme recherchant des options autres que la culture sur brûlis). Swallow, et coll. (2007) présentent des courbes de coûts d'opportunité infranationales pour les sites ASB en Indonésie, au Pérou et au Cameroun. Ces études génèrent des courbes de coûts détaillées, fondées sur une recherche approfondie sur le terrain, et requièrent donc moins

d'hypothèses que les modèles mondiaux¹⁸. Les approches ascendantes ne prennent pas nécessairement en compte les rapports de rétroaction mondiaux engendrés par un système REDD+, qui sont susceptibles de modifier les prix (ex. : des denrées alimentaires et du bois d'œuvre) et par conséquent, les coûts (Boucher, 2008b).¹⁹

81. Börner et Wunder (2008) ont utilisé une méthodologie au niveau municipal, basée sur des statistiques officielles brésiliennes relatives à l'utilisation des terres, dans le cadre d'une analyse pilote réalisée pour deux États fédéraux. En intégrant des sources de données supplémentaires (ex. : les taux de profit par catégorie d'utilisation des terres, des scénarios de simulation de la déforestation future, etc.), cette approche a été étendue à l'ensemble de l'Amazonie brésilienne (Börner et coll., 2010).

Approche par unité de surface (modèles basés sur la superficie)

82. L'étude Grieg-Gran (2006) dans le cadre du Rapport Stern est une synthèse, basée sur la superficie, de données et d'analyses provenant de huit pays représentant la majeure partie de la forêt tropicale (Brésil, Bolivie, Cameroun, Ghana, Indonésie, Malaisie, Papouasie-Nouvelle-Guinée et République démocratique du Congo). Cette approche présente l'inconvénient d'avoir une faible résolution, qui limite son utilisation au niveau infranational. De plus, les estimations des coûts d'opportunité ne sont pas accompagnées des estimations des densités de carbone correspondantes, en dépit de l'utilisation d'informations infranationales sur l'estimation des coûts d'opportunité (dollars EU/ha) pour estimer un coût mondial par unité de surface de la réduction de la déforestation.²⁰ La valeur médiane (3,48 dollars EU/t eqCO₂) des estimations est de 36 % supérieure à la moyenne des estimations locales de l'approche ascendante, en partie à cause de l'absence de variations spatiales de la densité de carbone. Cette approche a cependant permis d'utiliser des données sur les coûts d'opportunité par unité de surface pour des régions où aucune donnée par tonne n'était disponible (Boucher, 2008 b).²¹

83. Strassburg et coll. (2008) a mené une étude similaire avec des données de vingt pays. L'« approche de terrain » a utilisé des données de la FAO sur les zones boisées et les taux de déforestation passés. Combinée à des modèles et à des données mondiaux et régionaux sur la biomasse, l'analyse a estimé la teneur en carbone par hectare pour chaque pays. Deux approches distinctes ont été utilisées pour estimer les profits tirés de l'utilisation des terres. Des données de terrain récentes, provenant des huit pays en développement ayant la plus vaste superficie déboisée par an, ont été utilisées pour établir une relation générale

¹⁸ Börner et Wunder (2008) fondent largement leurs analyses sur des statistiques officielles de l'État, disponibles au Brésil.

¹⁹ L'effet de l'évolution des prix et des coûts peut être abordé au moyen d'une analyse de sensibilité (Module T).

²⁰ Dénommés *modèles mondiaux empiriques* par Wertz-Kanounnikoff, 2008.

²¹ Pour convertir les estimations par unité de surface (dollars EU/ha) en estimations par quantité émise (dollars EU/eq CO₂), Boucher (2008b) utilise un facteur de conversion pour la densité de carbone moyenne : 3,94 milliards de tCO₂ émis par 10,1 millions d'hectares déboisés, d'après Strassburg et coll. (2008).

entre la déforestation et les coûts d'opportunité, qui a été ensuite appliquée aux données forestières de chacun des vingt pays.

84. Dans l'autre approche, une récente carte mondiale, géoréférencée par un GIS, montrant les rendements économiques potentiels de l'agriculture et des pâturages (Figure 1.8 ; Naidoo et Iwamura, 2007) a été superposée avec des bases de données GIS mondiales sur la distribution spatiale de la déforestation. Les résultats montrent qu'avec un très faible coût d'opportunité²² (~5.5 dollars EU/t), un mécanisme pourrait réduire 90 % de la déforestation mondiale (Strassburg et coll. 2008).

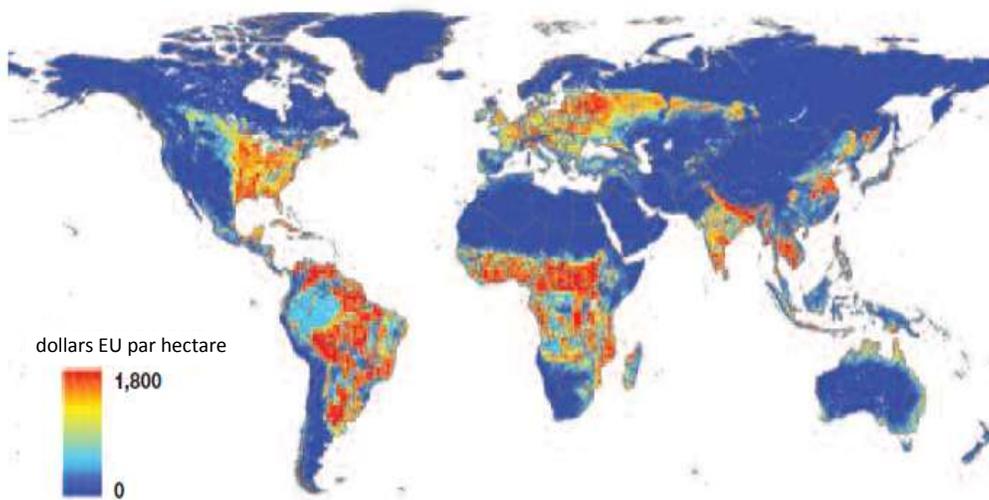


Figure 1.8. Rendements agricoles par hectare

Source : Sukhdev (2008), de Strassburg et coll. (2008), à partir de données de Naidoo et Iwamura (2007).

Comparaison des trois approches

85. La Figure 1.9 résume les résultats des trois approches. Les analyses des coûts d'opportunité infranationaux révèlent un coût d'opportunité moyen de 2,51 dollars EU/t eqCO₂, 18 des 29 estimations étant inférieures à 2 dollars EU. Les estimations par unité de surface concluent que pour réduire de 46 % la déforestation mondiale, les coûts d'opportunité seraient compris entre 2,76 et 8,28 dollars EU/t eqCO₂. Les investissements associés nécessaires pour atteindre ce résultat seraient de 5 à 15 milliards de dollars EU par an. Les modèles mondiaux produisent des estimations des coûts de réduction nettement plus élevées que les estimations empiriques infranationales ou que les estimations basées sur la superficie du Rapport Stern. Les estimations des modèles mondiaux comprennent les effets de l'évolution des prix locaux ou mondiaux due à l'altération des activités forestières et agricoles (Boucher, 2008b).

²² Dans la mesure où d'autres coûts liés à la REDD+ ne sont pas pris en compte, la terminologie initiale de *prix du CO₂e* est plus proche du concept de coût d'opportunité.

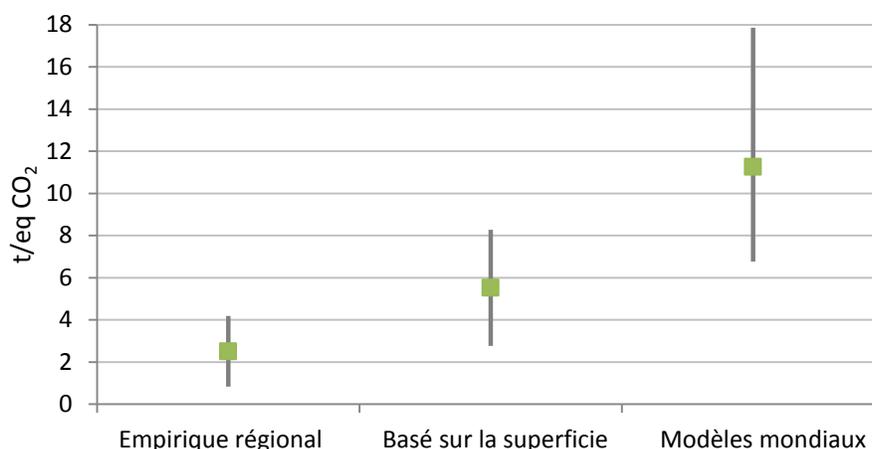


Figure 1.9. Estimations moyennes des approches du coût d'opportunité (avec marge haute/basse)

Source : Boucher, 2008b.

86. En plus des différences dans les coûts d'opportunité par type de réduction des émissions, les coûts peuvent sensiblement augmenter si toute la déforestation doit être éliminée dans une région. D'après les modèles mondiaux, de plus petites réductions des émissions sont moins coûteuses. Une réduction de 10 % sur la même période ne coûterait que 1 à 8 dollars EU/t eqCO₂. Au Brésil, Nepstad et coll. (2007) ont estimé que l'élimination de 94 % des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts coûterait 0,76 dollar EU par t eqCO₂. L'élimination de 100 % des émissions coûterait près du double (1,49 dollar EU par t eqCO₂).

87. Pour réaliser une analyse au niveau national des coûts d'opportunité liés à la REDD+, l'approche ascendante est recommandée. Les estimations des coûts d'opportunité ne sont pas uniquement fondées sur les informations locales, elles s'intégreront en plus facilement aux cadres analytiques mis au point par le GIEC pour les changements d'affectation des terres (GIEC, 2003) et les inventaires nationaux des gaz à effet de serre (GIEC, 2006). De plus, les pays envisageant de participer à la REDD+ ont besoin d'informations sur ce que cela leur coûterait de réduire les émissions dues à la déforestation, à la dégradation des forêts et au reboisement. Les estimations des coûts mondiaux ne sont pas d'une grande aide. De même, les approximations moyennes faites par les analyses à grande échelle ne reflètent pas la variété, potentiellement grande, des conditions existant au sein d'un pays (Pagiola et Bosquet, 2009).

88. Le chapitre suivant donne un aperçu du contenu du manuel de formation et du processus d'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+.

Références et lectures complémentaires

Alliance Climat, Communauté et Biodiversité (CCBA) et CARE International. 2010. Avant-projet de *REDD+ Social & Environmental Standards*. Version 1. Juin. http://www.climate-standards.org/redd+/docs/june2010/REDD_Social_Environmental_Standards_06_01_10_final.pdf

Antinori, C., J. Sathaye. 2007. *Assessing transaction costs of project-based greenhouse gas emissions trading*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, États-Unis.

Blackmann, A. 2010. *Will REDD Really Be Cheap?* Weekly Policy Commentary. Resource for the Future : Washington DC. 5 février.

<http://www.rff.org/Publications/WPC/Pages/Will-REDD-Really-Be-Cheap.aspx>

Blaser, J., C. Robledo. 2007. Initial analysis of the mitigation potential in the forestry sector. Secrétariat de la CCNUCC, Berne, Suisse.

Bond, I., M. Grieg-Gran, S. Wertz-Kanounnikoff, P. Hazelwood. 2009. *Incentives to sustain forest ecosystem services: A review and lessons for REDD*. Natural Resource Issues No. 16. Institut international pour l'environnement et le développement, Londres, GB, avec le CIFOR, Bogor, Indonésie, et l'Institut des ressources mondiales, Washington D.C., États-Unis.

Börner, J., S. Wunder, S. Wertz-Kanounnikoff, M. Rüginitz Tito, L. Pereira, N. Nascimento. 2010. Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: Scope and equity implications. *Ecological Economics* 69: 1272–1282.

Börner, J., S. Wunder. 2008. Paying for avoided deforestation in the Brazilian Amazon: From cost assessment to scheme design. *International Forestry Review* 10 (3):496-511.

Boucher, D. 2008a. *Out of the Woods: A realistic role for tropical forests in Curbing Global Warming*. Washington : Union of Concerned Scientists. 33 p.

http://www.ucsusa.org/assets/documents/global_warming/UCS-REDD-Boucher-report.pdf

Chomitz, K.M., P. Buys, G.D. Luca, T.S. Thomas, et S. Wertz-Kanounnikoff. 2006. *At Loggerheads? Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and Environment in the Tropical Forests*. Washington : Banque mondiale.

da Fonseca, G. A. B., C. M. Rodriguez, G. Midgley, J. Busch, L. Hannah, et R. A. Mittermeier. 2007. No Forest Left Behind. *Public Library of Science (PLoS) Biology* 5:e216.

Dewan Nasional Perubahan Iklim (National Council on Climate Change – le conseil national sur le changement climatique) et McKinsey & Co. 2009. *Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*, rapport intérimaire, Jakarta : septembre.

Dutschke, M., R. Wolf. 2007. *Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries: The Way Forward*. Programme de protection du climat du GTZ, Eschborn, Allemagne.

Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests*. The Eliasch Review. Stationery Office Limited : GB.

FPCF. 2010. *Operating Arrangements under the Carbon Finance Mechanism Issues Note*. , Note de réflexion du FPCF. 22 décembre. 12 p.

http://www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/Dec2010/FCPF_Carbon_Fund_Issues_Note_12-22-10.pdf

GIEC, 2003. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie*. Penman, J., Gytarsky, M., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner F. (eds.) GIEC-IGES, Kanagawa. Japon. Voir : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Chp4/Chp4_3_Projects.pdf

GIEC. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Préparé par le Programme d'inventaires nationaux des gaz à effet de serre du GIEC, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (eds). IGES, Japon. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

Gregersen, H., El Lakany, A. Karsenty, A. White. 2010. *Does the Opportunity Cost Approach Indicate the Real Cost of REDD+ ? Rights and Realities of Paying for REDD+ .* Initiative pour les droits et ressources : Washington D.C. 29 p. http://www.rightsandresources.org/documents/files/doc_1555.pdf

Grieg-Gran, M. 2006. *The Cost of Avoiding Deforestation*. Rapport préparé pour le Rapport Stern sur les aspects économiques du changement climatique. Institut international pour l'environnement et le développement (IIED) : Londres. 20 p.

Gullison, R.E., P.C. Frumhoff, J.G. Canadell, C.B. Field, D.C. Nepstad, K. Hayhoe, R. Avissar, L.M. Curran, P. Friedlingstein, C.D. Jones, C. Nobre. 2007. Tropical Forests and Climate Policy. *Science*. 316 (18)985-986.

Institut des ressources mondiales. 2010. *Governance of Forests Initiative*. <http://www.wri.org/project/governance-of-forests-initiative>

Kindermann, G., M. Obersteiner, B. Sohngen, J. Sathaye, K. Andrasko, E. Rametsteiner, B. Schlamadinger, S. Wunder, et R. Beach. 2008. Global Cost Estimates of Reducing Carbon Emissions through Avoided Deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(30) : 10302-10307. www.pnas.org/content/105/30/10302.full.

Naidoo, R., T. Iwamura. 2007. Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: Implications for conservation priorities. *Biological Conservation* 140:40-49.

Nepstad, D., B. Soares-Filho, F. Merry, P. Moutinho, H. O. Rodrigues, M. Bowman, S. Schwartzman, O. Almeida, and et S. Rivero. 2007. *The costs and benefits of reducing carbon emissions from deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon*. Woods Hole Research Center, Falmouth, MA, États-Unis.

Niles, J. O., S. Brown, J. Pretty, A. S. Ball, J. Fay. 2002. Potential carbon mitigation and income in developing countries from changes in use and management of agricultural and forest lands. *Philosophy Transcript. R. Soc. Londres Ser. A* 360, 1621-1639.

Olsen, N., J. Bishop 2009. *The Financial Costs of REDD: Evidence from Brazil and Indonesia*. Gland, Suisse : UICN. 65 p.

ONU-REDD. 2010. *REDD+*, Site Internet ONU-REDD accédé en mai 2010. <http://www.un-redd.org/AboutREDD/tabid/582/language/en-US/Default.aspx>

- Pagiola, S., B. Bosquet. 2009. *Estimating the Costs of REDD+ at the Country Level*. Version 2.2. Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier, Banque mondiale. www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/...org/.../REDD-Costs-22.pdf
- Palm, C., T. Tomich, M. Van Noordwijk, S. Vosti, J. Gockowski, J. Alegre, L. Verchot. 2004. Mitigating GHG Emissions in the Humid Tropics: Case Studies from the Alternatives to Slash-and-Burn Program (ASB). *Environment, Development and Sustainability* 6: 145–162.
- Pirard, R. 2008. *Reducing Emissions from Deforestation and Degradation in non Annex 1 countries*. The Climate Group : Londres. 21 p. http://www.theclimategroup.org/_assets/files/Reducing-Emissions-from-Deforestation.pdf
- Richards, M., R. Asare, S. Namirembe, J. Olander, M. Quinlan. 2010. *The REDD Opportunities Scoping Exercise (ROSE): A Tool for Prioritizing Sub-National REDD+ Activities – Case Studies from Ghana, Tanzania, and Uganda*. Katoomba Group, Forest Trends, Nature Conservation Research Centre. 27 p. http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2431.pdf
- Richards, M., S. Panfil. 2010. *Manual for Social Impact Assessment of Land-Based Carbon Projects: Part I – Core Guidance for Project Proponents*. Version 1.0. Forest Trends, Climate, Community & Biodiversity Alliance, Rainforest Alliance and Fauna & Flora International. Washington, DC. 47 p. http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2436.pdf
- Rudel, T. K. 1998. Is there a forest transition? Deforestation, reforestation, and development. *Rural Sociology* 63:533-552.
- Sohngen B., R. Mendelsohn, R. Sedjo. 1999. Forest management, conservation, and global timber markets. *American Journal Agricultural Economics*. 81:1–13.
- Sohngen B., R. Mendelsohn. 2003. An optimal control model of forest carbon sequestration. *American Journal Agricultural Economics*. 85:448–457.
- Stern, N. 2006. *The Stern Review: The economics of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, GB.
- Strassburg, B., K. Turner, B. Fisher, R. Schaeffer, et A. Lovett. 2008. *An Empirically-Derived Mechanism of Combined Incentives to Reduce Emissions from Deforestation*. CSERGE Working Paper ECM 08-01, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, Université d’East Anglia, Norwich, GB.
- Strassburg, B., R.K. Turner, B. Fisher, R. Schaeffer, A. Lovett. 2009. Reducing emissions from deforestation—The “combined incentives” mechanism and empirical simulations *Global Environmental Change* 19(2):265-278.
- Sukhdev, P. 2008. *The economics of ecosystems & biodiversity (TEBB): An Interim Report* Communautés européennes. A Banson Production : Cambridge, GB. 68 p.
- Swallow, B, M. van Noordwijk, S. Dewi, D. Murdiyarso, D. White, J. Gockowski, G. Hyman, S. Budidarsono, V. Robiglio, V. Meadu, A. Ekadinata, F. Agus, K. Hairiah, P.N. Mbile, D.J. Sonwa, S. Weise. 2007. *Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits. An Interim Report by the ASB Partnership for the Tropical Forest Margins*. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, Nairobi, Kenya. The Forests Dialogue. 2010. *TFD Review: Investing in REDD-plus, Consensus Recommendations on Frameworks for the Financing and*

Implementation of REDD-plus. TFD Publication Number 1. The Forests Dialogue, New Haven. 63p.

Tomich, T. P., A. Cattaneo, S. Chater, H. J. Geist, J. Gockowski, D. Kaimowitz, E. Lambin, J. Lewis, O. Ndoye, et C. Palm. 2005. Balancing Agricultural Development and Environmental Objectives: Assessing Tradeoffs in the Humid Tropics. Pp. 415-440 in C.A. Palm, S. A. Vosti, P.A. Sanchez, P.J. Ericksen, et A. Juo, (Eds.). *Slash and Burn: The Search for Alternatives*. Columbia University Press, New York.

van der Werf, G.R., D. C. Morton, R. S. DeFries, J. G. J. Olivier, P. S. Kasibhatla, R. B. Jackson, G. J. Collatz, J.T. Randerson. 2009. CO2 emissions from forest loss. *Nature Geoscience* 2, 737-738.

van Noordwijk, M., P.A. Minang 2009. If we cannot define it, we cannot save it: fuzzy forest definition as a major bottleneck in reaching REDD+ agreements at and beyond Copenhagen COP15. p5-10. in Bodegom, A.J., H. Savenije, M. Wit (eds). *Forests and Climate Change: adaptation and mitigation*. Tropenbos International, Wageningen, Pays-Bas. 160 p.
http://www.etfrn.org/ETFRN/newsletter/news50/ETFRN_50_Forests_and_Climate_Change.pdf

Wertz-Kanounnikoff, S. 2008. *Estimating the costs of reducing forest emissions. A review of methods*. Working Paper No. 42 (Novembre) CIFOR : Bogor. 17 p.

White, D., S.J. Velarde, J.C. Alegre, T.P. Tomich (Eds.), 2005. *Alternatives to Slash-and-Burn (ASB) in Peru, Summary Report and Synthesis of Phase II*. Monograph. Alternatives to Slash-and-Burn, Nairobi, Kenya. http://www.asb.cgiar.org/PDFwebdocs/White_et_al_2005_ASB-Peru.pdf

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 2. Vue d'ensemble et préparation

Objectifs

1. Résumer le contenu du manuel de formation,
2. Identifier les personnes et les qualifications requises pour estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+,
3. Évaluer sa propre connaissance des coûts d'opportunité de la REDD+,
4. Proposer différentes tactiques pour une utilisation efficace du manuel,
5. Fournir un guide pratique montrant la manière de procéder pour mener une analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+ au niveau national,
6. Identifier l'information nécessaire au départ afin d'estimer les coûts d'opportunité.

Sommaire

Structure du manuel de formation	2-2
Qui doit faire le travail ?	2-6
Les différentes manières d'utiliser ce manuel	2-8
Processus d'estimation des coûts d'opportunité	2-9
Références et lectures complémentaires	2-14



Structure du manuel de formation

1. Si l'estimation des coûts d'opportunité de la REDD+ était simple, aucun manuel de formation ne serait nécessaire. Le présent document décrit un processus d'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+. L'approche utilisée est basée sur des données infranationales détaillées. Un robuste socle d'informations empiriques aide à donner de la substance aux résultats de l'analyse et à soutenir les choix de politiques. Les procédures d'échantillonnage et d'extrapolation présentées visent à produire, de manière efficace, économique et précise, des estimations au niveau national des coûts d'opportunité liés à la REDD+.
2. Le manuel présente une série d'activités (distinctes, mais liées entre elles) contribuant à estimer les coûts d'opportunité. La première étape consiste à comprendre le contexte des politiques de REDD+ (Chapitre 3). Elle aborde l'évolution de la politique d'admissibilité à la REDD+ de la CCNUCC, le point de vue de comptabilisation (qui paye quoi), les niveaux d'émissions de référence et les mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN). Même si ces politiques sont toujours en évolution au sein de la CCNUCC, leur connaissance aide à positionner l'estimation des coûts d'opportunité au sein d'un cadre de décision plus général.
3. L'analyse des coûts d'opportunité commence par l'identification et la classification des utilisations des terres (Chapitre 4). La tâche associée consiste à évaluer les changements d'affectation des terres – les trajectoires à la fois passées et sans doute futures. Cette composante comprend également l'analyse des déterminants de la déforestation, qui aide à orienter l'analyse de scénarios de changement d'affectation des terres et la détermination des niveaux d'émission de référence. L'historique de l'utilisation des terres est utile pour identifier les futures trajectoires d'utilisation des terres. L'analyse des scénarios des trajectoires (maintien du statu quo et options possibles) est essentielle pour la détermination et la négociation des niveaux d'émission de référence des pays dans le cadre de la CCNUCC. Comme indiqué plus haut, ces activités sont étroitement liées aux objectifs stratégiques des pays, définis dans les propositions nationales de préparation à la REDD au titre du Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier (FPCF) de la Banque mondiale ou des programmes nationaux conjoints de la REDD-NU.²³
4. Le Chapitre 5 montre comment évaluer le stock de carbone de chacune des utilisations des terres, tandis que le Chapitre 6 explique comment estimer les profits associés. En plus d'examiner une série d'utilisations des terres, ces chapitres abordent également la manière de mener une analyse sur une période couvrant plusieurs années. Avec le Chapitre 4, ces deux chapitres traitent des modules de base de l'analyse des coûts

²³ Ainsi, la classification de l'utilisation des terres, l'identification des déterminants, et l'élaboration de scénarios de référence historiques (et potentiellement futurs) sont des activités faisant partie du processus d'élaboration des politiques REDD+ d'un pays.

d'opportunité. Il est important de noter que d'autres activités de préparation à la REDD+ peuvent également fournir des données utiles à l'analyse des coûts d'opportunité. Par exemple, les pays sont en train d'élaborer des scénarios de référence et de développer des systèmes de surveillance opérationnelle des forêts et de comptabilisation du carbone au niveau national.

5. Le Chapitre 7 rassemble les informations nécessaires à l'estimation des coûts d'opportunité et à l'établissement d'une courbe des coûts d'opportunité (Figure 2.1). Les modules permettent à l'analyse de progresser suivant deux axes : évaluation des composantes verticales (coûts) et horizontales (quantités) de la courbe.

6. L'axe vertical est basé sur une matrice des coûts d'opportunité (OppCost), qui résume les coûts d'opportunité associés à tous les changements d'affectation des terres, exprimés en dollars EU par tonne d'équivalent CO₂ (dollars EU/t eqCO₂). Elle est établie à partir des catégories d'utilisation des terres, accompagnées des informations sur le carbone et les profits associés.

7. L'axe horizontal nécessite également l'information sur l'utilisation des terres et le carbone, représentée dans une matrice des émissions. Cette matrice contient les quantités émises correspondant à tous les changements d'affectation des terres, en tonnes d'équivalent CO₂.

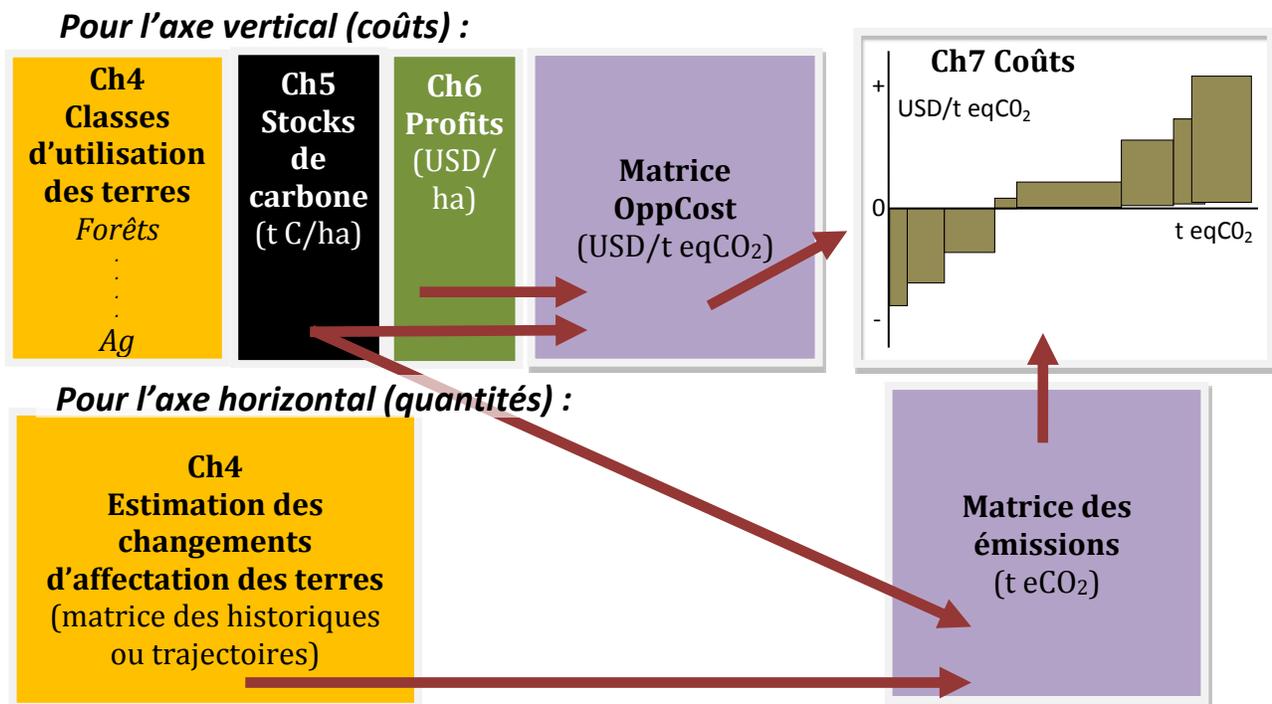


Figure 2.1. Étapes analytiques de l'établissement d'une courbe des coûts d'opportunité

8. Le manuel explique en outre comment améliorer la précision et l'exactitude des estimations des coûts d'opportunité, en suivant des étapes semblables aux niveaux (1,2,3) du GIEC.

9. Dans cette vue d'ensemble, nous introduisons quatre des principales composantes de base nécessaires pour estimer les coûts d'opportunité : 1) l'analyse de l'utilisation des terres ; 2) la mesure du carbone ; 3) l'estimation des profits ; et 4) l'établissement de la courbe des coûts d'opportunité. Tout au long de l'estimation, le recours, à travers un processus de discussion et d'examen critique, à toute une série de savoir-faire professionnels et de disciplines scientifiques rend l'approche analytique et les résultats non seulement plus précis et exacts, mais aussi plus compréhensibles par un large public, y compris ceux qui peuvent être affectés par les politiques REDD+.

Analyse de l'utilisation des terres

10. L'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ nécessite un cadre de systèmes d'utilisations des terres. Le terme systèmes est employé parce que les utilisations des terres comportent souvent des activités multiples susceptibles de changer au cours du temps. Bien que l'identification et le classement des sols puissent sembler une opération simple, les chercheurs et les décideurs sont confrontés à un certain nombre de difficultés, notamment : 1) un éventail potentiellement large d'utilisations des terres, et 2) la

distinction entre les différents systèmes d'utilisations des terres à partir de l'imagerie de télédétection.

11. Les catégories sont déterminées sur la base d'une combinaison de critères nationaux, du GIEC et autres. Pour permettre une analyse systématique et rigoureuse des coûts d'opportunité de la REDD+, les systèmes d'utilisations des terres doivent être :

- non ambigus (ne concerner qu'une seule catégorie d'utilisation des terres),
- une base à partir de laquelle peuvent être intégrés de nombreux types de données,
 - relatives au carbone (homogénéité des stocks de carbone),
 - relatives aux profits (homogénéité des profits),²⁴
 - relatives aux politiques (prise en compte des mandats de différentes agences nationales),
- valables pour différentes versions de la RED(D++)
- capables de produire des rapports à différents niveaux (mondial, national, et local).

12. Les caractéristiques observables des zones rurales, tant biophysiques (végétation, altitude, qualité du sol, par exemple) que socio-économiques (ex. : densité de la population, accès aux marchés, zones culturellement homogènes, etc.) font partie des déterminants des catégories des systèmes d'utilisations des terres. La quantification des systèmes d'utilisations des terres est réalisée à travers un processus d'identification des diverses occupations des sols sur des cartes (généralement des images satellites) et de vérification des utilisations réelles des terres, souvent à l'aide d'une confirmation sur le terrain.

13. L'évaluation des changements dans les systèmes d'utilisations des terres constitue la base de l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+. Les changements passés sont calculés en comparant les systèmes d'utilisations des terres de différentes années. Les trajectoires futures possibles peuvent être déterminées à l'aide d'une extrapolation des changements passés et/ou de l'établissement de modèles d'utilisation des terres. La quantité de chacun des types de changement d'occupation du sol influence l'estimation des niveaux d'émission de référence nationaux.

Estimation du carbone et des profits

14. Les données biophysiques collectées et les méthodes d'estimation associées sont largement basées sur les exigences émises par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). En particulier, pour l'estimation des stocks de carbone, le manuel de formation applique les méthodes définies dans les Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des

²⁴ Les niveaux d'homogénéité doivent être déterminés en fonction de l'impact sur les résultats. Dans certains cas, une différence de 5 à 10 % peut ne pas beaucoup affecter les estimations des coûts d'opportunité. En ce qui concerne la précision et la rigueur, la question qui se pose est de savoir si les coûts de la collecte des données peuvent être compensés par l'avantage de disposer de meilleures estimations.

terres, changement d'affectation des terres et foresterie (GPG-UTCATF), élaborées en 2003 par le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) et dans les Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre pour l'agriculture, la foresterie et les autres utilisations des terres (GL-AFOLU), pour la manière d'estimer des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts.

15. Il n'existe par contre aucun protocole pour la collecte et l'analyse des données socio-économiques. Comme pour l'analyse biophysique, des méthodes rigoureuses de collecte, de gestion et d'analyse des données facilitent la production des informations socio-économiques exactes et solides qui sont nécessaires pour estimer les profits associés aux utilisations des terres. Une des grandes difficultés est la prise en compte de la manière dont les revenus et les coûts varient au cours d'une période de plusieurs années, au sein d'un même système d'utilisations des terres.

16. Des informations biophysiques et socio-économiques précises ne suffisent pas pour analyser les coûts d'opportunité. La capacité d'intégrer les données biophysiques et socio-économiques des systèmes d'utilisations des terres identifiés dans le cadre de l'analyse est tout aussi importante. Autrement dit, les données doivent être exprimées dans les mêmes unités d'analyse : par hectare, avec des données annuelles utilisables dans un cadre analytique pluriannuel. Pour faciliter la compréhension et améliorer la transparence du processus, il est fortement recommandé d'enregistrer les contextes, les processus et les hypothèses.

Estimation des coûts d'opportunité et autres analyses

17. L'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+ produit une représentation monétaire (ex. : en dollars EU par hectare, dollars EU par tonne de carbone, ou dollars EU par équivalent CO₂) du compromis entre le stockage du carbone et les profits générés par les terres. La représentation graphique de ce compromis (la *courbe des coûts d'opportunité*) est un objectif clé de l'analyse.

18. L'estimation des coûts d'opportunité sert de base à d'autres analyses et débats. Par exemple :

- l'analyse de sensibilité des coûts d'opportunité estimés par rapport à des changements dans les méthodes, les hypothèses et les données,
- les coavantages de la biodiversité et de l'eau,
- l'analyse de scénario concernant
 - différentes trajectoires futures d'utilisation des terres
 - les impacts distributifs des politiques REDD+ et des compensations sur
 - les utilisateurs des terres (ex. : les petits exploitants, les propriétaires de plantations), et
 - les secteurs économiques connexes (exploitation du bois, agriculture, etc.)

19. Ces analyses liées à l'estimation des coûts d'opportunité peuvent aider les décideurs nationaux à comprendre les implications des politiques REDD+.

Sensibilité

20. L'examen critique d'une analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+ comprend également une évaluation des données, des méthodes et des hypothèses utilisées. Une des manières de procéder est d'effectuer une *analyse de sensibilité*, afin d'ajuster les paramètres spécifiques, tels que les coefficients techniques (ex. : stock de carbone, profits estimés). Le Chapitre 7 présente l'analyse de sensibilité ainsi que des exercices.

Coavantages

21. En plus de séquestrer le carbone, les forêts génèrent également d'autres services environnementaux et d'écosystèmes. Ces services, ou *coavantages*, comprennent la biodiversité et l'eau. Leur valeur peut être nettement supérieure à celle du carbone, et peut donc diminuer les coûts d'opportunité apparents de la réduction des émissions. Le Chapitre 8 aborde la question des coavantages et leurs répercussions sur l'estimation des coûts d'opportunité.

Scénarios

22. L'analyse des scénarios peut montrer comment les hypothèses relatives aux conditions futures peuvent influencer l'estimation de l'utilisation des terres, les niveaux d'émissions de référence, et les compromis économiques, sociaux et environnementaux. Dans le cadre des analyses de sensibilité, les analystes et décideurs peuvent comparer une série d'actions de politiques possibles, afin d'identifier les résultats optimaux en termes de conservation et de développement. Par exemple, une forte hausse des prix de l'énergie et des denrées alimentaires peut inciter à augmenter la production agricole au sein des forêts. Il sera alors nécessaire de recalculer les coûts d'opportunité. Les coûts d'opportunité estimés doivent donc être recalculés. Les résultats analytiques de l'analyse des coûts d'opportunité mis à jour peuvent faciliter les processus d'élaboration des politiques et de prise de décision. Le Chapitre 9 présente cette question ainsi que des exercices.

Conclusions et étapes suivantes

23. Les estimations des coûts d'opportunité doivent être examinées et révisées lorsque de nouveaux éléments probants techniques sont disponibles (ex. : de meilleures estimations des stocks de carbone), quand des changements significatifs se produisent dans les conditions du marché ou des modifications interviennent dans les politiques REDD. Des modèles de coûts d'opportunité peuvent être utilisés pour l'analyse continue des scénarios. La révision des analyses, la communication des résultats et les étapes suivantes sont présentées dans le Chapitre 10.

Qui doit faire le travail ?

24. L'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ nécessite un large éventail de savoir-faire. En outre, l'ampleur du travail requis au niveau national dépasse ce qui peut être pris en charge par une ou deux personnes. C'est pourquoi la première étape est d'obtenir l'implication des bonnes personnes et organisations. Ce n'est qu'à cette condition qu'un pays peut espérer pouvoir produire des estimations convenables des coûts d'opportunité, garder un regard critique sur les méthodes employées pour arriver aux conclusions, et élaborer la meilleure stratégie nationale pour la participation aux fonds et aux marchés REDD+.

25. Les chapitres de ce manuel aident les pays à constituer l'équipe d'analystes et de spécialistes des politiques nécessaire pour l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+. Cette équipe doit faire collaborer des compétences dans divers domaines scientifiques et environnements professionnels, tels que la foresterie, l'économie, l'agriculture, la géographie, et les politiques.

26. Comme beaucoup de personnes sont susceptibles d'être touchées par la REDD+, d'autres peuvent souhaiter être informées et participer, comme les écologistes, les hydrologues, les militants communautaires, et le secteur privé. Les équipes des pays devront donc établir un subtil compromis entre les avantages de l'intégration de points de vue et connaissances supplémentaires, et les coûts occasionnés par la coordination d'un grand nombre d'intervenants.

Une équipe nationale REDD+ d'analystes et de spécialistes des politiques

27. Les experts nationaux impliqués dans la recherche et l'analyse des politiques REDD+ devraient estimer les coûts d'opportunité. Comme l'ensemble de ces travaux ne peut être accompli par une seule personne, ni même par un seul organisme public, l'équipe nationale REDD+ devra réunir les savoir-faire de :

1. **géographes/spécialiste de l'analyse spatiale** pour cartographier les utilisations des terres et leur évolution,
2. **spécialistes des forêts et du carbone** pour mesurer le carbone des utilisations des terres
3. **économistes agricoles et forestiers** pour estimer les profits associés aux utilisations des terres,
4. **hydrologues et spécialistes de la biodiversité** pour déterminer les éventuels coavantages,
5. **sociologues** pour identifier d'éventuelles conséquences sociales négatives, et
6. **administrateurs REDD+ nationaux** pour identifier les réponses à apporter par les politiques.

28. La participation d'un personnel issu d'organismes publics favorise le débat sur les concepts REDD+ et facilite l'établissement de relations directes avec les décideurs

politiques (Encadré 2.1). L'implication d'organisations non gouvernementales et d'universitaires peut aider à assurer la continuité et la permanence de la capacité d'analyse, étant donné que le personnel des organismes publics a tendance à changer fréquemment. Des organisations rurales communautaires et le secteur privé peuvent également souhaiter participer.

Encadré 2.1. L'analyse des coûts d'opportunité en tant qu'objet-frontière

L'analyse des coûts d'opportunité est un *objet-frontière* qui facilite la communication entre la science et les politiques. De nombreux rapports du GIEC sont, par exemple, des objets-frontières. Un objet-frontière doit satisfaire des exigences strictes. Le contenu doit être crédible et contrôlable, tandis que la présentation doit être adaptée aux besoins des décideurs politiques infranationaux, nationaux et internationaux.

Le travail en commun favorise la communication et la compréhension. Il ne suffit pas de triturer les chiffres, de remplir des bases de données et de produire des chiffres, ni de lire rapidement les rapports finaux et d'assister à des réunions sur les politiques. Le **processus** d'estimation des coûts d'opportunité requiert un débat entre les scientifiques et les décideurs politiques.

Pendant l'établissement d'une courbe des coûts d'opportunité, d'autres objets-frontières intermédiaires doivent réconcilier différents niveaux de compréhension : les diverses disciplines académiques, le savoir-faire professionnel et les intérêts politiques. L'un des objets-frontières les plus importants dans l'analyse des coûts d'opportunité est la *typologie nationale des systèmes d'utilisations des terres, ou légende des cartes*, qui sert de squelette à l'analyse. Nous prévoyons un processus d'apprentissage progressif et itératif pour parvenir à une typologie appropriée de l'utilisation des terres.

L'approche générale de l'analyse peut tirer avantage de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire et d'actions multidisciplinaires similaires destinées à des audiences plus larges. La participation des décideurs aux travaux leur permet d'exprimer leurs préoccupations et leurs besoins, et de faire des suggestions. Cette collaboration peut rendre les résultats plus significatifs, plus utiles et plus intéressants.

Manières d'utiliser ce manuel

29. Le niveau d'investissement nécessaire pour maîtriser l'analyse des coûts d'opportunité liée à la REDD+ varie selon les personnes impliquées. Le questionnaire présenté précédemment vous a probablement donné une idée plus précise des connaissances qui pourraient vous être utiles. Dans la liste qui suit, choisissez les objectifs qui vous semblent les plus adaptés à votre situation, et déterminez le temps qu'il vous faudra probablement y consacrer :

Je dois :

- lire rapidement pour confirmer mes connaissances (10 à 40 minutes) ;

- lire pour apprendre quelque chose d'important (1 heure à 1 journée), suffisamment pour savoir :
 - qui doit participer aux ateliers de formation,
 - qui doit faire partie de l'équipe nationale REDD+ d'analystes et de spécialistes des politiques ;
- lire attentivement pour me familiariser avec quelques-uns des sujets abordés afin de pouvoir juger de manière critique les résultats obtenus et leurs implications pour les politiques (1,5 à 5 jours).
- lire, participer à un atelier et m'entraîner avec des exemples afin de maîtriser tous les aspects nécessaires pour pouvoir juger de manière critique les résultats, la méthode d'analyse et les implications pour les politiques (5 à 15 jours).

Encadré 2.2. Mes connaissances actuelles sont-elles suffisantes ?

La question des coûts d'opportunité liés à la REDD+ peut être déroutante et difficile à comprendre. Certains termes et expressions utilisés peuvent être nouveaux. Combien d'entre eux connaissez-vous ?

- *Réalité de terrain – unité cartographique minimale – trajectoire d'utilisation des terres*
- *Taux d'actualisation – valeur actualisée nette – point de vue de comptabilisation*
- *Niveau d'émission de référence – maintien du statu quo*
- *Flux de carbone – équation allométrique*

Si vous maîtrisez tous ces termes, vous êtes une personne exceptionnelle, votre score est de 10 sur 10. Pour le reste d'entre nous, y compris les auteurs de ce manuel, il faut du temps pour comprendre le fonctionnement complexe et subtil des coûts d'opportunité lié à la REDD+. Le présent manuel et les exercices pratiques nous aideront à atteindre un haut niveau élevé d'expertise.

Priorité probable des sujets, par niveau de savoir-faire

30. Pour **les décideurs et responsables des politiques nationaux**, il sera utile d'être capables d'interpréter, juger de manière critique et appliquer les résultats des études des coûts d'opportunité. Une telle capacité est nécessaire pour déterminer les politiques qui seront nécessaires pour élaborer des plans REDD+ au niveau national et infranational. Pour l'acquérir, l'information contenue dans les chapitres suivants est considérée comme importante :

- **Introduction**
- **Vue d'ensemble et préparation**
- **Contexte des politiques de la RED(D++)**
- **Analyse des coûts d'opportunité**

- **Compromis et scénarios**
- **Conclusions et étapes suivantes**

31. *Les sous-groupes de l'équipe nationale REDD+ d'analystes et de spécialistes des politiques* se concentreront sur les chapitres consacrés à des analyses spécifiques. Les chapitres suivants nécessitent des contributions des types d'experts suivants :

- **Utilisation des terres et changement d'affectation des terres** : experts en télédétection, géographes et planificateurs de l'utilisation des terres ;
- **Carbone** : forestiers, agronomes, spécialistes de la mesure du carbone ;
- **Rentabilité** : agronomes, forestiers, économistes, sociologues ;
- **Coavantages de l'eau et de la biodiversité** : hydrologues, écologistes, sociologues, économistes.

Processus d'estimation des coûts d'opportunité

Améliorer l'exactitude et la précision

32. Même si les pays ne disposent pas de l'ensemble des données nécessaires pour estimer de nombreux coûts d'opportunité, il est possible que des informations sur des systèmes similaires d'utilisation des terres existent dans d'autres pays. Une analyse préliminaire peut produire une estimation approximative des coûts d'opportunité, d'une façon analogue au système à trois niveaux utilisé par le GIEC pour estimer les stocks de carbone.

33. Un défi récurrent de l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ est l'amélioration de l'exactitude et de la précision. Comme des estimations de meilleure qualité (étayées) bénéficieront vraisemblablement d'un prix du carbone nettement plus haut, il est recommandé de suivre un processus par étapes, comportant des degrés croissants d'investissement (en temps et en argent), analogue à l'approche par les Niveaux 1, 2, 3 du GIEC (Encadré 2.3). De son côté, conformément aux accords de Cancún, l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique (SBSTA de la CCNUCC) déterminera les règles de comptabilisation du carbone et la surveillance, notification et vérification (SNV) pour les systèmes REDD+ nationaux. Ces règles remplaceront ou compléteront les Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC.

Encadré 2.3. Les Niveaux de notification du GIEC

Niveau 1 : Utilisation de méthodes d'estimation de base et des données existantes. Des valeurs par défaut peuvent être utilisées quand les données ne sont pas disponibles (ex. : les bases de données du GIEC sur les facteurs d'émissions). Les données sont souvent approximatives sur le plan spatial (ex. : l'estimation des taux de déforestation) et comportent des marges d'erreur importantes (ex. : environ 70 % pour la biomasse aérienne).

Niveau 2 : Des méthodes intermédiaires utilisent des facteurs d'émissions et des données sur les activités définis par pays, en suivant la même approche que pour le Niveau 1. Les estimations pour des régions et des catégories d'utilisation des terres spécifiques nécessitent généralement des données sur les activités d'une plus haute résolution, qui doivent être collectées.

Niveau 3 : Des méthodes d'estimation rigoureuses, telles que des systèmes de mesures et des modèles, sont utilisées et adaptées de manière itérative pour refléter les caractéristiques nationales. Les superficies des changements d'affectation des terres sont surveillées. Des données à haute résolution sur les activités sont collectées et l'analyse les désagrège au niveau infranational ou du district. Des modèles paramétrés reprenant les données des placettes peuvent être utilisés pour analyser toutes les réserves de carbone. Ces modèles subissent généralement des contrôles de qualité, des audits et des validations. Ils peuvent comporter des facteurs de dépendance climatique et fournir des estimations de la variabilité interannuelle.

Source : basé sur Havermann, 2009 et GIEC, 2003.

34. Pour accroître le degré d'exactitude et de précision des analyses, l'équipe REDD+ d'analystes et de spécialistes des politiques peut adopter un processus itératif d'identification et de recueil des données. L'analyse de Niveau 1 produit des estimations initiales qui donnent un premier aperçu des ordres de grandeur des coûts d'opportunité. À partir de ces résultats, des efforts ciblés peuvent améliorer des aspects clés de l'information requise pour l'analyse, qui peut utiliser des méthodes des Niveaux 2 ou 3, ou une combinaison des deux, en fonction du temps et des ressources disponibles, du contexte national d'utilisation des terres et des avantages potentiels de meilleures estimations.

Analyse des coûts d'opportunité dans le cadre du processus de préparation à la REDD+

35. Bien que le processus de préparation à la REDD+ n'exige pas explicitement l'analyse des coûts d'opportunité, l'estimation de ceux-ci apporte des informations utiles à la formulation de la stratégie nationale REDD+. Le processus de recherche, les résultats analytiques et l'examen critique par les parties intéressées aident à identifier les stratégies nationales optimales dans le cadre des propositions pour la préparation à la REDD (RPP) soumises au FPCF de la Banque mondiale (voir FPCF 2009, et FPCF et REDD-NU 2010). En outre, certains coûts d'investissement et de fonctionnement peuvent être partagés avec d'autres préparations à la REDD+, telles que la collecte des données et les analyses associées réalisées pour les niveaux d'émissions de référence, et la surveillance, notification et vérification (SNV) du carbone.

36. Bien que la disponibilité rapide des résultats soit précieuse pour éclairer les décisions, l'estimation correcte des coûts d'opportunité nécessite la saisie de nombreuses données et des méthodes d'analyse rigoureuses. Si les données nécessaires ne sont pas

immédiatement disponibles, d'importants investissements en temps et en coûts peuvent être nécessaires au cours de la réalisation des analyses des Niveaux 1 et 2.

37. La préparation à la REDD+ est un processus, dont les pays peuvent avoir atteint des stades différents. La Figure 2.2 résume les trois phases de la mise en œuvre d'un programme REDD+ complet et les niveaux d'analyse des coûts d'opportunité correspondants. L'approche par phases permet aux décideurs de disposer en temps utile d'importantes informations pour soutenir l'examen des impacts potentiels de la REDD+ au cours des processus de préparation à la REDD+, de consultation, de recherche d'un consensus, d'élaboration d'une stratégie et de négociation (Phase 1 de la REDD+). De meilleures estimations des coûts d'opportunité aideront également à concevoir et à mettre en œuvre les politiques dans le cadre des stratégies nationales de développement (Phase 2 de la REDD+).

38. Pendant ces phases, une partie des informations techniques (ex. : les rentabilités, les stocks de carbone) peuvent en fait être des estimations générales appliquées aux conditions du pays. À mesure qu'un pays progresse dans les niveaux, un volume croissant d'informations techniques nationales et infranationales devient nécessaire. Des analyses à maturité des coûts d'opportunité permettront aux pays d'accroître l'efficacité et l'efficacité de leurs politiques REDD+ (Phase 3 de la REDD+). L'appropriation du processus par les pouvoirs publics et l'engagement des principaux acteurs du pays sont essentiels pour le succès de la planification et la mise en œuvre de la REDD+.

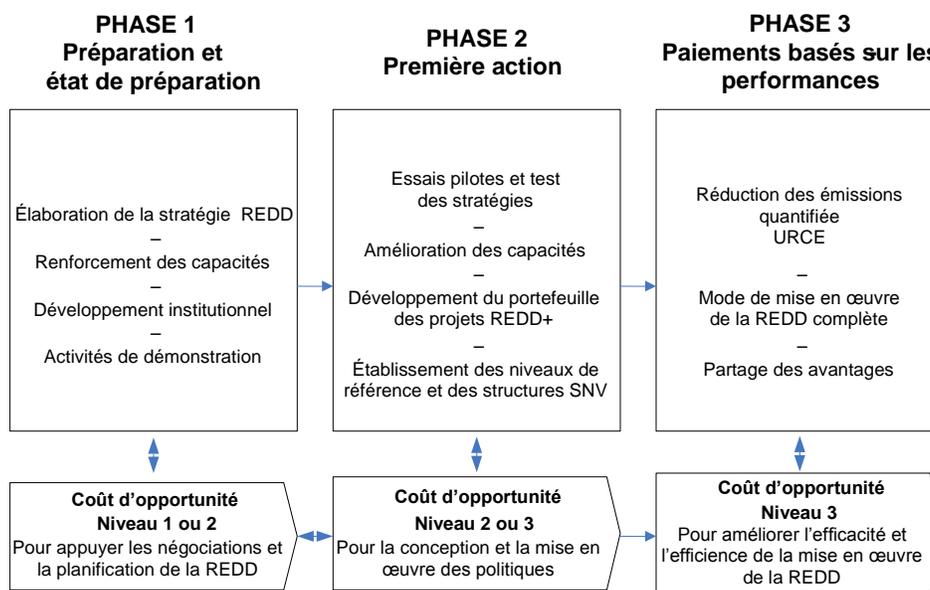


Figure 2.2. Étapes de l'analyse des coûts d'opportunité dans le cadre de l'élaboration du programme REDD+

Source : Auteurs

39. Le Tableau 2.1 résume les tâches et les savoir-faire nécessaires pour les accomplir. Les tâches apparaissent dans les lignes et les savoir-faire requis dans les colonnes. Certaines tâches n'exigent qu'un seul type d'expertise et peuvent être réalisées sans un grand apport collaboratif substantiel des autres membres de l'équipe nationale REDD+. Cependant, compte tenu de la nature de l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+, beaucoup de tâches nécessitent la participation de différents types de professionnels.

40. Les tâches indépendantes n'ont qu'une seule cellule colorée, tandis que les tâches collaboratives nécessitant des réunions ont plusieurs cellules colorées. Les ateliers nationaux peuvent être subdivisés en ateliers infranationaux pour pouvoir se concentrer sur des contextes différents au sein d'un pays.

Quelle est l'information nécessaire au départ ?

41. Pour évaluer les coûts d'opportunité liés à la REDD+ au niveau national, un pays devra connaître :

- la **superficie de toutes les utilisations des terres** (ex. : agriculture, pâturages, forêts, etc.)
 - et l'utilisation future probable des terres (c'est-à-dire les trajectoires) ;
- les **profits** tirés de toutes les utilisations des terres du pays (ex. : agriculture, pâturages, forêts, etc.),
- le **stock de carbone** de chaque type d'utilisation des terres
(aussi utile : de l'information sur les **coavantages de l'eau et de la biodiversité**).

En d'autres termes, ces trois ensembles d'informations constituent les composantes de base. Heureusement, on ne doit pas repartir à zéro. Un pays dispose généralement déjà de beaucoup d'études utilisables, telles qu'une Stratégie et un plan d'action nationaux pour la biodiversité (NBSPA), des Plans d'action nationaux pour l'adaptation aux changements climatiques (PANACC), des plans nationaux pour les forêts et d'autres informations sur la planification de l'utilisation des terres. De l'information sur la rentabilité d'au moins quelques systèmes d'utilisations des terres peut souvent être obtenue auprès du ministère de l'Agriculture et/ou de groupements de producteurs.

42. Grâce à l'utilisation des données disponibles, à la collecte de nouvelles données, à la réalisation d'analyses et à l'examen des résultats, l'équipe sera en mesure d'estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+ (ainsi que d'autres coûts liés à la REDD+, pour lesquels le manuel de formation donne également des indications).

Appui technique et analytique

43. L'appui pour le matériel et les ateliers de formation sur les coûts d'opportunité liés à la REDD+ s'inscrit dans l'effort du Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier (FPCF) pour tester et évaluer différentes approches de la REDD dans les

pays tropicaux et subtropicaux. Les coûts d'opportunité sont l'une des questions identifiées dans l'Étape 4 (Planification : définir les questions devant faire l'objet de consultations) des recommandations techniques du FPCF pour la préparation d'un plan efficace de consultation et de participation (FPCF 2009).

Tableau 2.1. Planification du processus et liste de contrôle

Sujet	Tâche	Expertise/compétences requises								
		Géographie/ télédétection	Foresterie	Mesure du carbone	Économie (Ag.for.)	Terrain (Ag.for.)	Hydrologie	Écologie	Politiques	Processus
Préparation de l'équipe	Identification des participants									
	Séminaires de formation									Atelier régional
	Invitation et TdR de la présentation									
	Identification des facteurs de déforestation									Atelier national 1
Utilisation des terres	Diagnostic et examen de l'analyse des données									
	Élaboration d'un cadre national pour l'utilisation des terres									Atelier national
	Établissement de cartes d'utilisations des terres									
	Validation et classification des utilisations des terres									Meetings
	Estimation des changements d'affectation des terres									
	Identification des trajectoires d'utilisations des terres									Atelier national 1
Carbone	Coordination avec le système national de comptabilité									Meetings
	Diagnostic et examen des données et de l'analyse									
	Mise en place de la procédure d'échantillonnage									
	Mesure du C dans les différentes utilisations des terres									Activités
Profits	Diagnostic et examen des données et de l'analyse									
	Clarification du point de vue de comptabilisation et autres hypothèses									Meeting
	Établissement des budgets d'entreprise									Activités
	Estimation des profits des utilisateurs									
	Estimation de la VAN des trajectoires d'utilisation des terres									
Coavantages de l'eau et de la biodiversité	Diagnostic et examen des données et de l'analyse									
	Identification des zones de coavantages									Meeting
	Détermination des priorités des zones de coavantages									Atelier national 2
Analyse et discussion	Estimation des coûts d'opportunité									
	Cartographie des coûts d'opportunité REDD									
	Analyse des scénarios et de la sensibilité des résultats									Atelier national 2
	Examen des implications pour les politiques									Atelier national 2
	Élaboration de la stratégie REDD nationale									Atelier national 3

Références et lectures complémentaires

Africover. <http://www.africover.org/index.htm>

CCNUCC. 2009. Cost of implementing methodologies and monitoring systems relating to estimates of emissions from deforestation and forest degradation, the assessment of carbon stocks and greenhouse gas emissions from changes in forest cover, and the enhancement of forest carbon stocks. Technical Paper Reference : FCCC/TP/2009/1. 31 May 2009. <http://unfccc.int/resource/docs/2009/tp/01.pdf>

Dutschke, M., R. Wolf. 2007. *Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries: The Way Forward*. GTZ Climate Protection Programme, Eschborn, Germany.

FAO Land and Water Development Division. <http://www.fao.org/ag/agl/default.stm>

FPCF et REDD-NU. 2010. Guidelines on Stakeholder Engagement in REDD+ Readiness With a Focus on the Participation of Indigenous Peoples and Other Forest-Dependent Communities. Draft. November 17. World Bank : Washington DC. 16 p.

<http://www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/Nov2010/FCPF%20UN-REDD%20Stakeholder%20Guidelines%20Note%20Draft%2011-17-10.pdf>

FPCF, 2009. *Readiness Mechanism on National Consultation and Participation for REDD*. Note FMT 2009-2.

http://www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/FCPF_FMT_Note_2009-2_Consult_Particip_Guidance_05-06-09_2.pdf

GIEC, 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Chapter 3. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html

Global Land Project. <http://www.globallandproject.org/>

GOFC-GOLD. <http://www.fao.org/gtos/gofc-gold/index.html>

GOFC-GOLD. 2008. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting. Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics. GOFC-GOLD Report version COP14-2. Alberta : Natural Resources Canada.

Havemann, T. 2009. *Measuring and Monitoring Terrestrial Carbon: The State of the Science and Implications for Policy Makers*. UN-REDD, FAO and the Terrestrial Carbon Group. <http://www.terrestrialcarbon.org/site/DefaultSite/filesystem/documents/MM%20Report%20090922.pdf>

Nabuurs, G.J., O. Masera, K. Andrasko, P. Benitez-Ponce, R. Boer, M. Dutschke, E. Elsidig, J. Ford-Robertson, P. Frumhoff, T. Karjalainen, O. Krankina, W.A. Kurz, M. Matsumoto, W. Oyhantcabal, N.H. Ravindranath, M.J. Sanz Sanchez, X. Zhang, 2007. *Forestry*. In : Metz, B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds) *Climate Change 2007 : Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter9.pdf>

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 3. Contexte des politiques RED(D++)

Objectifs

1. Situer la politique d'admissibilité à la REDD+ dans son contexte
2. Introduire le concept de niveau d'émissions de référence (NER)
3. Discuter des questions de niveaux d'agrégation comptable
4. Présenter le concept de mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN)
5. Introduire les sauvegardes de la Banque mondiale relatives à la REDD+

Sommaire

Une politique évolutive d'admissibilité à la REDD+	3-2
Qui paie quoi ? Le point de vue de comptabilisation.....	3-5
Niveaux d'émissions de référence.....	3-8
Mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN).....	3-9
EES et politiques de sauvegarde de la Banque mondiale.....	3-10
Références et lectures complémentaires.....	3-13



1. Les termes et expressions couramment utilisés lors des discussions sur la politique REDD+ sont repris dans l'Encadré 3.1. Pour les définitions, reportez-vous au glossaire figurant à l'Annexe A.

Termes liés à la politique REDD+

Déforestation	Base de référence	Maintien du statu quo
Dégradation	Quantité fixée	Niveau d'émissions de référence
AFOLU/REALU	UTCATF	Additionnalité

2. Le chapitre sur la politique REDD+ pourrait s'étendre sur des dizaines de pages. Nous nous contenterons donc ici de présenter brièvement cinq points de la politique REDD+ liés à l'analyse du coût d'opportunité :

- **Politique d'admissibilité** – ensemble des types de changement d'affectation des terres admissibles selon les termes de la REDD+ approuvés par la CCNUCC.
- **Point de vue de comptabilisation** – point de vue selon lequel les coûts et les avantages sont estimés, tel que certains groupes particuliers, un organisme gouvernemental ou le pays entier.
- **Niveau d'émissions de référence** – niveau d'émission optimal futur d'un pays, établi sur base des prix du carbone et des coûts d'opportunité et déterminant de ce fait la limite entre les bonnes et les mauvaises transactions sur le marché de la REDD+.
- **Mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN)** – ensemble de politiques et mesures adoptées par les pays dans le cadre d'un engagement de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les pays peuvent entreprendre des actions différentes sur une base d'équité et en conformité avec les responsabilités communes mais différenciées, et les capacités respectives.
- **Politiques de sauvegarde** – directives destinées à la Banque mondiale et aux clients en matière d'identification, préparation et mise en œuvre des programmes et projets. Les politiques de sauvegarde ont souvent constitué une plate-forme pour la participation des parties prenantes à la conception des projets, et se sont avérées un instrument important pour l'appropriation par les populations locales.

Évolution de la politique d'admissibilité à la REDD+

3. La REDD+ est en train de mûrir. Elle est un concept évolutif à travers lequel des règles, règlements et autres matières continuent d'être débattus, mis au point et améliorés. Depuis la Conférence des Parties (CdP) de Montréal en 2005, les Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ont eu des discussions

approfondies au sujet de la portée de la REDD. Les pourparlers de la CCNUCC ont débuté avec la RED (c'est-à-dire, en se limitant à la déforestation²⁵) et se sont élargis à la REDD en englobant la dégradation forestière (qui n'implique pas de changement d'affectation des terres d'une utilisation forestière à un usage non forestier).

4. La discussion s'est ensuite étendue à la conservation des forêts, la gestion durable des forêts et l'amélioration des stocks de carbone forestiers (REDD+). À Bali en décembre 2007, bien que les parties à la CCNUCC aient renouvelé leur engagement vis-à-vis de la lutte contre le changement climatique mondial, aucun accord n'a pu être dégagé sur la REDD+. Des progrès ont toutefois été réalisés en direction d'un accord faisant référence à la REDD,²⁶ invitant :

les parties dont les opinions divergent à poursuivre le débat sur la possibilité de déterminer un ensemble primaire de mesures de lutte contre la déforestation/dégradation, accompagné d'un ensemble secondaire portant sur d'autres options d'atténuation basées sur les forêts (REDD+).

5. Aucun accord n'a encore été obtenu entre les Parties sur la question de savoir si le « renforcement des stocks de carbone forestier » se limite à la restauration des forêts sur des terres déjà classées comme forêts, ou s'il comprend également le boisement de terres non forestières.²⁷ Au cours de la CdP16/CMP6 de Cancún, le Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme (AWG-LCA) de la CCNUCC a adopté un mécanisme qui encourage les pays en développement à contribuer aux mesures d'atténuation dans le secteur forestier à travers l'ensemble complet des activités de la REDD+ (réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation forestière, conservation des stocks de carbone forestier, gestion durable des forêts, accroissement des stocks de carbone forestier).

6. Même si elle n'est pas abordée au niveau de la CCNUCC, il existe une vision à long terme envisageant la comptabilisation complète du carbone à travers l'entièreté du spectre des activités de l'agriculture, la foresterie et autres utilisations des terres (AFOLU), elle est également connue en tant que Réduction des émissions issues de toutes les formes d'utilisations des terres (REALU – *Reducing Emissions from All Land Uses*) ou REDD++.²⁸ La définition de la forêt peut également avoir des incidences sur la REDD+ (voir Encadré 3.2 pour plus de détails sur ce qui est considéré comme forêt).

²⁵ Passage des terres forestières riches en carbone à une autre utilisation des terres avec des stocks de carbone inférieurs.

²⁶ Décision 1/CP.13 de la CCNUCC, Décision 2-4/CP.13 de la CCNUCC, Décision 2/CP.13 portant sur la REDD.

²⁷ L'option exigera des politiques et des efforts pour éviter le double comptage avec les projets de boisement/reboisement admissibles au mécanisme de développement propre (MDP).

²⁸ Le deuxième + peut avoir différentes significations en fonction de la personne ou du contexte. Il est habituellement utilisé pour englober le boisement/reboisement, les sauvegardes sociales et la REALU (Frey, 2010 ; communication personnelle).

Encadré 3.1. Qu'est-ce qu'une forêt et la dénomination a-t-elle de l'importance ?

La définition acceptée de la forêt donnée par la CCNUCC dans le cadre du protocole de Kyoto comprend trois grandes parties :

- 1) La forêt désigne toute zone d'au moins 500 mètres carrés (0,5 hectares) comprenant, suivant les pays, soit un couvert arboré minimal (10 à 30 %), soit des arbres d'une hauteur minimale (2 à 5 mètres) ;
- 2) Les seuils susmentionnés sont appliqués sur la base d'un « jugement d'expert » du « potentiel susceptible d'être atteint *in situ* », et pas nécessairement de l'état actuel de la végétation.
- 3) Les zones temporairement dégarnies (sans précision d'une limite temporelle) conservent le statut de « forêt » tant que les entités forestières nationales affirment que ces superficies vont, peuvent ou doivent revenir à l'état de couvert forestier.

Les parties 2 et 3 ont été ajoutées afin de restreindre la notion de boisement et de reboisement et de permettre aux pratiques de « gestion forestière », y compris la coupe à blanc et la replantation, d'être appliquées dans le domaine forestier. La définition de la forêt donnée ci-dessus a un certain nombre de conséquences contre-intuitives (van Noordwijk et Minang, 2009), telles que :

- La conversion de forêts en plantations de palmiers à huile ne peut être considérée comme de la déforestation ; ces plantations peuvent répondre à la définition de la forêt ;
- Il n'y a pas de déforestation dans les pays où les terres restent sous le contrôle institutionnel des organismes forestiers ; elles ne sont considérées que comme « temporairement dégarnies » ;
- Les cultures sur brûlis et itinérante peuvent être éliminées de la liste des causes de déforestation, tant que la phase de jachère est suffisamment longue pour que la hauteur des arbres et le couvert arboré puissent retrouver un seuil minimal ;
- La plupart des systèmes de culture arbustive et d'agroforesterie ne répondent pas aux critères minimaux de la forêt ; alors qu'un caféier non taillé, par exemple, peut atteindre une hauteur de 5 mètres ;
- La transformation actuelle des forêts naturelles, après des cycles d'exploitation forestière, en plantations d'essences à croissance rapide peut absolument s'inscrire dans la catégorie « forêt » ;
- Les règles de prévention des émissions liées aux forêts peuvent ne pas s'appliquer à une grande partie des émissions des tourbières si la déforestation associée est annoncée avant une date-butoir restant à déterminer.
- Le cadre « institutionnel » et la juridiction des « forêts » actuels ne couvrent pas d'importants types d'occupation des sols basée sur les arbres, et de larges dispositions de mise en œuvre sont donc nécessaires.

Bien qu'aucune définition unique de la forêt ne soit à même de fixer une séparation « claire » entre les zones forestières et non forestières au sein du continuum des

utilisations des terres, cette définition n'est probablement pas nécessaire pour faire progresser le concept de la REDD+. Une version préliminaire des textes du Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme (AWG-LCA) du CCNUCC (2009a) stipule que :

les garanties ci-après devraient être [promues] [et] [soutenues] :

...

(e) Mesures qui sont compatibles avec la préservation des forêts naturelles et de la diversité biologique, en veillant à ce que les activités visées ci-dessous au paragraphe 3 ne se prêtent pas à une conversion des forêts naturelles [en plantations, étant donné que les plantations de monoculture ne sont pas des forêts], mais incitent plutôt à protéger et à conserver ces forêts et les services rendus par les écosystèmes ainsi qu'à renforcer les autres avantages sociaux et environnementaux ;^[1]

En résumé, les implications pour le classement d'une zone comme forestière ou non forestière peuvent être sans importance si la dégradation forestière est incluse. Une définition de la forêt influencera les procédures de production des rapports, mais pas les actions sur le terrain. Pour l'estimation des coûts d'opportunité de la REDD+, les niveaux de carbone et les bénéfices nets associés issus des forêts dégradées et améliorées peuvent être calculés.

[1] Compte tenu de la nécessité de moyens de subsistance durables pour les populations autochtones et les communautés locales et de leurs liens d'interdépendance avec les forêts dans la plupart des pays, pris en considération dans la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones et la Journée internationale de la Terre.

7. L'analyse du coût d'opportunité des changements d'affectation des terres, tant évités (ex. : la forêt préservée) que réalisés (ex. : la forêt restaurée), permettra aux pays de comprendre les avantages potentiels de la REDD+. Ceux-ci ne sont pas seulement économiques, mais incluent également des coavantages liés à l'eau et à la biodiversité, qui pourraient être sensiblement influencés par la REDD+. En d'autres termes, les politiques REDD+ sont susceptibles de modifier les forêts nationales, la production agricole et animale, tout en touchant également la fourniture nationale des biens et services environnementaux issus des ressources en eau et de la biodiversité. Autrement dit, les pays souhaitent savoir comment les règles d'admissibilité modifiées agissent sur les réductions des émissions réalisables, dues aux changements d'affectation des terres évités et réalisés.

Qui paie quoi ? Le point de vue de comptabilisation

8. L'identification de celui qui prend en charge les coûts et bénéficie des avantages de la REDD+ est essentielle pour comprendre la manière dont une politique va fonctionner. Pour le programme national REDD+, il est important de reconnaître trois types de perspectives : 1) *groupes ou acteurs individuels*, 2) *pays*, et 3) *organismes publics*. Le mélange de ces points de vue peut conduire à des erreurs d'estimation qui risquent d'induire une prise de

décision mal informée. La perspective selon laquelle les impacts sont estimés est appelée le point de vue de comptabilisation.²⁹

9. Les points de vue de comptabilisation de la politique REDD+ peuvent être identifiés sous d'autres noms. Le point de vue des *groupes individuels* est également connu en tant que point de vue de comptabilisation *privé ou financier*, tandis que le point de vue *national* est aussi appelé *social* ou *économique* (Tableau 3.1). Pour l'estimation des coûts d'opportunité de la REDD+, la terminologie a été ajustée afin d'éviter toute confusion. (Le terme *coûts sociaux* est plus conforme aux *coûts socioculturels* associés aux impacts non économiques sur les conditions de vie, tels que les impacts psychologiques, spirituels et affectifs – déjà abordés dans l'Introduction).

Tableau 3.1. Comparaison des noms donnés aux points de vue de comptabilisation

Pays/national	=	Social	=	Économique
Groupes individuels	=	Privé	=	Financier
<i>Pagiola & Bosquet, 2009</i>		<i>Monke & Pearson, 1989</i>		<i>Gittinger, 1982</i>

10. Il existe trois différences importantes entre les points de vue de comptabilisation. La première concerne les **coûts et avantages à inclure** dans les calculs. Le point de vue de comptabilisation national englobe tous les coûts supportés dans le pays, déduction faite de tous les avantages perçus au sein du pays, en excluant les coûts et avantages générés en dehors du pays.³⁰ En revanche, les perspectives liées aux groupes individuels et à l'État ne comprennent que les coûts et avantages spécifiquement payés ou perçus par ces groupes ou par l'État. (La répartition des coûts REDD+ est abordée plus en détail ci-dessous.)

11. La deuxième différence a trait à la **manière de calculer les coûts et avantages**. Pour le point de vue de comptabilisation d'un pays, les coûts et avantages sont évalués à l'aide de la valeur sociale des ressources (leur valeur dans leur meilleure option d'utilisation suivante) plutôt qu'à l'aide de leurs prix observés sur le marché. Dans certains pays, ces prix peuvent différer, en raison soit de distorsions dues aux politiques (ex. : taxes, subventions, restrictions commerciales, etc.), soit d'imperfections du marché (ex. : monopoles, externalités,³¹ ou biens publics). En revanche, les coûts pour les groupes individuels sont évalués au prix que ces groupes paient réellement, taxes comprises. Il y a

²⁹ Cette présentation est adaptée de Pagiola et Bosquet, 2009.

³⁰ Les exemples d'avantages réalisés principalement à l'extérieur du pays comprennent ceux de l'atténuation du changement climatique par la séquestration du carbone et la conservation de la biodiversité.

³¹ Les externalités sont les conséquences d'une action qui touchent quelqu'un d'autre que le décideur, et pour lesquelles celui-ci n'est ni indemnisé, ni pénalisé. Dans le contexte de la gestion des forêts, les impacts tels que la sédimentation, la perte de la biodiversité, les émissions de gaz à effet de serre sont des externalités.

des années, la différence était assez significative entre les valeurs sociales et les valeurs observées sur le marché. Les pouvoirs publics peuvent systématiquement fausser les prix, en particulier des intrants et extrants agricoles. Suite aux processus de réforme, ces distorsions sont généralement moindres, mais peuvent persister à des degrés divers selon les pays.

12. La troisième différence concerne le **taux d'actualisation utilisé pour évaluer les coûts et avantages futurs**. Le point de vue national doit utiliser le taux d'actualisation social normalement appliqué par l'État. Par contre, le taux d'actualisation pour les groupes individuels doit refléter les taux du marché ou leurs taux individuels de préférence temporelle pour le présent. Ces taux peuvent être un taux de prêt bancaire, si le crédit est disponible, ou d'autres taux (souvent plus élevés), si tel n'est pas le cas. La question des taux d'actualisation est examinée plus en détail au Chapitre 6.

13. Selon le point de vue du pays, tous les coûts REDD+ doivent être pris en compte, y compris les coûts d'opportunité (notamment, le cas échéant, les coûts sociaux et culturels et les coûts indirects) ainsi que les coûts de mise en œuvre et de transaction (Tableau 3.2). Toutefois, certains de ces coûts sont annulés étant donné qu'ils correspondent tout simplement à des transferts à l'intérieur du pays. Par exemple, si un paiement versé par l'État au propriétaire d'une forêt représente un coût pour l'État, il constitue également un avantage pour le propriétaire. Le coût administratif reste, toutefois, un coût pour le pays.

14. Les groupes individuels ne sont, par contre, habituellement concernés que par un sous-ensemble des coûts REDD+, essentiellement les coûts d'opportunité (encore une fois, comprenant, le cas échéant, les coûts sociaux et culturels et les coûts indirects), même si, dans certains cas, ils peuvent également être confrontés à certains coûts de mise en œuvre d'un programme REDD+.³²

Tableau 3.2. Type de coût REDD+ à prendre en compte par point de vue de comptabilisation

Catégorie de coût	Individuel	Organismes publics	Pays
Opportunité	✓		✓
Mise en œuvre	*	✓	✓
Transaction		✓	✓

* Indique un coût qui peut être partiellement assumé par les individus.

³² Un bon exemple est celui d'un paiement pour un programme de service environnemental au Costa Rica. Les individus étaient responsables des coûts de la préparation des plans de gestion, de l'installation de clôtures et de panneaux de signalisation, et du suivi par des organismes indépendants (Pagiola, 2008 ; Pagiola et Bosquet 2009).

15. *Les organismes gouvernementaux* prendront en charge un certain nombre de *coûts budgétaires*. Ceux-ci comprennent généralement les coûts administratifs, de transaction, et de mise en œuvre. Dans la prise en compte des coûts de mise en œuvre, il est important de garder à l'esprit qu'une grande partie d'entre eux peut être constituée de transferts, suivant la façon dont les actions de réduction de la déforestation sont mises en œuvre. Toute partie des coûts budgétaires indemnisant les propriétaires terriens individuels pour leurs coûts d'opportunité et autres constitue un transfert, et de ce fait, ne doit *pas* être considérée comme un coût économique pour le pays. (*Pour plus d'information sur ce sujet, voir Pagiola et Bosquet, 2009, et le Chapitre 6 sur l'Estimation des bénéfices issus des utilisations des terres.*)

Niveaux d'émissions de référence

16. Quel niveau de réduction des émissions peut-il être atteint pour un prix du carbone donné ? La réponse à cette question permet à un pays d'identifier et de négocier un niveau d'émissions de référence (NER) – la base à partir de laquelle un pays s'engage à réduire ses émissions. Le NER est une composante importante de la préparation à la REDD+ dans la mesure où :

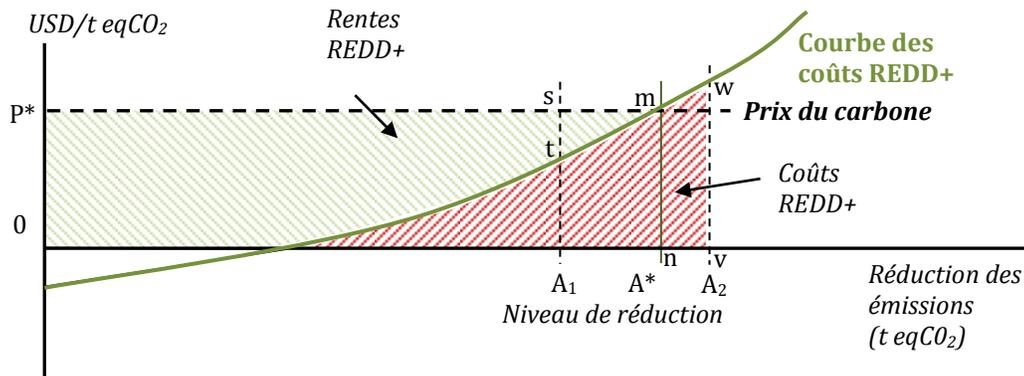
- un pays qui réduit trop peu la déforestation va rater des occasions d'accroître ses recettes REDD+ nettes.

ou

- il est possible qu'un pays réduise « trop » la déforestation – c'est-à-dire qu'il supporte un coût supérieur à la rémunération perçue au titre de la REDD+.

17. La Figure 3.1 illustre ces deux cas. Le niveau de réduction A^* (sur l'axe horizontal) est la quantité pour laquelle le prix du carbone P^* (sur l'axe vertical) est égal aux coûts de la REDD+. À ce niveau de réduction, le pays reçoit un paiement REDD+ correspondant à la surface du rectangle OP^*mn . Pour atteindre ce niveau de réduction, les coûts qu'il assume correspondent à la surface située sous la courbe jusqu'à A^* . La différence entre ces coûts et le paiement REDD+ constitue un bénéfice net pour le pays (appelé « rente » ou « surplus du producteur »). Si le pays décide de réduire ses émissions à un niveau inférieur à A^* (ex. : le niveau de réduction A_1), il renonce à une partie de ces rentes potentielles (la surface du triangle tsm). À l'inverse, si le pays choisit une réduction supérieure au niveau A^* (ex. : A_2), ses coûts supplémentaires ne seront pas compensés par des revenus REDD+ supplémentaires (surface $nmwv$).

Figure 3.1. Rentes et coûts REDD+



Source : Les auteurs.

18. Il est toutefois important de noter qu'il n'y a toujours pas d'accord sur les mécanismes de paiement et les règles associés. Les rentes REDD+ pourraient donc ne pas être structurées exactement comme expliqué ci-dessus. Pour en savoir plus sur les niveaux d'émissions de référence, voir Angelsen (2008, 2009) et Meridian (2009).

Mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN)

19. Le terme « Mesures d'atténuation adaptées au contexte national » (MAAN) est fondé sur le principe que les différents pays adoptent des mesures différentes, adaptées à leur contexte national, sur une base d'équité et en conformité avec les responsabilités communes mais différenciées, et les capacités respectives. Ce concept est également lié à l'assistance financière et technique des pays développés aux pays en développement en vue de réduire les émissions. La REDD peut être considérée comme un sous-ensemble des MAAN.

20. Les MAAN ont été inscrites à l'agenda international à travers leur inclusion dans la feuille de route de Bali, à la CdP13, aux côtés de la REDD. Le Plan d'action de Bali de la CdP13 s'appuie sur quatre piliers principaux : 1) l'atténuation, 2) l'adaptation, 3) la technologie et 4) le financement. Les MAAN constituent une partie importante de la composante d'atténuation. Les futurs débats sur l'atténuation devraient porter sur :

- des mesures ou engagements d'atténuation mesurables, notifiables et vérifiables, adaptés au contexte national (MAAN) pris par tous les pays développés, et
- des mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN) prises par les pays-parties en développement, soutenues et rendues possibles par la technologie, le financement et le renforcement des capacités, d'une façon mesurable, notifiable et vérifiable.

21. À l'origine, l'intérêt pour la formulation des MAAN était moindre que pour la REDD, dans la mesure où il n'existait aucun mécanisme financier pour le soutien international. Même si la CdP15 de Copenhague n'a pas débouché sur des accords contraignants, les pays ont été invités à exprimer leurs engagements nationaux, dans un contexte où l'investissement international pourrait être lié à ces engagements (sans toutefois imposer une stricte conditionnalité). À Cancún, un accord a été conclu pour reconnaître officiellement les MAAN dans le cadre du processus multilatéral. Un registre international sera mis en place en vue d'enregistrer et d'associer les mesures d'atténuation des pays en développement avec une assistance financière et technologique.

22. En Indonésie, par exemple, le concept des MAAN est devenu le principal moteur de la politique nationale d'adaptation au changement climatique, où les activités REDD sont intégrées dans des efforts plus larges visant la réduction des émissions et d'autres aspects du développement économique. L'Indonésie a pris un engagement MAAN de réduire ses émissions de 26 % par rapport au maintien du statu quo en 2020. Il consiste maintenant la base du concept de liaison entre un « engagement personnel » MAAN et un « coinvestissement international » MAAN.

23. Un défi subsiste en ce qui concerne les mesures d'atténuation adaptées au contexte mondial (provisoirement appelées MAAM) et les mesures d'atténuation adaptées au contexte local (MAAL). Les deux sont reliées aux MAAN en tant que concept pour la formulation des « responsabilités communes, mais différenciées » dans le cadre des principes du CCNUCC.

EESS et politiques de sauvegarde de la Banque mondiale

24. Un certain nombre de politiques de sauvegarde de la Banque mondiale peuvent influencer les stratégies REDD+ nationales et leur mise en œuvre. Ces politiques sont également reflétées dans l'évaluation environnementale et sociale stratégique (EESS) d'une Proposition pour la préparation à la REDD (RPP) (Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier, 2010). Les sauvegardes de la Banque mondiale et les EESS sont deux mécanismes qui permettent à un pays participant à la REDD d'identifier les impacts et les risques potentiels, ainsi que les opportunités, et de faire en conséquence des choix éclairés et appropriés entre les options stratégiques.³³

25. Les politiques de sauvegarde environnementale et sociale constituent une pierre angulaire de l'appui de la Banque mondiale à la réduction durable de la pauvreté. Leur objectif est de prévenir et d'atténuer les préjudices indus aux personnes et à leur environnement dans le processus de développement. Les politiques fournissent au personnel de la Banque et de l'emprunteur des directives pour l'identification, la

³³ FPCF 2010. Modèle de RPP Version 4

préparation et la mise en œuvre des programmes et projets. Les politiques de sauvegarde ont souvent constitué une plate-forme pour la participation des parties prenantes à la conception des projets, et se sont avérées un instrument important pour l'appropriation par les populations locales. Parmi les politiques de sauvegarde les plus pertinentes pour la REDD+, on peut citer celles qui suivent.³⁴

Réinstallation involontaire

26. La réinstallation involontaire³⁵ est provoquée par des situations impliquant le retrait involontaire de terres ou la restriction involontaire de l'accès à des parcs juridiquement définis comme tels et à des aires protégées. Cette politique vise à éviter la réinstallation involontaire dans la mesure du possible, ou à réduire au minimum et à atténuer ses impacts sociaux et économiques négatifs.

27. La politique encourage la participation des personnes déplacées à la planification et à la mise en œuvre de la réinstallation, et son principal objectif économique est d'aider les personnes déplacées dans leurs efforts pour améliorer ou au moins rétablir leurs revenus et leur niveau de vie après le déplacement. Pour atteindre ses objectifs, la politique prévoit des compensations et d'autres mesures de réinstallation et exige que les emprunteurs préparent des instruments de planification adéquats pour la réinstallation avant l'évaluation par la Banque des projets proposés.

Populations autochtones

28. La politique de la Banque mondiale pour les populations autochtones³⁶ souligne la nécessité pour le personnel de la Banque et les pays participants d'identifier les populations autochtones ; de les consulter ; de veiller à ce qu'elles participent aux opérations financées par la Banque et en bénéficient, d'une manière culturellement appropriée ; et d'éviter qu'elles ne subissent des impacts négatifs, ou si la chose est impossible, que ces derniers soient réduits au minimum ou atténués.

Habitats naturels

29. La politique relative aux habitats naturels³⁷ vise à s'assurer que les infrastructures et les autres projets de développement appuyés par la Banque mondiale prennent en compte la conservation de la biodiversité, ainsi que les nombreux services et produits environnementaux que les habitats naturels procurent à la société humaine. Cette politique limite de manière stricte les circonstances dans lesquelles un projet soutenu par la Banque

³⁴ Pour une liste exhaustive et des explications, voir :

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/PROJECTS/EXTPOLICIES/EXTSAFEPOL/0,,menuPK:584441~pagePK:64168427~piPK:64168435~theSitePK:584435,00.html>

³⁵ Politique opérationnelle 4.12

³⁶ Politique opérationnelle (PO)/Procédures de la Banque (PB) 4.10

³⁷ Politique opérationnelle 4.04

peut endommager des habitats naturels (aires terrestres et aquatiques où la plupart des plantes et espèces animales indigènes sont toujours présentes).

30. Plus précisément, la politique interdit tout appui de la Banque aux projets qui impliquent une modification ou une dégradation significative d'un quelconque habitat naturel critique, défini comme soit :

- juridiquement protégé,
- officiellement proposé à la protection, ou
- non protégé, mais connu pour sa haute valeur de conservation.

31. Dans d'autres habitats naturels (non critiques), les projets soutenus par la Banque ne peuvent entraîner une perte ou une dégradation significative que si :

- i. il n'existe aucune autre option possible pour obtenir les importants avantages nets généraux du projet ; et
- ii. des mesures d'atténuation acceptables, telles que des aires protégées compensatoires, sont prévues dans le projet.

Projets dans des zones en litige

32. Les projets dans des zones en litige³⁸ peuvent affecter les relations non seulement entre la Banque et ses États membres, mais aussi avec les autres parties au différend. C'est pourquoi la Banque ne finance les projets dans les zones en litige que si les autres parties au différend n'émettent aucune objection au projet, ou si les circonstances particulières du projet justifient son appui par la Banque, indépendamment de toute objection. La politique décrit ces circonstances particulières.

33. Dans ces cas de figure, la documentation du projet comprendra une déclaration soulignant qu'en appuyant le projet, la Banque n'a aucune intention de porter un quelconque jugement sur le statut juridique ou autre des territoires concernés ni d'influencer le règlement final du différend.

³⁸ Politique opérationnelle (PO)/Procédures de la Banque (PB) 7.60

Références et lectures complémentaires

Angelsen, A. 2008. Comment fixer les niveaux de référence pour les paiements au titre de la REDD ? In A. Angelsen (éd.), *Faire progresser la REDD : Enjeux, options et répercussions* Bogor, Indonésie : Centre de recherche forestière internationale (CIFOR).

www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen0901F.pdf

Angelsen, A. 2009. *What will REDD cost?* Présentation à la Rainforest Foundation Norway (RFN). 18 juin. www.slideshare.net/amiladesaram/angelsen-rfn-redd-costs

Busch, J., Strassburg, B., Cattaneo, A., Lubowski, R., Bruner, A., Rice, R., Creed, A., Ashton, R., Boltz, F. 2009. Comparing climate and cost impacts of reference levels for reducing emissions from deforestation. *Environmental Research Letters*, 4:044006.

Dyer, N. et S. Counsell. 2010. *McREDD ou comment les « courbes de coût » McKinsey faussent le système REDD*. Rainforest Foundation Climate and Forests Policy Brief. Novembre. 12p. www.rainforestfoundationuk.org/files/McRedd%20French.pdf

Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier. 2010. *Readiness Fund: Incorporating Environmental and Social Considerations into the Process of Getting Ready for REDD+*. Note FMT 2010-16. Banque mondiale.

<http://www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/Sep2010/2g%20FCPF%20FMT%20Note%202010-16%20SESA%20Mainstreaming.pdf>

Gittinger, J. P. 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Meridian Institute. 2009. *Réduire les émissions liées à la déforestation et à la dégradation de la forêt (REDD) : Un rapport d'évaluation des choix*. Préparé pour le Gouvernement de la Norvège, par A. Angelsen, S. Brown, C. Loisel, L. Peskett, C. Streck, D. Zarin. Disponible à l'adresse suivante http://www.redd-oar.org/links/REDD_OAR_fr.pdf

Monke, E., S.R. Pearson. 1989. *The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development*. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Pagiola and S., B. Bosquet. 2009. *Estimating the Costs of REDD+ at the Country Level*. Version 2.2, Fonds de partenariat pour le carbone forestier de la Banque mondiale. Washington D.C. 22p.

Stoft, S.E. 2009. *Dépasser Kyoto : La Coopération mondiale par la fixation des prix du carbone* (octobre 23, 2009). Global Energy Policy Center Research Paper No. 09-05. Disponible sur <http://www.docstoc.com/docs/33500738/Energy-and-climate-policy-proposal-after-Kyoto-and>

CCNUCC 2009a. Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme au titre de la CCNUCC. *Démarches générales et mesures d'incitation positive pour tout ce qui concerne la réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts dans les pays en développement ; rôle de la préservation et de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement*. Huitième session. Copenhague, 7-15 décembre 2009. FCCC/AWGLCA/2009/L.7/Add.6, 15 décembre. <http://unfccc.int/resource/docs/2009/awglca8/fre/l07a06f.pdf>

CCNUCC. 2009b. Version avancée non éditée. Décision -/CP.15.

http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/application/pdf/cop15_cph_auv.pdf

CCNUCC. 2009c. *Views on possible improvements to emissions trading and the project-based mechanisms, Submissions from Parties Addendum*. Groupe de travail spécial sur les nouveaux engagements des Parties visées à l'Annexe I au titre du Protocole de Kyoto. Huitième session. Bonn, 1-12 juin. FCCC/KP/AWG/2009/MISC.9/Add.1.

<http://unfccc.int/resource/docs/2009/awg8/eng/misc09a01.pdf>

Van Noordwijk et M., P.A. Minang. 2009. « If we cannot define it, we cannot save it » *ASB Policy Brief No. 15*. Brief No. 15. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, Nairobi, Kenya. Disponible en anglais sur www.asb.cgiar.org

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 4. Utilisation et changement d'affectation des terres

Objectifs

Montrer comment :

1. Élaborer un cadre et une légende nationaux d'utilisation des terres,
2. Établir des cartes d'utilisation des terres,
3. Valider des cartes d'utilisation des terres,
4. Estimer le changement d'affectation des terres,
5. Expliquer le changement d'affectation des terres.

Sommaire

Introduction.....	4-2
Identifier les utilisations des terres.....	4-3
Estimer le changement d'affectation des terres.....	4-22
Expliquer le changement d'affectation des terres.....	4-24
Prévoir le changement d'affectation des terres.....	4-32
Références et lectures complémentaires.....	4-34



Introduction

1. Nous décrivons ici comment classer les utilisations des terres, estimer le changement d'affectation des terres et expliquer celui-ci, fournissant ainsi des informations cruciales pour l'analyse des coûts d'opportunité. L'approche se fonde sur l'identification des systèmes d'utilisation des terres habituels dans un pays. Ces systèmes d'utilisation des terres vont des forêts à l'agriculture, aux pâturages et aux zones urbaines.

2. Ce chapitre présente un ensemble d'étapes à suivre pour élaborer des cartes d'utilisation des terres et évaluer le changement d'affectation des terres. Il explique également comment obtenir, organiser et classer les données de télédétection et comment valider l'exactitude des cartes établies à partir de celles-ci. L'approche décrite dans ce module se fonde en grande partie sur le Guide du GOFC-GOLD pour la REDD, qui devra être consulté pour obtenir des directives détaillées pour l'utilisation des terres et l'établissement de cartes d'occupation du sol (GOFC-GOLD, 2009). Pour de plus amples informations techniques sur la production de cartes d'utilisation des terres, le chapitre renvoie les professionnels à des sources complémentaires. Pour la surveillance du déboisement et les activités de SNV, on se référera à d'autres études employant des méthodes similaires, indépendamment de l'échelle et des techniques de détection utilisées. Différentes méthodes de modélisation seront brièvement présentées pour la prévision des changements d'affectation des terres, essentielle pour l'élaboration des scénarios.

3. En résumé, ce chapitre fournit des orientations pour la production des résultats suivants, en vue de l'analyse du coût d'opportunité :

1. Cadre d'utilisation des terres et légende associée,
2. Cartes d'utilisation des terres à différentes dates,
3. Analyse d'erreur pour évaluer l'exactitude des cartes,
4. Matrices des changements d'affectation des terres,
5. Facteurs de la déforestation et transitions d'utilisation des terres
6. Prévision du changement d'affectation des terres

4. L'analyse de l'utilisation des terres utilise son propre vocabulaire. Pour les définitions, veuillez-vous référer au glossaire figurant à l'**Annexe A**.

Termes utilisés dans l'analyse spatiale et la télédétection

Occupation du sol	Résolution
Utilisation des terres	spectrale
Système d'utilisation des terres	spatiale
Système de classification	Réalité de terrain
Légende d'utilisation des terres	Unité cartographique minimale
Trajectoire d'utilisation des terres	Unité cartographique complexe
Table des attributs	SIG vectoriel
	SIG matriciel

Identifier les utilisations des terres

5. Même s'il existe des liens entre l'occupation du sol et l'utilisation des terres, il s'agit de concepts bien distincts. Au sein d'un pays, le rapprochement entre les occupations du sol (ex. : les types de végétation) identifiées à partir d'images satellites, et les utilisations réelles des terres constitue l'une des difficultés majeures de l'établissement des cartes d'utilisation des terres (Cihlar et Jansen, 2001).

6. Pour identifier et classer les utilisations des terres, il faut des experts et des spécialistes de la télédétection possédant une connaissance de terrain des zones géographiques concernées (ex. : des gestionnaires des terres, des scientifiques et des fonctionnaires). L'équipe chargée de l'analyse du coût d'opportunité devra s'assurer que les catégories sont compatibles avec les types d'occupation du sol surveillés, et qu'elles sont adaptées à la teneur en carbone et aux activités économiques.

Occupation du sol ≠
utilisation des terres

7. Un **cadre hiérarchique d'utilisation des terres** (Figure 4.1) peut être employé pour permettre une utilisation correcte et cohérente des informations relatives à l'utilisation des terres (ex. : le carbone et les profits) pour l'analyse des coûts d'opportunité à l'échelle nationale.

Cadre national d'utilisation des terres pour la REDD+

8. Pour élaborer un cadre national d'utilisation des terres, la première étape consiste à identifier l'état actuel de la cartographie de l'utilisation des terres dans le pays. Beaucoup de pays possédant déjà un cadre national d'utilisation des terres, il est indispensable d'effectuer une recherche bibliographique et d'acquérir les cartes existantes. S'il s'avère que les cadres existants ne sont pas appropriés pour le projet d'analyse du coût d'opportunité, l'équipe du projet devra les améliorer pour tenir compte des besoins du projet. La présentation ci-dessous explique comment décider s'il faut utiliser et adapter un cadre existant ou en élaborer un nouveau.

9. La compatibilité des résolutions des données relatives à l'utilisation des terres, à l'économie et au carbone est l'élément le plus important à prendre en considération pour élaborer un cadre national de classification de l'utilisation des terres, exploitable pour analyser le coût d'opportunité. Pour être utile, un système de classification doit prendre en compte les variations du carbone et des profits à travers le paysage et le pays. Ces variations peuvent être dues à nombreux facteurs, notamment :

1. Le climat agroécologique et/ou les zones topographiques ;
2. Les sols, avec une attention particulière aux :
 - a) zones humides, tourbières, mangroves, terres volcaniques avec des pertes de carbone potentiellement élevées,

- b) « terres pauvres » avec une faible rentabilité, mais des gains potentiels en stocks de carbone ;
3. Les limites politiques, institutionnelles et de gestion (zones agricoles et boisées, systèmes fonciers, etc.) ;
 4. Les caractéristiques d'accessibilité de l'infrastructure de transport (ex. : route revêtue, route en terre battue, cours d'eau, etc.) ;
 5. Les utilisations précédentes des terres, qui peuvent affecter la fertilité du sol et la teneur en carbone.

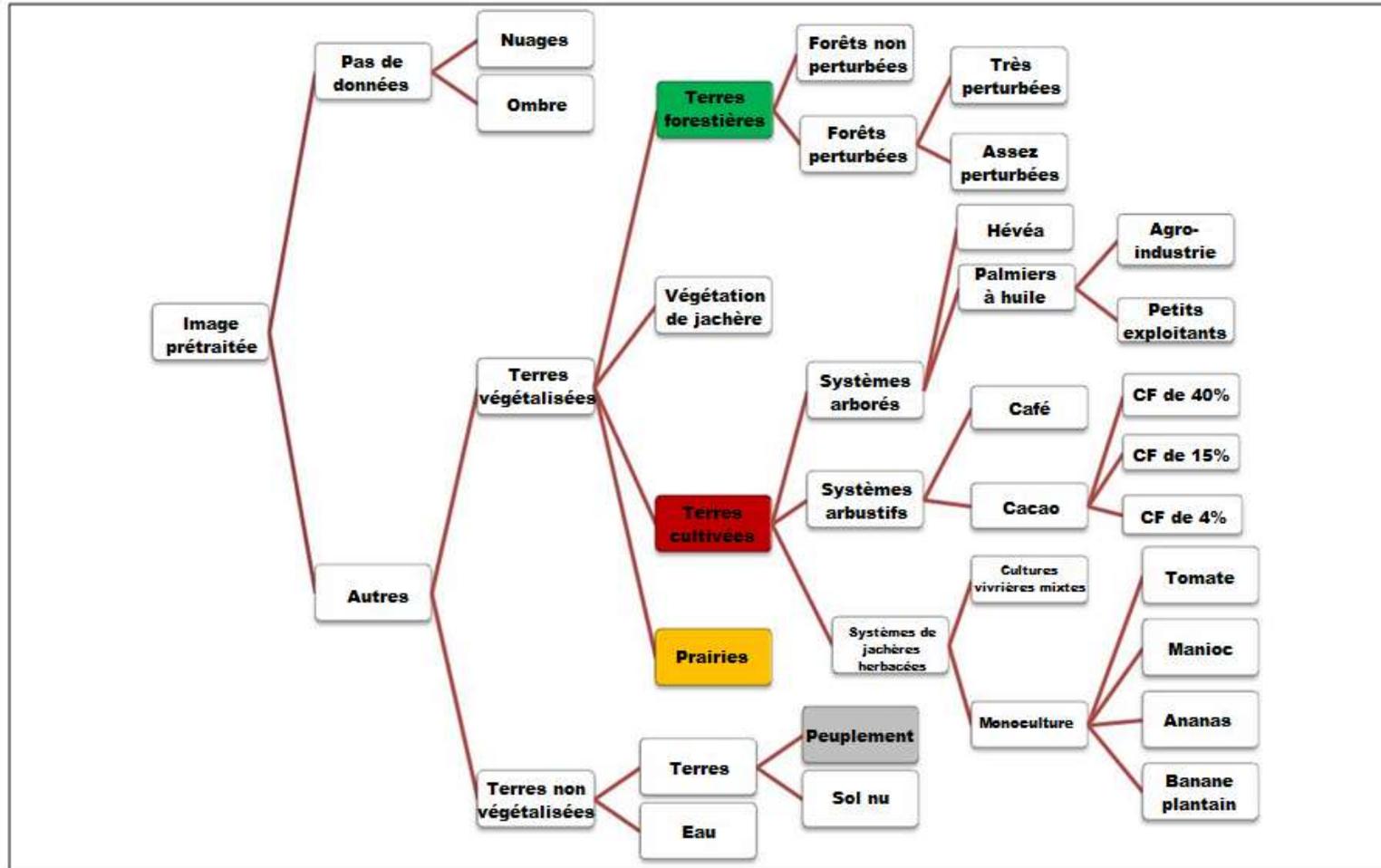


Figure 4.1. Cadre hiérarchique de l'utilisation des terres dans une zone forestière humide du Cameroun³⁹

Source : Robiglio, 2010.

³⁹ Caf : Agroforesterie du cacao présentant des niveaux différents de couvert d'arbres d'ombrage. Les catégories forestières sont définies en fonction du niveau de perturbation ou de dégradation. Les catégories peuvent être associées à différents types de gestion (forêt communautaire, conseil forestier, aires protégées) liés à des exploitations forestières d'intensité différente.

10. Combien de catégories d'utilisation des terres faut-il définir ? Le choix du nombre de catégories de classement dépendra de la disponibilité des données géographiques et de leur analyse, de l'aptitude à détecter les différences dans l'occupation du sol sur l'imagerie de télédétection (résolution des images), de la disponibilité des informations relatives au carbone et à la rentabilité des utilisations des terres, et de la rigueur souhaitée de l'analyse du coût d'opportunité. Une telle variété de facteurs requiert une équipe pluridisciplinaire dotée d'une bonne compréhension de l'analyse des coûts d'opportunité dans le cadre des programmes REDD+.

11. Si une catégorie ne reflète pas correctement une utilisation des terres en termes de stocks de carbone ou de rendement net, les utilisations des terres seront réparties en sous-catégories. Les propriétés ou les utilisations du sol peuvent différer au sein d'une même occupation du sol. Différents niveaux de rendement net peuvent apparaître au sein d'une catégorie en fonction de l'accessibilité et de l'emplacement. La rentabilité d'une culture peut varier selon qu'elle a été ou non produite à proximité d'un marché.

12. D'autre part, il peut être nécessaire d'agréger (regrouper) des catégories, notamment pour des raisons techniques. L'unité cartographique minimale (UCM) de l'imagerie peut ne pas être suffisamment petite pour pouvoir différencier les catégories. Dans ce cas, une unité cartographique complexe est nécessaire. Une autre raison est la simplification du cadre d'utilisation des terres : un plus petit nombre de catégories requiert moins de gestion et d'analyse des données. En outre, la création de nombreuses sous-catégories à partir d'une résolution inadéquate des images ou des informations relatives au carbone ou au profit peut donner une impression erronée de précision.

13. Notons que dans un cadre d'utilisation des terres, le niveau de détail ne doit pas être le même pour tout le pays. Un niveau plus détaillé peut être utilisé dans des zones présentant un intérêt particulier, ou pour exploiter des données de meilleure qualité disponibles dans certaines zones. De plus, le niveau de détail ne doit pas être fixe. À mesure qu'arrivent des informations supplémentaires, les catégories d'utilisation des terres peuvent être divisées en sous-catégories. Inversement, des catégories initialement distinctes peuvent être fusionnées si leurs différences se révèlent plus minces que prévu. À cet égard, comme pour beaucoup d'autres aspects de l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+, le travail peut être utilement conçu comme un processus itératif plutôt que comme une tâche entièrement réalisée en une fois. En résumé, les décisions de subdivision ou d'agrégation des catégories seront guidées par le niveau de détail spatial du processus de cartographie, ainsi que par la disponibilité des données auxiliaires biophysiques, socioéconomiques, d'infrastructure ou de gestion.

Le Tableau 4.1 présente une classification des occupations du sol et utilisations des terres, à trois niveaux de hiérarchie. Ce système mixte de classification est le fruit d'un effort international de cartographie de la déforestation dans les régions tropicales (Puig, et coll., 2000; Achard, et coll., 2002). Le premier niveau se compose de grandes catégories d'occupation du sol telles que la forêt, l'agriculture et des occupations mixtes. Le deuxième

niveau comprend des types d'occupation du sol plus détaillés. Le troisième niveau est encore plus spécifique, englobant des types de terres propres à certaines régions infranationales. Un quatrième niveau (non représenté) ne concerne que la forêt et utilise le taux de couvert forestier comme critère distinctif. Dans cet exemple, les différences de couverture des frondaisons (occupation du sol) sont utilisées pour détecter les niveaux d'abattage sélectif (utilisation des terres). Une fois le cadre défini, l'équipe du projet peut se concentrer sur la logistique de l'analyse par télédétection et de l'établissement des cartes d'occupation du sol et d'utilisation des terres. Au cours des étapes ultérieures du processus d'analyse, les analystes peuvent être amenés à revoir la légende.

Tableau 4.1. Légende d'un système hiérarchique de classification des occupations du sol

Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3		
1	Forêt	<i>>40 % de couverture forestière* et >10 % de couverture des frondaisons</i>				
Forêt	1	Forêt sempervirente et semi-sempervirente	0 1 2 3	Inconnu Forêt de basse altitude sempervirente Forêt de montagne sempervirente Forêt semi-sempervirente	4 5 6 9	Landé / Caatingas Conifères Forêt de bambous Autre
	2	Forêt décidue	0 1 2	Inconnu Forêt « dense sèche » (Afrique) <i>Miombo</i> (Afrique)	3 4 9	Forêt décidue mixte (sèche) (Asie) Forêt de diptérocarpes sèche (Asie) Autre
	3	Forêt inondée	0 1 2	Inconnu Régulièrement inondée – Varzea Forêt marécageuse (toujours inondée)	3 4 9	Forêt marécageuse de palmiers <i>aguaje</i> Forêt marécageuse de tourbe Autre
	4	Forêt-galerie	0			
	5	Plantation	0 1 2	Inconnu Teck Pin	3 9	Eucalyptus Autre
	6	Régénération forestière	0			
	7	Mangrove	0			
9	Autre	0				
2	Mosaïque	<i>>10 % et ≤40 % de couverture forestière (et >10 % de couverture des frondaisons)</i>				
Mosaïque	1	Culture itinérante	0 1 2	Indéterminé ≤ 1/3 des cultures > 1/3 des cultures		
	2	Terres cultivées et forêts				
	3	Autres végétations et forêts				
	9	Autre				
3	Végétation naturelle non forestière	<i>≤10 % de couverture forestière ou ≤10 % de couverture des frondaisons</i>				
Végétation naturelle non forestière	1	Bois et brousse	0 1 2 3 4	Inconnu Savane boisée (Cerrado) Savane arborée Savane arbustive Bambou (peuplement pur)	5 6 7 9	Savane marécageuse De type humide (sempervirente) (Asie) De type sec (savane) (Asie) Autre
	2	Prairies	0 1 2 9	Inconnu Prairies sèches Prairies marécageuses – Varzea Autre		
	3	Régénération de la végétation				
	9	Autre				
4	Agriculture	<i>≤10 % de couverture forestière ou ≤10 % de couverture des frondaisons</i>				
Agriculture	1	Terres arables	0	Inconnu, 1 Irriguées, 2 Pluviales		
	2	Plantations	0 1 2	Inconnu Caoutchouc Palmiers à huile	3 9	Café, cacao, coca Autre
	3	Élevage				
	4	Petites exploitations				
	9	Autre				
5	Non végétalisées					
Non végétalisées	1	Zones urbaines				
	2	Routes				
	3	Infrastructure		1 Exploitation minière, 2 Hydroélectricité, 9 Autre		
	4	Sol nu				
	9	Autre				
6	Eau					
Eau	1	Cours d'eau				
	2	Lac		1 Naturel, 2 Artificiel		
7	Mer					
8	Non visible					
Non visible	1	Nuages				
	2	Ombre				
9	Absence de données					

Source : Puig et coll., 2000

14. La légende d'utilisation des terres est une convention identifiant sur une carte les différentes catégories d'un système de classification, à l'aide d'une couleur ou d'un motif déterminés. Dans ce manuel, les catégories et sous-catégories d'une légende d'occupation du sol correspondent aux utilisations des terres. Ainsi, au terme du processus de classification, le cadre hiérarchique d'utilisation des terres va des catégories mondiales générales d'occupation du sol aux catégories locales d'utilisation des terres. La légende d'utilisation des terres constitue la base pour l'identification des occupations du sol et la cartographie des utilisations des terres.

15. La légende d'utilisation des terres doit respecter les pratiques modèles en matière de cartographie, et satisfaire des critères supplémentaires pour être compatible avec une initiative REDD (Cihlar et Jansen, 2001 ; GOF-C-GOLD, 2005 ; Herold et coll., 2006 ; GIEC, 2006 ; Herold et Johns, 2007). Le Système de classification de l'occupation du sol⁴⁰ (LCCS – *Land Cover Classification System* ; Di Gregorio, 2005) est l'une des meilleures ressources pour la détermination d'une légende. Le LCCS comprend une description complète des concepts de la classification ainsi que des lignes directrices pour l'adaptation des types d'occupation du sol aux normes mondiales.

Étapes de l'identification des utilisations des terres

- *Consulter la littérature.* Cihlar et Jansen (2001) donnent un aperçu de la manière d'associer les occupations du sol aux utilisations des terres. Des études de cas au Liban et au Kenya sont utilisées comme exemples pratiques (Jansen et Di Gregorio, 2003 ; Jansen et Di Gregorio, 2004)
- *Vérifier la disponibilité des cartes.* L'examen des analyses précédentes des changements d'affectation des terres est une tâche préliminaire importante. Les cartes d'occupation du sol et d'utilisation des terres disponibles peuvent ne nécessiter que de légères modifications avant de pouvoir être utilisées dans une analyse du coût d'opportunité. Elles peuvent, par exemple, convenir pour élaborer une légende d'utilisation des terres pour des analyses moins rigoureuses du coût d'opportunité (Niveaux 1, 2).
- *Définir des règles de décision pour transformer les catégories d'occupation du sol en utilisations des terres.* Elles seront le plus souvent fondées sur les connaissances d'un expert local. Par exemple, de petites taches de forêt et de zones défrichées (occupation du sol) visibles dans les données de télédétection indiquent une culture itinérante (utilisation des terres). Ces règles de décision devront être présentées dans un tableau qui servira de référence.
- *Recueillir des informations sur l'utilisation des terres pendant les activités sur le terrain.* Une des hypothèses de l'analyse est que toutes les catégories d'occupation du sol peuvent être associées à toutes les utilisations des terres. Le travail sur le terrain devra confirmer et valider les règles permettant de rapprocher les occupations du sol des utilisations des terres.

⁴⁰ Le manuel et le logiciel du LCCS peuvent être acquis sur le site du Réseau mondial sur la couverture terrestre (<http://www.glcn.org/>).

- *Confirmer les données sur l'occupation du sol et l'utilisation des terres.* Les activités de suivi, notification et vérification (SNV) sont une occasion de confirmer la correspondance entre les occupations du sol et les utilisations des terres.
- *Tenir compte de la résolution des images lors de l'élaboration de la légende d'utilisation des terres.* Différentes utilisations des terres peuvent sembler identiques sur une image satellite (ex. : l'agriculture intensive ou extensive, ou le degré de dégradation des forêts). Des unités cartographiques complexes seront utilisées si les éléments composant une unité cartographique sont trop petits pour être délimités.

Encadré 4.1. Gestion et analyse des données

L'analyse du changement d'affectation des terres requiert une gestion minutieuse des données. Les principes de gestion des données d'une analyse du coût d'opportunité sont similaires à ceux des activités REDD, telles que le suivi, la notification et la vérification (SNV) des données sur les stocks de carbone. Le développement d'un système pour la gestion et l'analyse des données décrit plus haut exige un investissement important. Les coûts dépendront de la taille du pays, des connaissances et des ressources existantes ainsi que d'autres facteurs. Par exemple, pour mettre en place un système de SNV au niveau national (une opération qui sort du cadre normal d'une analyse du coût d'opportunité), Herold et Johns (2007) ont estimé un coût allant de plusieurs centaines de milliers à deux millions de dollars EU. Étant donné ces coûts, une équipe nationale réalisant une analyse du coût d'opportunité a intérêt à collaborer et à s'appuyer sur le travail et le savoir-faire existants. Lorsqu'un pays dispose d'un système de SNV, la plupart ou la totalité des informations requises pour l'analyse peuvent être disponibles.

Les pays ne disposant pas de systèmes de SNV devront identifier des experts possédant les ressources leur permettant de mener une analyse du changement d'affectation des terres et de mettre en place un solide système d'information pour analyser les coûts d'opportunité. Pour construire à partir de rien un système d'information pour l'évaluation du changement d'affectation des terres intervenant dans l'analyse du coût d'opportunité, cinq éléments sont nécessaires : des ressources humaines, des données et de la documentation, des méthodes analytiques, du matériel informatique, et un logiciel.

1. Ressources humaines : Des compétences spécialisées sont requises dans la science et la technologie de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG). Les experts en télédétection doivent avoir une expérience préalable de la production de cartes d'utilisation des terres et de l'occupation du sol. Ils doivent savoir prétraiter les données en vue de leur classification et analyse ultérieures, et notamment avoir une bonne connaissance des systèmes de coordonnées et de l'enregistrement des données. Idéalement, ils doivent posséder une expérience de l'interprétation visuelle de l'imagerie, du traitement numérique des images, de la classification supervisée et non supervisée, et de la segmentation des images. Les experts doivent savoir mener le travail de terrain à l'aide de systèmes GPS et de photographies numériques. Le personnel devra être titulaire d'un master ou posséder une expérience équivalente dans des secteurs ayant recours à des méthodes de télédétection et de SIG.

2. **Données et documentation** : Un inventaire des données requises doit être réalisé pour déterminer la faisabilité de l'acquisition de l'imagerie et si des dépenses supplémentaires sont nécessaires. S'il n'existe encore aucune activité nationale de SNV, ou si aucune donnée de télédétection ni information classée sur l'occupation du sol n'est disponible, les coûts (en temps et en argent) de l'acquisition des données et de leur analyse doivent être pris en compte. Les données documentaires, les méthodes et les résultats de toute analyse du coût d'opportunité constituent une priorité essentielle. Le contexte et la description des données (ou métadonnées) sont indispensables, d'autant plus que l'analyse requiert la participation et la contribution d'un bon nombre d'experts scientifiques et que les participants peuvent changer au fil du temps. La documentation permet à l'analyse d'être reproductible et de satisfaire les normes de qualité de l'examen par les pairs. Les normes du GIEC ou d'autres organismes internationaux peuvent servir de lignes directrices (2006). En ce qui concerne les données spatiales et de télédétection, un effort national doit produire des métadonnées conformes aux normes de l'*Organisation internationale de normalisation (ISO)* ou du *Federal Geographic Data Committee (FGDC)* des États-Unis. Toute analyse du coût d'opportunité ou tout effort REDD doit s'aligner sur les actions nationales visant à développer une infrastructure nationale de données géospatiales (NSDI – *national spatial data infrastructure*). Plus d'information sur les métadonnées géospatiales peut être trouvée auprès de l'*Infrastructure mondiale de données géospatiales (GSDI – Global Spatial Data Infrastructure)*.
3. **Méthodes analytiques** : Les méthodes analytiques employées seront déterminées par la complexité et le niveau visé de l'analyse. N'importe quel pays peut s'appuyer sur une littérature complète sur les SIG et la télédétection.
4. **Matériel informatique** : La capacité requise du matériel informatique dépendra de la rigueur de l'analyse. Des ordinateurs personnels pourvus de gros disques durs et d'une large mémoire (RAM) sont généralement suffisants.
5. **Des logiciels** d'analyse de l'utilisation des terres, ouverts gratuits ou propriétaires, sont disponibles, notamment Google Earth, GRASS (<http://grass.itc.it/>), SPRING (Camara, et coll. 1996), ILWIS (<http://www.ilwis.org/>), le logiciel à bas prix IDRISI (Eastman, 2009), ArcGIS de l'*Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, et autres logiciels. La capacité du logiciel à identifier les caractéristiques appropriées doit être vérifiée. Par exemple, les algorithmes d'interprétation de l'image fonctionnent-ils correctement en milieu tropical ?

Établir des cartes d'utilisation des terres

16. Cette section présente un aperçu général des techniques de télédétection disponibles et des difficultés associées à l'établissement de cartes d'utilisation des terres pour l'analyse du coût d'opportunité. On trouvera une description complète des outils d'estimation, de comptabilisation et de notification de l'occupation du sol et des stocks de carbone dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques ainsi que dans le Guide REDD du GOF-C-GOLD (GIEC, 2006 ; GOF-C-GOLD, 2009).

Données de télédétection

17. L'information obtenue par télédétection provient de différentes sources, caractérisées chacune par une résolution, une fréquence (ou cycle orbital) et un coût différents (Tableau 4.2). Deux sites Internet sont utiles pour l'acquisition de données de télédétection : le site GLOVIS de l'enquête géologique des États-Unis (<http://glovis.usgs.gov/>) et de la *Global Land Cover Facility* de l'Université du Maryland (<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>). Il est recommandé aux spécialistes de la télédétection de consulter le Manuel du GOF-C-GOLD (2009) pour une présentation complète des considérations relatives à la sélection de l'imagerie de télédétection.

Tableau 4.2. Caractéristiques des images satellite

Satellite	Capteur	Résolution (spatiale)	Cycle orbital	Coût de l'image
TERRA	MODIS	250 m	2 jours	Faible
		500 m		
		1 000 m		
LANDSAT 7	ETM+	15 m (185 km)	16 jours	Moyen
		30 m (185 km)		
DMC II		32 m (80x80 km)	1 jour	Moyen
SPOT 1-3	XS	20 m (60x60 km)	26 jours	Moyen
	PAN	10 m (60x60 km)		
SPOT 4	XS	20 m (60x60 km)	26 jours	Moyen
	PAN	10 m (60x60 km)		
	VGT	1 (2 000 km)		
SPOT 5	HRS	10 m (60x60 km)	26 jours	Moyen
	HRG	5 m (60x60 km)		
TERRA	ASTER	15 m		Moyen
		30 m		
IRS-C	Pan	5,8 m (70 km)	24 jours	Moyen
	LISS-III	23 m (142 km)		
IKONOS	PAN	1 m (min10 x 10 km)	3 jours	Élevé
	MS	4 m (min10 x 10 km)		
QUICKBIRD		2,5 m (22x22 km)	3 jours	Élevé
		61 cm (22x22 km)		
ALOS	PRISM	2,5 m (70 km)	46 jours	Élevé
	AVNIR2	10 m (70 km)		
	PALSAR	10 m (70 km)		

Source : d'après le GOF-C-GOLD, 2010.

18. L'une des options possibles pour les données satellite est l'imagerie à haute résolution, telle qu'IKONOS et Quickbird. Ces données de télédétection sont toutefois plus coûteuses pour des unités cartographiques minimales (UCM) plus petites, et requièrent une puissance de calcul importante pour pouvoir gérer une grande quantité de petits pixels. De plus, la couverture géographique de l'imagerie à haute résolution est limitée, en particulier dans beaucoup de régions tropicales.

19. En revanche, l'imagerie à faible résolution (à grandes UCM) est largement disponible à faible coût. Par exemple, les images MODIS ont une résolution spatiale de 250 m et peuvent être téléchargées gratuitement à partir d'Internet. La distinction entre les catégories de terres est toutefois difficile à cause de leur faible résolution. Ce problème s'accroît dans les régions tropicales humides où les paysages abritent souvent de petites parcelles agricoles (Figure 4.2).



Figure 4.2. Paysage agricole spatialement hétérogène au Cameroun.

Source : Robiglio, 2009.

20. L'imagerie à moyenne résolution, telle que Landsat et Aster, représente un compromis intéressant entre la résolution et le coût (Figure 4.3). Un avantage important de Landsat est la disponibilité d'images plus anciennes permettant d'établir une base de référence pour la détermination des taux de déforestation à moyen terme. Malheureusement, une erreur au niveau du capteur de Landsat 7 limite sérieusement l'utilisation des images depuis 2003.

Les analystes devront donc envisager d'utiliser d'autres capteurs pour combler les lacunes dans les images récentes.

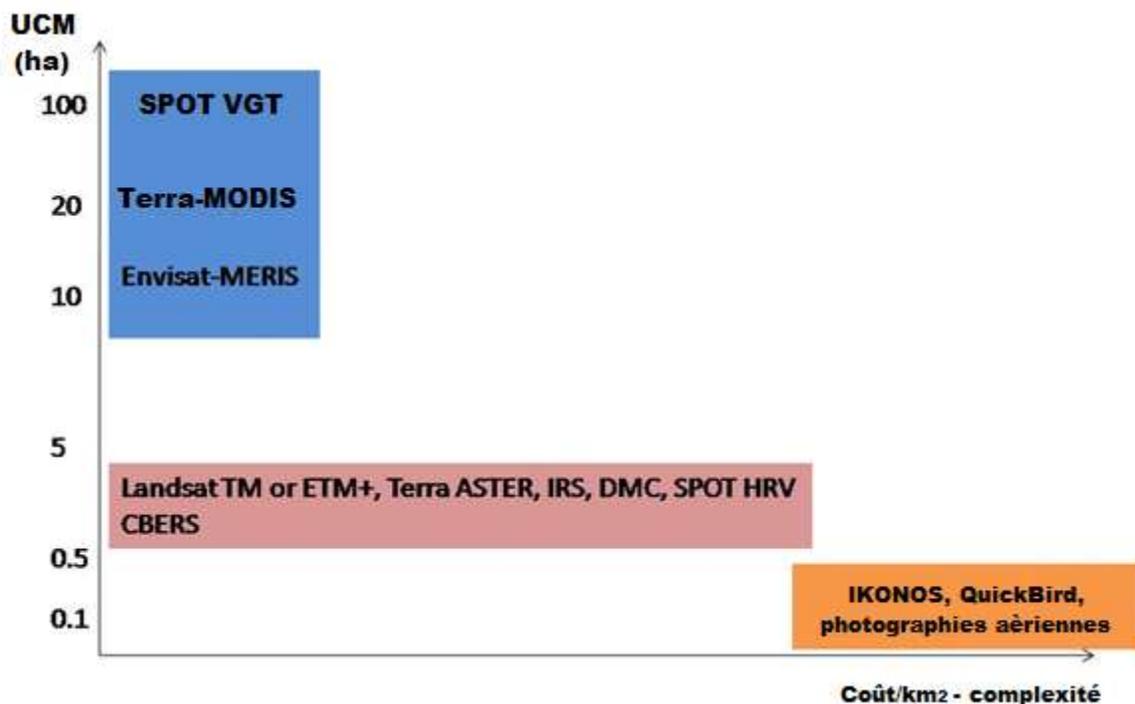


Figure 4.3. Données de télédétection : coût et complexité par rapport à la résolution (UCM)

Source : les auteurs

21. Les options pour les données de télédétection décrites ci-dessus sont des solutions standards. Néanmoins, les évaluations de l'utilisation des terres et des stocks de carbone peuvent tirer parti de méthodes et approches nouvelles pour surveiller et mesurer la déforestation, la dégradation des forêts et le changement d'affectation des terres (voir la note sur le LIDAR dans l'Encadré 4.4 ci-dessous). Dans la mesure où elles deviennent de plus en plus accessibles et acceptées, les analystes peuvent envisager d'utiliser ces nouvelles approches.

Encadré 4.2. Estimation des stocks de carbone à partir des cartes de la biomasse par rapport aux cartes d'utilisation des terres

L'imagerie de télédétection peut être utile pour évaluer le carbone dans la biomasse et comprendre la distribution géographique du carbone dans un paysage (Baccini, 2004 ; Foody et coll. 2003, Goetz et coll. 2009). Saatchi et coll. (2007), par exemple, ont estimé le carbone total à 86 Pg C à partir de leur évaluation par télédétection de la biomasse aérienne vivante en Amazonie. Les niveaux de biomasse variaient en fonction de la longueur de la saison sèche et au sein du paysage.

Les évaluations de la biomasse sont moins utiles pour calculer le coût d'opportunité de la déforestation évitée : ces calculs nécessitent des informations sur les utilisations des terres, notamment la teneur en carbone associée (voir le Chapitre 5) et les mesures de la rentabilité. Les valeurs actualisées nettes des activités économiques ne peuvent être estimées qu'à partir de l'utilisation des terres.

Analyse de l'image

22. La télédétection nécessite un prétraitement de l'imagerie satellite. Ce travail comprend souvent une géolocalisation et une correction radiométrique de l'image pour prendre en compte les distorsions atmosphériques. De nombreux fournisseurs de télédétection livrent une imagerie satellite déjà prétraitée. Les méthodes standard de prétraitement peuvent être trouvées dans la littérature sur la télédétection (voir notamment Jensen, 1995 ; Lillesand et Kiefer, 2000).

23. De manière générale, il existe trois méthodes d'interprétation de l'imagerie de télédétection : 1) l'interprétation visuelle, 2) le traitement numérique des images sur base des pixels, et 3) la segmentation des images. À ce jour, la littérature sur la REDD ne mentionne aucun consensus sur la meilleure méthode. Le choix de la méthode d'interprétation dépendra des capacités nationales en ressources humaines, des coûts relatifs des différentes méthodes, ainsi que des caractéristiques et de la superficie de la zone.

1. *Interprétation visuelle.* Les analystes dessinent sur l'écran de l'ordinateur des polygones autour des différences visibles sur les images satellite (Puig et coll., 2002). Ces polygones sont associés à une catégorie appartenant à la légende d'occupation du sol. Un avantage de cette méthode est de permettre une mise à jour de l'imagerie récente à l'aide de la carte de base, réalisée à une date antérieure. Un de ses inconvénients est qu'elle dépend du jugement de l'analyste et est donc plus subjective que les autres méthodes. De plus, pour les grands pays, l'interprétation visuelle peut être difficile à pratiquer et coûteuse en temps.

2. *Traitement numérique des images sur base des pixels.* Des algorithmes informatiques sont utilisés pour effectuer des classifications supervisées et non supervisées. Précédemment, la majeure partie du traitement numérique de l'image était effectuée au niveau des pixels (Jensen, 1995). Chaque pixel est considéré comme une unité territoriale et est regroupé dans un ensemble de pixels similaires. Le regroupement (clustering) peut être basé sur la signature spectrale des pixels : on appelle cette méthode la classification non supervisée. En revanche, dans la classification supervisée, l'analyste associe les pixels à une catégorie de la légende. Cette seconde méthode dépend de la connaissance que l'analyste a de la zone étudiée. Le traitement numérique de l'image est plus objectif que l'interprétation visuelle, car il fait appel à des algorithmes informatiques pour assigner les pixels aux catégories de terres.

3. *Segmentation des images.* Les récents logiciels de télédétection appliquent des méthodes de segmentation des images pour classer les occupations du sol et utilisations des terres (Camara, 1996 ; Eastman, 2009). Un algorithme regroupe les pixels sur base de leurs signatures spectrales et d'un ensemble de règles fixées par l'analyste. L'avantage de cette approche est son coût relativement faible pour de grandes surfaces. Toutefois, pour éviter des erreurs de taille, il est indispensable de relier soigneusement les occupations du sol à une information sur la réalité de terrain des utilisations des terres.

24. Une fois la méthode d'interprétation de l'image sélectionnée, on peut procéder à l'analyse et produire des cartes numériques. L'étape suivante consiste à valider les résultats. Les analystes devront examiner et améliorer les processus et les résultats de l'interprétation des images, en fonction des conclusions de l'analyse de vérification et validation. Les experts devront disposer d'un niveau élevé de jugement et de connaissance du terrain, en particulier pour les utilisations des terres dans les régions tropicales.

Encadré 4.3. Le défi de l'identification de la dégradation des forêts

La dégradation des forêts est une diminution de la densité des arbres au sein de la forêt, mesurée par la couverture des frondaisons ou la séquestration (Schoene et coll., 2007). Elle est due à des causes humaines ou naturelles. L'ampleur ou l'intensité de la dégradation constatée dépend de la définition de la forêt. Par exemple, si dans un pays, une zone boisée est considérée comme une forêt lorsque sa superficie est d'au moins 5 hectares, alors une perte inférieure à 0,5 hectare sera comptabilisée comme une dégradation, et sera enregistrée comme une déforestation au-delà de cette valeur. Une logique analogue peut être appliquée à d'autres seuils de définition de la forêt, relatifs à la couverture des frondaisons et à la hauteur. On trouvera une analyse de l'importance des définitions dans Sasaki et Putz (2009), van Noordwijk et Minang (2009), et Guariguata et coll. (2009).

La dégradation peut être difficile à identifier sur les images satellite. Les placettes d'inventaire forestier peuvent produire des estimations précises de la biomasse et du carbone, bien que les résultats soient propres aux sites (Harris et coll. 2010). Dans la légende d'utilisation des terres présentées plus haut dans ce chapitre, la dégradation forestière est prise en compte à l'aide des différents niveaux de couverture des frondaisons. Les données spatiales correspondantes peuvent être utilisées pour identifier les zones susceptibles de subir une dégradation (ex. : dans les concessions d'exploitation forestière). La densité forestière et le couvert des arbres pourront être estimés à l'aide du jugement de l'expert, du LIDAR (*Light Detection and Ranging*) ou d'une imagerie numérique aérienne multispectrale tridimensionnelle.

L'identification de la dégradation des forêts est un des grands problèmes de la recherche par télédétection. Asner (2009) a mis au point une méthode qui combine les approches traditionnelles de cartographie par satellite avec une solution active aéroportée, à technologie laser, baptisée LIDAR. Celle-ci fournit des informations sur la hauteur des arbres, la largeur des cimes et la structure de la forêt, ce qui la rend particulièrement utile pour déterminer si une forêt a été exploitée de manière sélective. Plus récemment, le LIDAR a été utilisé en association avec l'imagerie MODIS pour cartographier la hauteur du couvert des arbres dans le monde entier (Lefsky, 2010).

M3DADI utilise 1) des techniques basées sur le GPS pour identifier les mosaïques de cimes des arbres, et 2) un équipement de photographie standard, monté sur un avion Cessna, pour produire des photos-cartes matricielles précises. Une reconstruction en 3D, produite à partir de la vidéographie aérienne, permet d'identifier les caractéristiques du terrain et les types de végétation, et de mesurer la hauteur et la masse des arbres individuels. Les mesures sont ensuite calibrées à l'aide des données de l'inventaire du carbone et d'équations de régression afin d'estimer le carbone à distance (Stanley et coll., 2006).

Les coûts en temps de l'approche par échantillonnage sur le terrain étaient environ 2,5 à 3,5 fois plus élevés que ceux de l'approche M3DADI, pour atteindre le même niveau de précision. Même si coûts fixes du M3DADI sont élevés, le coût pour les parcelles supplémentaires est faible (Brown et Pearson, 2006). Un autre avantage des approches de télédétection est que les données fournissent un enregistrement permanent de ce qui a été trouvé à un endroit donné à un moment donné. Les images peuvent être consultées et vérifiées à plusieurs reprises, ou de nouvelles techniques d'évaluation peuvent être appliquées aux données historiques afin d'améliorer les estimations précédentes (Stanley et coll. 2006). Ces nouvelles méthodes, ainsi que d'autres, sont prometteuses pour améliorer notre capacité à identifier la dégradation des forêts de manière rentable.

Vérifier l'exactitude

25. Les estimations de l'utilisation des terres sont-elles exactes ? La validation de la classification de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres est une pratique courante qui doit faire partie de l'analyse du coût d'opportunité. L'évaluation et la validation de l'exactitude des utilisations des terres sont importantes pour assurer la crédibilité des estimations des changements d'affectation des terres. Cette section aborde 1) les sources d'erreur et d'incertitude, et 2) le processus de validation.

Sources d'erreur et d'incertitude

26. Une analyse doit identifier les sources d'erreur et leur ampleur. À partir de cette information, l'équipe chargée de l'analyse pourra réviser le travail afin de tenter de réduire ces problèmes.

27. L'utilisation d'images multiples (à travers la zone étudiée ou à différentes dates) requiert un processus de classification séparé pour chaque scène. Ces différences dans les images et le traitement peuvent entraîner des incohérences dans la qualité de la classification pour la zone étudiée. Par exemple, un problème peut apparaître au niveau du minutage de l'imagerie. Si des scènes voisines différentes ont été photographiées à différentes époques de l'année, des erreurs d'interprétation peuvent être dues aux variations dans la vigueur de la végétation. Si une scène a été photographiée durant la saison sèche, et une autre pendant la saison humide, la classification peut refléter des variations saisonnières de la végétation au lieu de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres à plus long terme.

28. La nébulosité est une autre difficulté habituelle de la cartographie de l'utilisation des terres dans les régions tropicales. L'analyste devra obtenir des images supplémentaires pour les zones nuageuses. Sinon, ces zones devront être exclues de l'analyse. Les futures

évolutions technologiques de l'utilisation des images radar et LIDAR pourraient contribuer à surmonter les problèmes liés à la nébulosité.

29. La nébulosité est un problème persistant, en particulier dans les pays côtiers d'Afrique centrale. L'accessibilité améliorée aux images SPOT (Mercier, 2010) et la création d'une station de réception de données d'observation de la Terre pour la région d'Afrique centrale au Gabon (Fotsing et coll. 2010) devrait faciliter la cartographie par télédétection et la surveillance cohérente des variations de la couverture forestière dans la région.

30. L'acquisition d'une imagerie d'une résolution spatiale appropriée constitue également un problème potentiel. Des difficultés apparaissent lorsqu'il s'agit d'interpréter les petites exploitations agricoles et les forêts dégradées. Il est fondamental de s'assurer que la résolution de l'imagerie de télédétection est suffisante pour capter l'occupation du sol et les utilisations des terres correspondantes présentant un intérêt pour l'analyse. La définition et la création d'*unités cartographiques complexes* pour les mosaïques d'utilisations des terres peuvent aider les experts à surmonter les problèmes liés à une résolution spatiale inappropriée.

Processus de validation

31. Dans les manuels et la documentation relative à la télédétection, on trouvera des méthodes de validation qu'il faudra étudier en profondeur (Jensen, 1995 ; Lillesand et Keifer, 2000 ; Congalton, 1991 ; Foody, 2001 ; Congalton et Green, 2009). Cette section décrit brièvement le processus général de validation des cartes d'occupation du sol et d'utilisation des terres.

32. La validation nécessite des informations sur « l'état véritable » de l'utilisation des terres dans la zone étudiée. Les informations peuvent provenir de deux sources : 1) la *vérification au sol*, ou 2) les données de référence.

1. La *vérification au sol* est un terme de télédétection qui désigne le contrôle sur le terrain. Pour obtenir l'information, une étude de terrain est effectuée pour relever les caractéristiques du terrain à des points représentatifs à l'aide d'un système d'échantillonnage complet. Une manière de déterminer des points représentatifs consiste à utiliser des générateurs de points aléatoires au sein d'un SIG pour choisir les emplacements à vérifier. Dans la mesure du possible, les points devront couvrir les variations de l'imagerie de télédétection. Il n'existe aucune règle bien établie concernant le nombre de points nécessaires à la validation. Empiriquement, on estime qu'il faut 30 à 50 points pour chaque catégorie d'utilisation du sol ou d'utilisation des terres.

Les principaux outils et techniques nécessaires à la validation sur le terrain sont des feuilles de calcul, des bases de données, des systèmes mondiaux de géolocalisation (GPS), et des appareils photo numériques. Il existe un document de *protocole de vérification* sur le terrain comprenant un exemple de formulaire d'enquête pour

l'enregistrement des informations⁴¹. L'équipe de terrain enregistre les données dans un formulaire normalisé. L'équipe chargée de la *vérification au sol* peut avoir des difficultés à accéder à la totalité d'une zone étudiée. De nombreuses zones sont dépourvues de routes ou sont situées en terrain difficile, ce qui complique l'obtention d'un échantillon représentatif des utilisations des terres et occupations du sol. Les systèmes d'échantillonnage doivent par conséquent faire preuve d'un certain opportunisme, en choisissant la plupart des points dans des endroits où l'accès est pratique et peu coûteux (voir l'Encadré 4.5 pour d'autres approches à moindre coût).

2. Les données de référence sont des images ou des cartes présentant un degré élevé de fiabilité. Il s'agit la plupart du temps d'images à très haute résolution (THR), dont la résolution spatiale peut être d'un mètre, un niveau de détail qui permet la validation par rapport à la classification de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres. Les sources habituelles d'images THR comprennent Quickbird et IKONOS. Pour certaines zones, des globes terrestres virtuels tels que *Google Earth* et *Microsoft Virtual Earth* contiennent généralement des images THR. Une portée optique ne permettant pas de discerner les différences entre certaines utilisations des terres et l'inadéquation de la date de l'image pour les comparaisons sont deux limitations à leur utilisation.

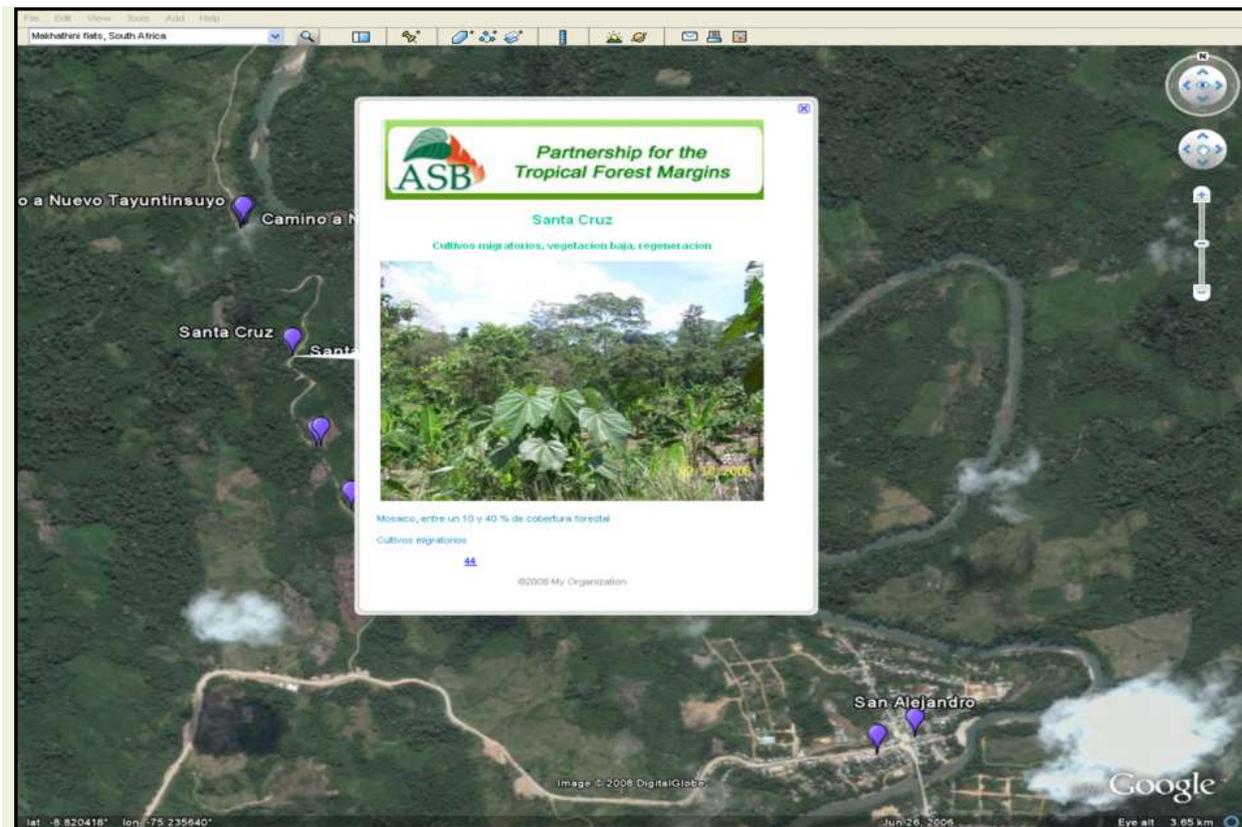
Encadré 4.4. Optimiser les activités sur le terrain

Le travail de terrain dans la zone étudiée peut viser plusieurs objectifs en même temps. Par exemple, pendant que les chercheurs prennent des mesures de la biomasse au niveau des placettes, il est possible de prendre des photographies numériques et des repères GPS, tout en collectant des notes sur les conditions de terrain.

Avant d'interpréter les images, on réalisera un travail de terrain pour identifier des unités de terrain homogènes en vue de la classification. Durant le travail de terrain, l'équipe chargée de l'analyse peut recueillir des informations sur le terrain qui pourront être utilisées pour la formation et la validation. Pour éviter toute confusion, on créera deux ensembles de données différents (l'un avec les points pour la formation et l'autre avec les points pour la validation).

L'information de vérification au sol doit être maintenue dans un système de gestion de données. Par exemple, la figure ci-dessous montre une interface *Google Earth* pour les photographies, points GPS et notes de terrain enregistrés dans une feuille de calcul en ligne. La zone étudiée a été visitée au cours d'une campagne de *vérification au sol* dans le centre de l'Amazonie péruvienne. Les horodatages des photographies numériques ont été associés aux horodatages du point GPS afin d'identifier les emplacements où ont été prises les photos.

⁴¹ La plate-forme CIFOR-ICRAF-Biodiversité a élaboré un document intitulé « Ground-truthing Protocol », disponible sur http://gisweb.ciat.cgiar.org/GoogleDocs/FPP_Mapper/groundtruth_protocol.pdf.



Exemple de photographie d'un point de vérification au sol au sein d'un paysage

33. Une fois que l'occupation du sol ou l'utilisation des terres « réelle » a été déterminée pour les points représentatifs, la comparaison avec la carte classée peut commencer. Les données de validation relevées sont numérisées dans une carte, avec la table des attributs correspondante. Ensuite, la carte d'échantillonnage de validation est superposée à la carte d'utilisation des terres. Cette superposition avec les points sous forme de polygones donne un tableau dont la première colonne contient l'information de validation de l'utilisation des terres obtenue par l'étude de terrain ou des images THR. La deuxième colonne montre l'utilisation des terres tirée de la classification. Ces deux colonnes sont ensuite utilisées pour créer une matrice d'erreur (Tableau 4.3). Cet exemple compare une carte classée avec les images THR sur *Google Earth*. La valeur dans chaque cellule est le nombre de points de validation pour chaque combinaison d'utilisations des terres déterminée sur base de la carte classée et des images THR.

Tableau 4.3. Matrice d'erreur

Catégories d'utilisation du sol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Google	Utilisateurs
1	40					3				43	93,0
2		31				2				33	93,9
3			29		1	3				33	87,9
4				28		4	1		1	34	82,4
5					24	2				26	92,3
6	1	4	1	4	1	36	3	3	3	56	64,3
7				3			30			41	73,2
8	1						4	26		31	83,9
9			1	2			3		21	27	77,8
Landsat	42	35	31	37	26	50	41	37	25	324	
Producteurs	95,2	88,6	93,5	75,7	92,3	72,0	73,2	70,3	84,0		

Légende des catégories d'utilisation du sol : 1-Forêt, couvert de 95 % ; 2-Forêt, couvert de 80 % ; 3-Forêt, couvert de 65 % ; 4-Forêt, couvert de 50 % ; 5-Palmiers à huile ; 6-Culture itinérante ; 7-Jachère à courte rotation ; 8-Grandes exploitations d'élevage ; 9-Absence de végétation.

Source : White et Hyman, 2009.

34. La matrice d'erreur montre le nombre total de points correctement classés, ainsi que ceux qui ont été mal classés. L'analyste remplit le tableau de la matrice d'erreur à l'aide des résultats de la superposition des points polygones. L'axe vertical du tableau représente la classification des cartes réalisée à partir des images Landsat, et l'axe horizontal représente l'imagerie THR. L'exactitude « Utilisateurs » (dernière colonne à droite du tableau) correspond au nombre de pixels correctement attribués, divisé par le nombre total des pixels attribués dans cette catégorie. Ce chiffre indique le nombre d'erreurs d'association (lorsque les pixels sont associés à une catégorie incorrecte). L'exactitude « Producteurs » (dernière ligne du tableau) correspond au nombre de pixels corrects pour une catégorie, divisé par le nombre réel de pixels de référence pour cette catégorie, ce qui donne les erreurs d'omission (lorsque des pixels n'ont pas été inclus dans la bonne catégorie).

35. Par exemple, la cellule en haut à gauche montre que 40 points ont été interprétés (à partir de la carte classée) et vérifiés (à partir d'images THR dans *Google Earth*) en tant que couvert de 95 %. Les 40 points ont tous été correctement classés, et apparaissent donc sur la diagonale (cellules ombrées). Les points mal classés figurent en dehors de la diagonale. Par exemple, la ligne 1 colonne 6 indique que trois points de la carte ont été classés en tant que couvert de 95 %, mais que, selon les images THR, il s'agissait de zones de culture itinérante.

36. L'avantage de la matrice d'erreur est de permettre aux analystes d'identifier les combinaisons d'utilisation des terres et de changements d'occupation du sol ayant les taux d'erreur les plus élevés. Les résultats de la matrice d'erreur sont utilisés pour examiner et améliorer la carte. Les analystes peuvent effectuer plusieurs cycles d'amélioration de la

carte et d'évaluation subséquente des erreurs, jusqu'à atteindre un niveau d'erreur acceptable.

37. L'analyse des erreurs et la validation peuvent être des tâches difficiles. La description ci-dessus vise à donner un aperçu du processus de validation des cartes. Le travail de validation doit être parfaitement documenté afin de permettre à des experts indépendants d'évaluer la qualité des cartes.

Estimer le changement d'affectation des terres

38. Cette section décrit comment calculer le changement d'affectation des terres. La procédure comprend quatre grandes étapes.

1. *Préparer* : S'assurer que pour chaque date, les cartes utilisent le même système de classification et que les images sont cohérentes en termes de surface couverte, de saison et de capteur (résolution spatiale et spectrale).
2. *Superposer* : Utiliser le SIG ou un logiciel de traitement de l'image pour superposer les cartes d'utilisation des terres établies à deux dates différentes. Ce processus de superposition constitue un nouveau tableau (*table des attributs*), où chaque polygone ou pixel de la carte correspond à l'utilisation des terres relevée à la fois à la première et à la deuxième date.
3. *Simplifier* : La table des attributs doit être réduite à l'ensemble des combinaisons uniques de changement d'affectation des terres⁴². Chaque polygone contient le code d'utilisation des terres correspondant aux dates de l'analyse du changement d'affectation des terres. Les différentes combinaisons de changements d'affectation des terres sont énumérées pour chaque polygone. Afin de réduire la table des attributs aux combinaisons uniques de changement d'affectation des terres, chaque transition d'utilisation des terres doit être identifiée, avec une sommation de l'ensemble de ses superficies⁴³.
4. *Créer la matrice de changement d'affectation des terres* : L'information contenue dans la table des attributs du changement d'affectation des terres est nécessaire pour l'établissement d'une matrice de changement d'occupation du sol. Les superficies sont sommées pour chaque combinaison de changement d'affectation des terres.

39. On trouvera généralement plus d'information sur les méthodes et procédures dans les manuels d'évaluation des ressources naturelles ou les manuels de logiciels (ex. : Lowell et

⁴²En utilisant un SIG matriciel, le système réduit automatiquement la table des attributs à des combinaisons uniques. Les systèmes vectoriels nécessiteront une sorte de *dissolution*.

⁴³ Cette procédure est généralement appelée *dissolution* dans les logiciels de base de données et de SIG. Dans le cadre de l'analyse du Pérou, on a identifié 60 combinaisons uniques de changement d'affectation des terres.

Jaton, 2000 ; Eastman, 2009). Certains programmes de traitement de l'image et logiciels SIG comprennent également des outils pour réaliser une analyse du changement d'affectation des terres, tels qu'IDRISI, peu coûteux et populaire (Eastman, 2009).

40. Le Tableau 4.4 est un exemple de matrice de changement d'occupation du sol au niveau national. La première colonne indique l'année de l'image initiale de l'occupation du sol (2003). La période de changement va jusqu'en 2006, comme indiqué dans la première ligne. La diagonale du tableau indique les unités de surface restées inchangées entre 2003 et 2006 (en caractères bleus).

41. Remarquons que ces nombres sont généralement supérieurs aux autres nombres du tableau. Dans la plupart des zones étudiées, la surface totale du changement sera probablement petite, en particulier si la période de changement est relativement courte. Le chiffre figurant en première ligne et deuxième colonne de la matrice indique que 1,22 million d'hectares de terres forestières en 2003 sont devenus des terres cultivées en 2006. On interprètera de la même manière chaque cellule de la matrice de changement d'occupation du sol. La valeur totale figurant au bout de la première ligne représente la surface de forêt en 2003 (93,6). La valeur totale indiquée en bas de la première colonne est la surface de forêt totale en 2006 (98,46). La zone étudiée a donc gagné presque 5 millions d'hectares de forêts entre les deux dates.

Tableau 4.4. Matrice hypothétique de changement d'affectation des terres.

		<i>Passage à</i>							
		l'occupation du sol en 2006							
<i>Passage de</i> l'occupation du sol en 2003		TF	TC	P	ZH	SL	AT	ND	Total
	TF	89,11	1,22	1,64	0,47	0,02	0,45	0,69	93,6
	TC	0,87	45,28	1,09	0,30	0,35	0,39	0,18	48,45
	P	1,79	1,27	14,73	0,49	0,03	0,21	0,15	18,66
	ZH	1,22	0,65	0,58	7,78	0,03	0,30	0,01	10,57
	PP	0,03	0,17	0,04	0,01	2,61	0,02	0,01	2,91
	AT	0,20	0,28	0,32	0,11	0,02	2,09	0,01	3,02
	ND	5,25	1,50	1,03	0,20	0,04	0,17	2,51	10,7
	Total	98,46	50,37	19,42	9,36	3,09	3,63	3,57	187,91

Occupations du sol : TF= terres forestières, TC : terres cultivées, P = prairies, ZH= zones humides, PP = Peuplements, AT= autres terres, ND = données non disponibles.

Source : auteurs

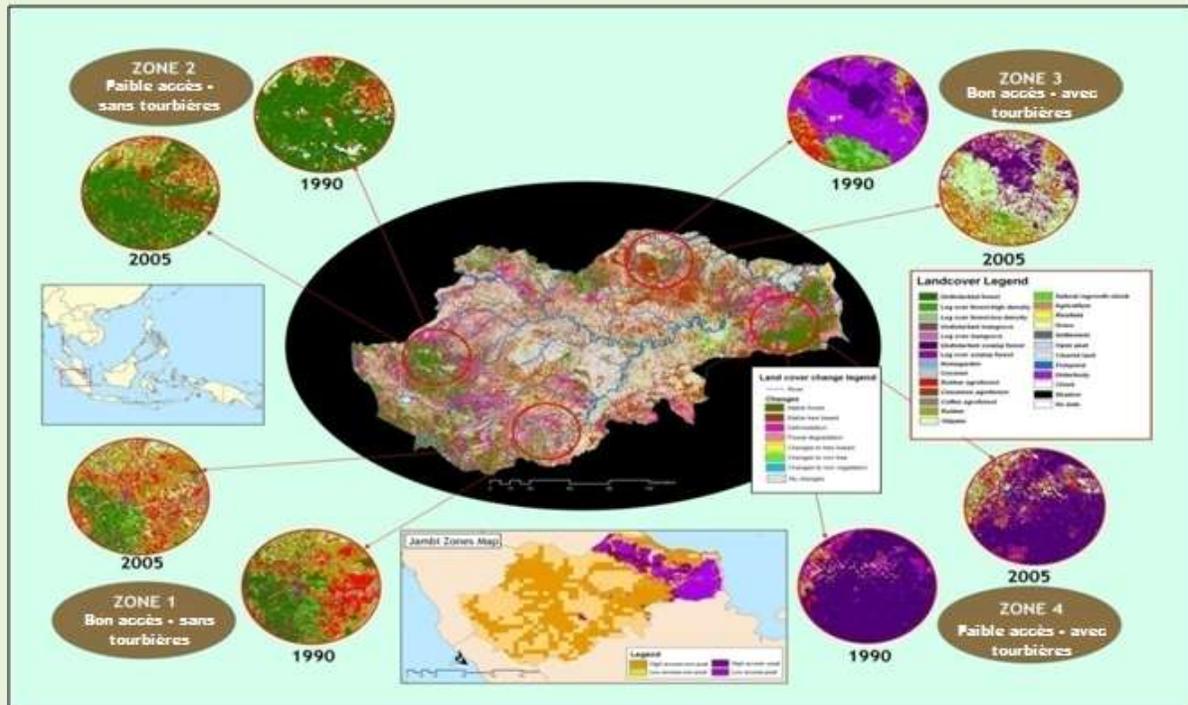
42. La matrice de changement d'affectation des terres est une entrée essentielle de l'analyse du coût d'opportunité. Elle est directement copiée dans la feuille de calcul où l'information sur le changement d'affectation des terres est combinée à des données économiques pour calculer les coûts d'opportunité.

43. La mesure du changement d'affectation des terres, décrite plus haut, fournit des données importantes pour l'analyse du coût d'opportunité et la REDD+. En plus de fournir des données nécessaires à l'analyse du coût d'opportunité, la matrice de changement

d'affectation des terres peut être utilisée pour évaluer les moteurs de la déforestation et les trajectoires d'utilisation des terres au cours du temps. La dernière section de ce chapitre explique comment utiliser les données du changement d'affectation des terres pour expliquer celui-ci.

Encadré 4.5. Cartes d'utilisation des terres pour la province de Jambi, en Indonésie

Ci-dessous un exemple de cartes d'utilisation des terres élaborées par télédétection en Indonésie (van Noordwijk et coll., 2007). La zone étudiée a été divisée en zones en fonction de l'accessibilité et de la présence de sols tourbeux, des facteurs importants pour l'estimation du coût d'opportunité de la déforestation évitée.



Cartes d'utilisation des terres en 1990 et en 2005 dans la province de Jambi, en Indonésie

Source : Van Noordwijk et coll., 2007.

Expliquer le changement d'affectation des terres

44. Les utilisations des terres peuvent évoluer de manière lente ou rapide, parfois pour des raisons évidentes et parfois à cause de facteurs cachés. Dans un contexte REDD+, la compréhension et l'explication du changement d'affectation des terres sont essentielles, pour identifier à la fois les réductions appropriées du niveau d'émissions et des politiques efficaces pour le maintien et l'accroissement des stocks de carbone.

45. Nous analyserons ici trois sujets connexes : les *transitions forestières*, les *facteurs de déforestation* et les *trajectoires d'utilisation des terres*. Une enquête sur les transitions forestières aide à identifier la situation des forêts nationales, allant des forêts naturelles ou vierges aux forêts exploitées et dégradées. L'état des forêts a des répercussions sur la

teneur en carbone, les profits futurs et l'estimation des coûts d'opportunité. L'analyse des facteurs de déforestation tente d'expliquer les raisons de celle-ci. La question des trajectoires d'utilisation des terres est fondée sur l'analyse des changements d'affectation des terres passés. La compréhension de l'état de la forêt, des facteurs et des types de changement est essentielle pour l'identification des trajectoires plausibles d'utilisation future des terres, à partir desquelles les coûts d'opportunité liés à la REDD+ seront estimés.

Transitions forestières

46. Les forêts de la planète ont connu différents niveaux d'utilisation. Étant donné l'état des forêts, certaines composantes spécifiques de la politique REDD+ (relatives à la déforestation, à la dégradation, au boisement ou reboisement) peuvent être plus pertinentes dans certains pays que dans d'autres. Pour comparer l'état des forêts, on pourra avoir recours à une courbe de transition (Figure 4.4) reflétant la dynamique de l'agriculture, des forêts et d'autres utilisations des terres au cours du temps (Angelsen, 2007). En conséquence, l'emplacement d'un pays (ou d'une région infranationale) sur la courbe de transition forestière peut avoir une incidence sur les priorités de participation aux programmes REDD+ et sur les coûts d'opportunités associés. Le cadre de transition forestière s'appuie sur quatre grandes catégories :

- 1) Les pays à **faible déforestation et à couverture forestière élevée**, tels que le bassin du Congo et la Guyane. Dans ces pays, les forêts sont relativement peu perturbées, mais la déforestation et la dégradation pourraient augmenter à l'avenir. La dégradation est importante, étant donné que ces pays sont moins susceptibles de bénéficier d'une « déforestation évitée ».
- 2) Les pays à **forte déforestation**, tels que certaines régions du Brésil, de l'Indonésie et du Ghana. Ces pays ont de bonnes raisons de s'engager dans la comptabilisation de la déforestation. Toutefois, ils seront moins enclins à s'intéresser de manière significative à la comptabilisation de la dégradation, à moins que l'effort de comptabilisation supplémentaire exigé ne soit peu important.⁴⁴
- 3) Les pays à **faible déforestation et à couverture forestière stable** se caractérisent par des mosaïques forestières et des forêts stabilisées. Soit parce que la forêt a déjà été largement déboisée, soit à cause de politiques efficaces de protection des forêts, les taux de déforestation se sont stabilisés. L'Inde et certaines parties de l'Amérique centrale appartiennent à cette catégorie. Ces pays pourraient être intéressés par une réduction de la dégradation, probablement combinée avec la conservation des forêts, le boisement et le reboisement, ainsi que par d'autres systèmes visant à accroître les stocks de carbone forestier.
- 4) Les pays à **couverture forestière croissante**, tels que la Chine et le Vietnam. Ces pays ont intérêt à comptabiliser la dégradation et à améliorer leurs stocks de

⁴⁴ L'exclusion de la dégradation des forêts des programmes nationaux REDD+ pourrait entraîner un gaspillage très important, en particulier là où l'abattage sélectif est courant.

carbone. Même si les plantations peuvent accroître la surface forestière nationale, les forêts existantes peuvent connaître en même temps une dégradation, qui pourrait être inversée grâce à des plantations de protection ou d'enrichissement.

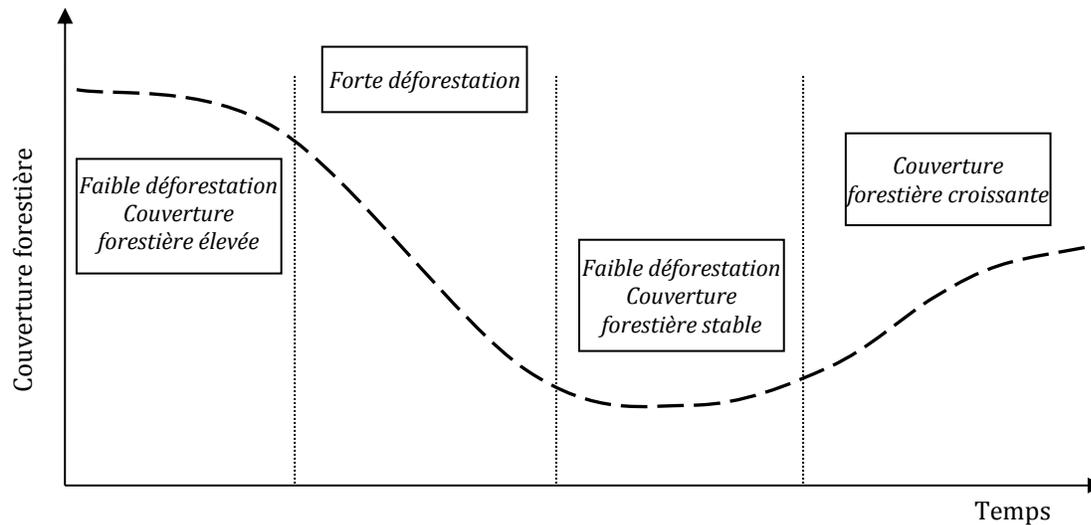


Figure 4.4. Catégories de transition forestière

Sources : d'après Angelsen (2007) et Murdiyarso (2008).

Facteurs de déforestation

47. La connaissance des principaux facteurs de déforestation aide les analystes à comprendre les causes potentiellement complexes du changement d'affectation des terres, à estimer à la fois le maintien du statu quo et les niveaux d'émissions de référence, et à identifier les politiques appropriées requises par la REDD+.

48. Les causes de la déforestation peuvent être visibles ou cachées (Meyer et Turner, 1992 ; Ojima et coll., 1994). Une méta-analyse mondiale de 152 études de cas infranationales a classé la déforestation dans les régions tropicales en trois catégories de causes visibles : 1) l'expansion agricole, 2) l'extraction du bois, et 3) l'extension de l'infrastructure (Geist et Lambin, 2001, Tableau 4.5). Ces causes sont elles-mêmes influencées par des facteurs sous-jacents plus difficiles à évaluer. Ceux-ci agissent généralement de manière combinée, à des échelles temporelles et spatiales différentes.

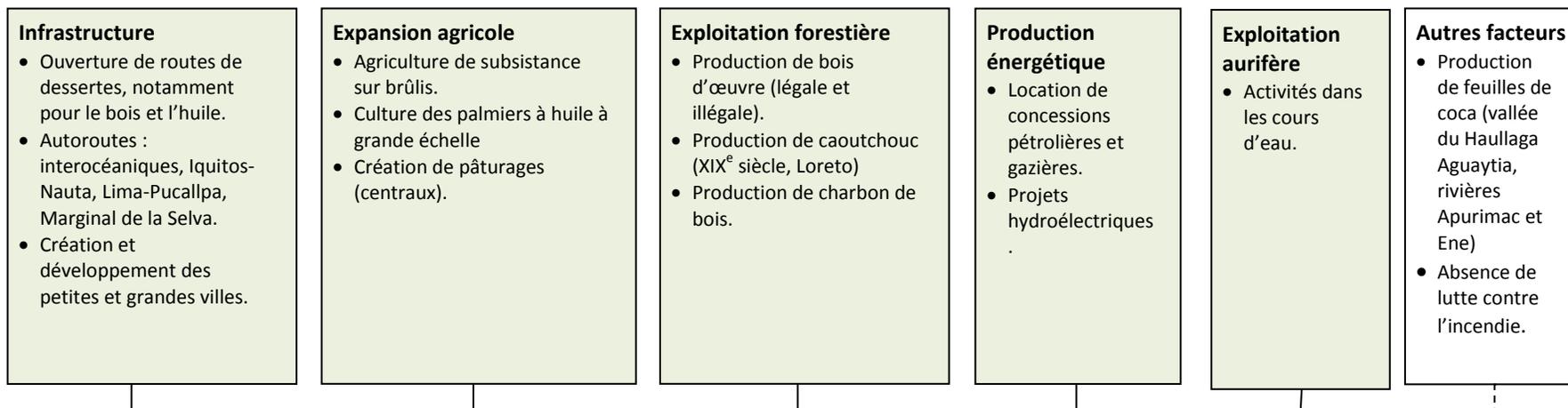
Tableau 4.5. Classement des causes visibles et cachées de la déforestation

Causes visibles		
Expansion agricole	Expansion des aliments de base (petits exploitants) Agriculture commerciale (à petite et grande échelle)	
Extraction du bois	Extraction du bois d'œuvre Bois de chauffage/ charbon de bois	Exploitation par des sociétés privées Exploitation non déclarée Usage domestique rural et urbain Usage industriel
Extension de l'infrastructure	Routes (publiques, exploitation forestière) Infrastructure des sociétés privées	Énergie hydraulique Exploitation minière Peuplements humains
Causes cachées		
Économiques	Croissance du marché	Croissance de la demande dans les centres urbains Accessibilité accrue aux marchés urbains Modifications dans le régime alimentaire des consommateurs (ex. : viande) Pauvreté Chocs liés aux prix Marchés du crédit et des intrants absents ou peu performants
Facteurs politiques et institutionnels	Politiques officielles	Taxes à l'exportation, interventions sur les prix (ex. : subventions) Politique industrielle Recherche et vulgarisation agricoles Politique migratoire Réformes foncières
Techniques agricoles	Accès ouvert aux terres forestières (Côte d'Ivoire, Ghana, Cameroun) Innovations conduisant à des économies de main-d'œuvre Insuffisance ou absence d'innovations permettant des économies de terres Stagnation technologique entraînant une extensification	
Démographiques	Croissance démographique Migration Répartition spatiale de la population	
Déclencheurs sociaux	Situations de crise sanitaire et économique (ex. : épidémies, effondrement économique) Échecs des politiques publiques (ex. : changements brutaux dans les politiques macro-économiques)	

Source : Geist et Lambin, 2001.

49. Au Pérou, par exemple, l'équipe REDD+ nationale a commencé par examiner la littérature mondiale sur les facteurs de déforestation (Velarde et coll., 2010). Ensuite, elle a analysé les études nationales existantes sur la déforestation. Sur la base de ces ressources, un cadre d'analyse a été défini avec les facteurs directs et indirects de déforestation en Amazonie péruvienne (Figure 4.5). Même si ces informations ne sont pas directement nécessaires pour calculer le coût d'opportunité, l'analyse a permis à l'équipe nationale de définir des scénarios futurs d'utilisation des terres et d'estimer des niveaux d'émissions de référence (NER). Cette information peut être utile pour établir les priorités des utilisations spécifiques des terres en vue de l'analyse du coût d'opportunité.

Facteurs directs



Causes sous-jacentes

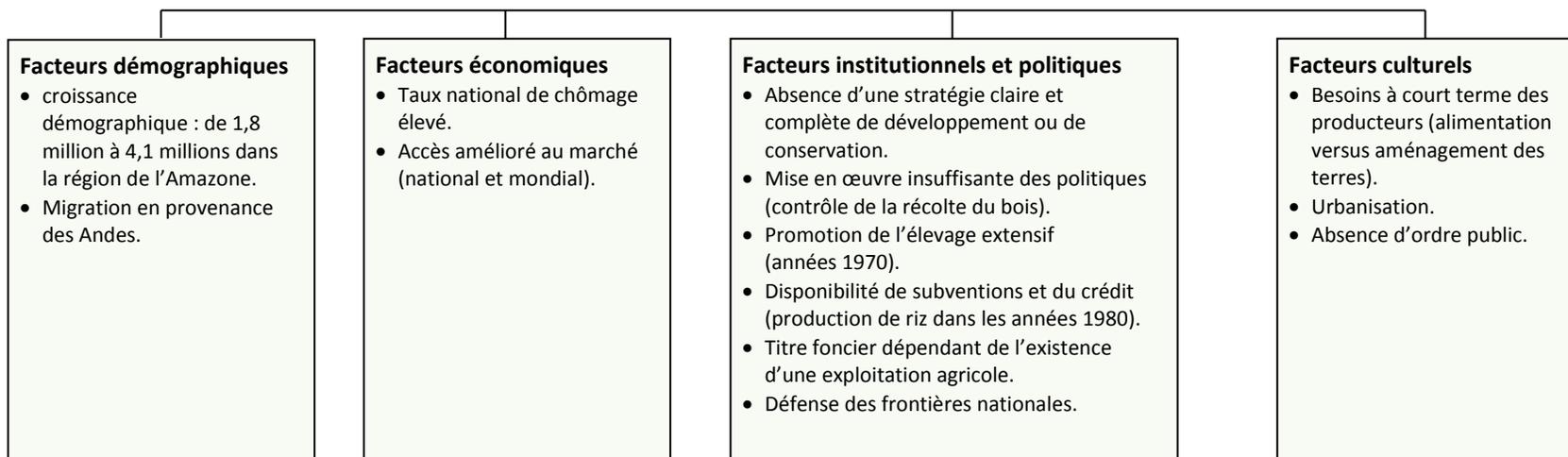


Figure 4.5. Causes directes et sous-jacentes de la déforestation en Amazonie péruvienne

Source : d'après White et coll. (2005), Geist et Lambin (2002), le projet REALU (Réduction des émissions issues de toutes les formes d'utilisations des terres ; Velarde et coll., 2010).

Identifier les trajectoires d'utilisation des terres

50. Le terme *changement d'affectation des terres* peut avoir différentes significations, en particulier dans le cadre de la REDD+. L'utilisation des terres peut impliquer un passage de la forêt à l'agriculture, d'une culture agricole à une autre, ou un ensemble de changements d'affectation des terres. Il est donc essentiel de clarifier ce que l'on entend par changement d'affectation des terres dans l'analyse des politiques REDD+ et l'estimation des coûts d'opportunité.

51. Le changement d'affectation des terres, tel que le passage de la forêt naturelle à la production agricole, est rarement un événement rapide, ponctuel et indépendant. En particulier à la lisière des forêts, les terres, subissent généralement une série de changements interconnectés durant de nombreuses années. Une séquence souvent observée commence avec l'arrivée de bûcherons dans une forêt pour procéder à l'abattage sélectif des arbres dont le bois a le plus de valeur. Ensuite, les sociétés d'exploitation forestière coupent sélectivement d'autres essences de moindre valeur. Après cela, de nouveaux exploitants transforment la forêt restante en parcelles agricoles à l'aide de techniques de culture sur brûlis. Après quelques années de production, la parcelle est laissée en jachère pour plusieurs années. Soit ces pratiques agricoles nomades (culture-jachère) sont poursuivies, soit les parcelles sont transformées en pâturages pour le bétail ou sont destinées à l'agriculture intensive.

52. L'analyse du passé d'utilisation des terres à l'intérieur des limites des forêts fournit des indications importantes sur la manière dont l'utilisation des terres est susceptible d'évoluer en absence d'un programme REDD+. Ces scénarios futurs de changement d'affectation des terres sont appelés *trajectoires d'utilisation des terres*. Chacune des utilisations des terres impliquées dans les changements a des niveaux différents de stocks de carbone et de profit, et a donc un effet sur l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+.

53. L'approche présentée ici intègre la séquence complète des changements, c'est-à-dire qu'elle prend en compte les utilisations *pendant* et *après* la conversion de la forêt (ex. : de la forêt initiale à l'étape finale). Cette approche exhaustive du changement d'affectation des terres permet aux pays de comprendre la situation actuelle et d'estimer les utilisations probables des terres à l'avenir.

54. C'est une collaboration entre spécialistes locaux et externes qui permet le mieux d'identifier le changement d'affectation des terres. Un tel dialogue peut être mené pendant l'identification des utilisations prédominantes des terres et du niveau de précision pour l'analyse du coût d'opportunité (Niveaux 1, 2, 3).

55. Pour orienter l'analyse de l'utilisation des terres au niveau national, on identifie cinq grands types de changement d'affectation des terres. Ils sont fondés sur le produit (la forêt par rapport à l'agriculture ou l'élevage) et sur la fréquence du changement au cours de la

période couverte par l'analyse : cyclique, direct ou effectué une seule fois, et transitoire. Les cinq types, mentionnés dans la Figure 4.6, sont la récolte forestière, la conversion des forêts, les cycles agricoles, la transition agricole et le changement direct. Le contexte de l'analyse est fourni par les utilisations forestières et non forestières des terres avant la fin de la période couverte par l'analyse.

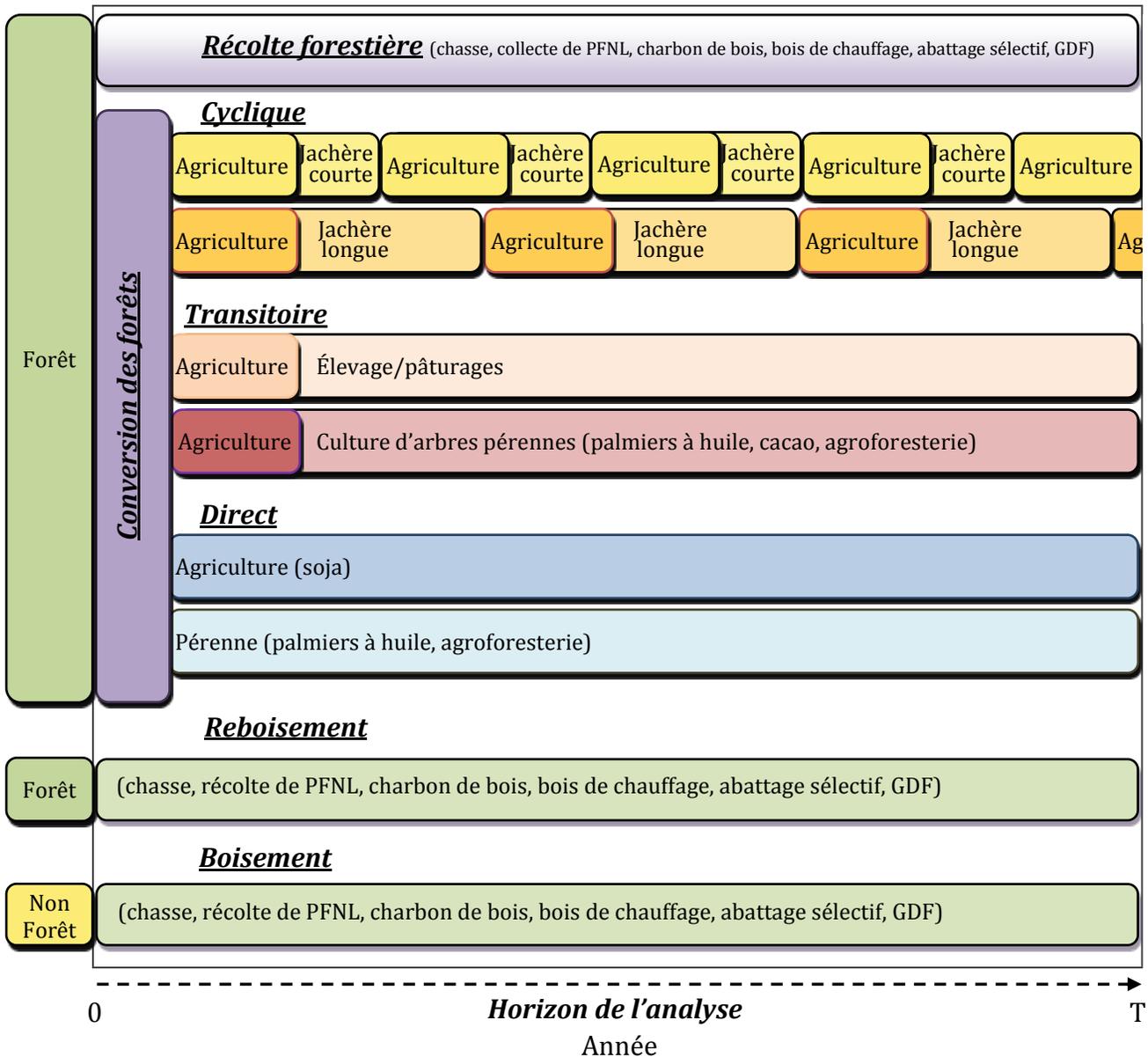


Figure 4.6. Trajectoires de changement d'affectation des terres : types et exemples

Source : Auteurs.

Récolte forestière

56. Certaines activités humaines au sein des forêts peuvent générer des profits ayant peu ou pas d'effet sur les arbres. Les activités de récolte, telles que la chasse et la collecte de

certaines produits forestiers non ligneux (PFNL), peuvent avoir lieu de manière constante tout au long d'un horizon temporel, sans répercussions sur les niveaux de densité du carbone d'une forêt. D'autres activités, telles que l'exploitation forestière ou la récolte intensive de bois de chauffage, peuvent avoir un impact important sur le carbone. Elles modifient l'état naturel de la forêt.

57. Même des pratiques de récolte de bois d'œuvre relativement invasives ayant de lourds impacts sur une forêt peuvent ne pas lui faire perdre son classement dans la catégorie des forêts. Rappelons que la définition générale du GIEC pour la forêt permet des modifications assez importantes (c'est-à-dire une réduction ou une dégradation du couvert arboré).

58. Chacune de ces activités de récolte forestière génère des produits et un profit différents, avec des impacts différents sur le carbone des forêts. C'est pourquoi les estimations du carbone et de la rentabilité des utilisations des terres forestières doivent prendre en compte un éventail potentiellement large de pratiques de gestion et de récolte forestière, dont certaines ne se produisent que quelques fois au cours d'une période donnée (ex. : les collectes de bois d'œuvre) et d'autres sont plus fréquentes, voire annuelles (ex. : la récolte de PFNL).

Conversion des forêts

59. La conversion d'une forêt à d'autres utilisations est un type bien connu de changement d'affectation des terres. Ce changement qui n'arrive qu'une fois peut avoir des résultats financiers différents en fonction du contexte. Les arbres peuvent être une charge financière ou un profit lors du processus de conversion. Vendus sous forme de bois d'œuvre ou de charbon de bois, ils peuvent générer des profits importants. En revanche, si les produits des arbres ne peuvent être vendus, alors le coût de leur élimination peut réduire les profits.

60. Les forêts ne sont pas toutes les mêmes. Beaucoup de forêts, en particulier à leur lisière, ont été partiellement exploitées, le bois de grande valeur ayant déjà été abattu. L'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+ nécessite de reconnaître des facteurs, souvent spatialement déterminés, de l'utilisation des arbres (et des profits). Ce large éventail d'impacts financiers potentiels peut avoir des répercussions importantes sur les estimations des coûts d'opportunité liés à la REDD+. On trouvera plus de détails à ce sujet au Chapitre 6.

Les trois changements d'affectation des terres suivants concernent essentiellement les activités agricoles et d'élevage.

Changement cyclique

61. Le changement cyclique d'affectation des terres est un ensemble répétitif d'utilisations des terres, souvent appelé système d'utilisation des terres. L'alternance culture-jachère en est un exemple. Ce cycle d'utilisation des terres se répète généralement tout au long d'un horizon temporel. Même si les cultures peuvent varier au cours des cycles, on peut néanmoins distinguer des modèles généraux afin de simplifier une analyse de rentabilité.

Changement transitoire

62. Les transitions d'utilisation des terres sont des changements qui ne se répètent pas dans le temps. Une transition courante est celle d'une culture sur brûlis vers des utilisations pérennes des terres, telles que les systèmes d'élevage ou de culture d'arbres. La nouvelle activité remplace généralement la phase de jachère, ce qui met fin au cycle culture-jachère. D'importants investissements en capital et en main-d'œuvre sont souvent nécessaires avant que les nouvelles utilisations des terres ne produisent des bénéfices.

Changement direct

63. Dans certaines zones situées à la lisière de la forêt, les terres passent directement de la forêt à la production agricole ou arbustive. Souvent conduits par de grandes multinationales, les systèmes d'agroforesterie et les plantations de soja ou de palmiers à huile sont des exemples de changements directs.

Les changements d'affectation des terres suivants concernent le « + » du sigle REDD+.

Reboisement

64. Le reboisement fait référence à la replantation d'une forêt totalement ou partiellement défrichée (c'est-à-dire une forêt dégradée). De nombreux types d'activités de subsistance sont possibles dans les forêts plantées.

Boisement

65. La plantation de nouvelles forêts est appelée boisement. Cette activité se produit généralement là où des forêts n'existaient pas ou existaient longtemps auparavant.

Prévoir le changement d'affectation des terres

66. Les projections des futurs changements d'affectation des terres sont importantes pour estimer une base et des niveaux d'émissions de référence. La Figure 4.7 montre les liens entre l'analyse des tendances historiques et les projections.

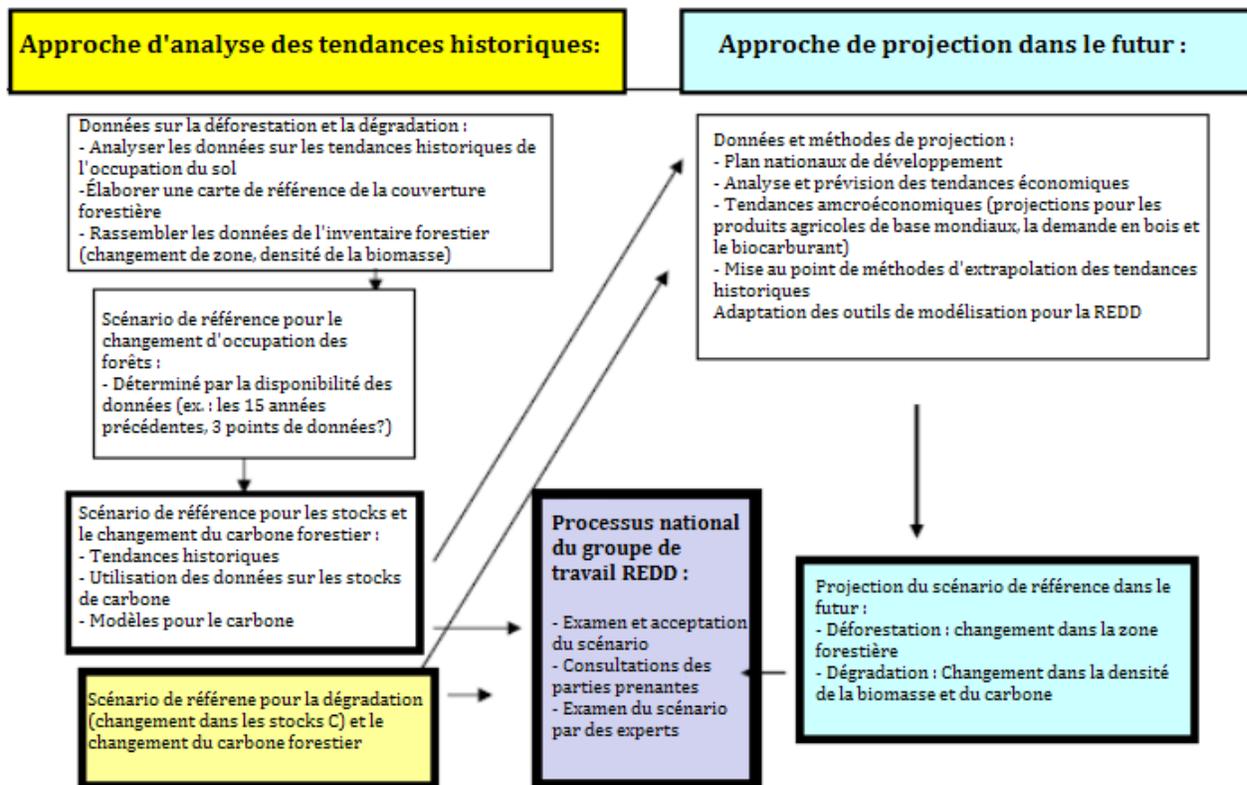


Figure 4.7. Changement d'affectation des terres : liens entre les analyses historiques et futures

Source : FPCF, 2010.

67. L'analyse des futurs changements d'affectation des terres va du plus simple au plus sophistiqué. Les approches simples sont basées sur l'extrapolation vers l'avenir des changements d'affectation des terres passés. Des ajustements peuvent être apportés pour tenir compte des facteurs à la fois biophysiques (comme la fertilité du sol, l'accès routier, etc.) et socioéconomiques (comme la croissance démographique, les politiques publiques de développement, les prix alimentaires, etc.). Les approches sophistiquées comprennent des analyses probabilistes spatiales impliquant différentes variables explicatives et des effets de rétroaction. Voir Agarwal et coll. (2002) pour un examen complet des modèles de changement d'affectation des terres. Malgré le large éventail de méthodes analytiques complexes, les analyses de scénarios sont importantes pour comparer l'effet de différentes hypothèses relatives aux données, au contexte et à la méthode.

Références et lectures complémentaires

Achard, F., H. Eva, H.J. Stibig, P. Mayaux, J. Gallego, T. Richards, J.P. Malingreau. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*. 279(5583) 999-1002.

Agarwal, C., G.M. Green, J.M. Grove, T.P. Evans, C.M. Schweik. 2002. A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice. Gen. Tech. Rep. NE-297. Newton Square, PA: Département de l'agriculture des États-Unis, Direction des forêts, Station de recherche du nord-est. 61 p.
<http://www.treearch.fs.fed.us/pubs/5027>

Anderson, J.R., E.E. Hardy, J.T. Roach, R.E. Witmer. 1976. A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. Geological Survey Professional Paper 964. Washington, DC. Government printing office.

Asner, G. P. 2009. Tropical forest carbon assessment: integrating satellite and airborne mapping approaches. *Environmental Research Letters*. 4 (juillet-septembre 2009) 034009.
http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/4/3/034009/erl9_3_034009.html

Baccini, A. M. Friedl, C. Woodcock, R. Warbington. Forest biomass estimation over regional scales using multi-sourced data. *Geophysical Research Letters*.

Brown, S., T. Pearson. 2006. *Comparison of the M3DADI System and Conventional Field Methods for Monitoring Carbon Stocks in Forests*. Réunion du Panel consultatif technique. Mars. Winrock International.

http://www.winrock.org/ecosystems/files/TAP_presentation-M3DADIVsCONV_2006.pdf

Camara, G. R. Modesta Souza, U. Moura Freitas, J. Garrido. 1996. Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers and Graphics*. 20(3):395-403.

Cihlar, J., L. Jansen. 2001. From land cover to land use: a methodology for efficient land use mapping over large areas. *Professional Geographer*. 53:275-259.

Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37:35-46

Congalton, R., K. Green. 2009. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Seconde édition. CRC Press. Boca Raton, FL.

DeFries, R. G. Asner, F. Achard, C. Justice, N. LaPorte, K. Price, C. Small, J. Townsend. 2005. Monitoring tropical deforestation for emerging carbon markets. Pages 35-44. In: Moutinho, P., S. Schwartz (Eds.) *Tropical Deforestation and Climate Change*. Belem: IPAM et Environmental Defense.

DeFries, R., F. Achard, S. Brown, M. Herold, D. Murdiyarso, B. Schlamadinger, C. de Souza Jr, 2007. Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. *Environmental Science and Policy* 10: 385-394.

Di Gregorio, A. 2005. *Land Cover Classification System: Classification concepts and user manual*. Rome, Italie. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Eastman, J.R., 2009, *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing*. Worcester, MA: Clark University. 300 p.

- FPCF. 2009. *Reference Scenarios*. Global Dialogue on Developing a Readiness Preparation Proposal. Août 13-14. Washington, D.C.
- Foody, G. 2001. Status of land cover classification accuracy of assessment. *Remote Sensing of Environment*. 80(1): 185-201.
- Foody, G., D. Boyd M. Cutler. 2003. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. *Remote Sensing of Environment*. 85:463-474.
- Fotsing, J. M., L. Durieux et coll. 2010. An Earth Observation Ground Station and Research Laboratory for long term forest monitoring in Central Africa. Conférence internationale COMIFAC sur le suivi des stocks et flux de carbone. Brazzaville.
http://www.cbfp.org/proceedings/items/COMIFAC-Workshop_Brazzaville-Documentation.html
- Geist, H. et E. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*. 52(2): 143-150.
- Goetz, A.B., N.T. Laporte, T. Johns, W. Walker, J. Kellndorfer, R.A. Houghton, M. Sun. 2009. Mapping and monitoring carbon stocks with satellite observations: a comparison of methods. *Carbon Balance and Management*.4:2.
- GOF-C-GOLD. 2005. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting. Disponible sur <http://www.gofc-gold.uni-jena.de/redd/>. Accédé le 30 juin 2010.
- Guariguata, M. R., R. Nasi et M. Kanninen. 2009. Forest degradation: it is not a matter of new definitions. *Conservation Letters* 2:286-287.
- Harris, N.L., S.S. Saatchi, S. Hagen, S. Brown, W. Salas, M.C. Hansen, A. Lotsch. 2010. *New Estimate of Carbon Emissions from Land-Use Change*. Winrock International.
<http://www.winrock.org/ecosystems/files/Winrock%20-%20New%20Estimate%20of%20Carbon%20Emission%20from%20Land%20Use%20Change%20-%20Forest%20Day%20Poster%202010.pdf>
- Herold, M., J. Latham, A. Di Gregorio, C. Schmullius. 2006. Evolving standards in land cover characterization. *Journal of Land Use Science*. 1(2-4):157-168.
- Herold, M., T. Johns. 2007. Linking requirements with capabilities for deforestation monitoring in the context of the UNFCCC-REDD+ process. *Environmental Research Letters*. 2: octobre-décembre.
- GIEC. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Préparé par le Programme d'inventaires nationaux des gaz à effet de serre du GIEC, Eggleston, H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe (Eds). Publié par l'IGES Japon.
- Jansen, L., A. Di Gregorio. 2003. Land use data collection using the "land cover classification system": results from a case study in Kenya. *Land Use Policy*. 20:131-148.
- Jansen, L., A. Di Gregorio. 2004. Obtaining land use information from a remotely sensed land cover map: results from a case study in Lebanon. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 5:141-157.

- Jensen, J. R. 1995. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 2^e édition. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 318 p.
- Lefsky, Michael A. 2010. A global forest canopy height map from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer and the Geoscience Laser Altimeter System. *Geophysical Research Letters*. 37, L15401, doi:10.1029/2010GL043622,
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4^e éd. Wiley, New York, USA.
- Kim Lowell, K. , A. Jatón (Eds.) 2000. *Spatial Accuracy Assessment: Land Information Uncertainty in Natural Resources*. CRC Press. 450 p.
- Martinet, A., C. Megevand, C. Streck. 2009. *Niveaux de référence REDD et facteurs de déforestation dans les pays du bassin du Congo*. Banque mondiale : Washington D.C. 20 p.
<http://www.comifac.org/Members/tvtchuante/technical-note-on-redd-reference-levels-and-drivers-of-deforestation-in-congo-basin-countries>
- Mercier, C. 2010. Mise à disposition des images SPOT pour le suivi du couvert forestier du bassin du Congo. *Atelier régional COMIFAC - Suivi des stocks et flux du carbone dans le bassin du Congo*, Brazzaville.
- Ojima, D.S., K.A. Galvin, B.L. Turner. 1994. Global Impact of Land-Cover Change. *BioScience*. 44(5): 300-304.
- Puyravaud. J. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest ecology and management*. 177: 593-596.
- Puig, J., G. Leclerc, H. Eva. 2000. Metodología para análisis multitemporal de áreas con procesos de deforestación. Estudio de casos en América Latina con el proyecto TREES. IX Symposium latino-américain de télédétection (SELPER), Puerto Iguazú, Argentine 7-9 nov. p 395-405.
- Puig, J., G. Hyman et S. Bolaños. 2002. Digital classification vs. visual interpretation: a case study in humid tropical forests of the Peruvian Amazon. *Proceedings of the 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Buenos Aires, Argentine. 8-12 avril.
- Rubliogo, V. 2010. *REDD-ALERT, WP1 ,WP2 internal report*. IIAT. Cameroun.
- Saatchi, S., R. Houghton, R. Dos Santos Alvala, J. Soares et Y. Yu. 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology*. 13:816-837.
- Sasaki, N., F. E. Putz. 2009. Critical need for new definitions of “forest” and “forest degradation” in global climate change agreements. *Conservation Letters*. 2:226-32.
- Sasaki, N., G.P. Asner, W. Knorr, P.B. Durst, H.R. Priyadi, F.E.Putz. 2011. Approaches to classifying and restoring degraded tropical forests for the anticipated REDD+ climate change mitigation mechanism. *iForest* (4):1-6
http://www.sisef.it/iforest/pdf/Sasaki_556.pdf
- Schoene, D., W. Killmann, H. von Lupke et M. Loyche Wilkie. 2007. Definitional issues related to reducing and emissions from deforestation in developing countries. Document de travail 5 *Forest and Climate Change*. Rome, Italie. Disponible sur :
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j9345e/j9345e00.pdf>.

Équipe d'analyse spatiale. Non daté. Ground-truthing protocol. Landscape mosaics. CIFOR-ICRAF Biodiversity Platform. Document non publié. Disponible sur : http://gisweb.ciat.cgiar.org/GoogleDocs/FPP Mapper/groundtruth_protocol.pdf

Stanley B., P. Gonzalez S. Brown, J. Henman, S. Woodhouse Murdock, N. Sampson, T. Pearson, Sarah Walker, Z. Kant, M. Calmon. 2006. *Technical Progress Report on Application and Development of Appropriate Tools and Technologies for Cost-Effective Carbon Sequestration*. Rapport trimestriel. Janvier-mars. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia. 69 p.
<http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=7012DB968FD2670E2153EF3632AADDEA?purl=/882443-NvUHOL/>

Swallow, B., M. van Noordwijk, S. Dewi, D. Murdiyarso, D. White, J. Gockowski, G. Hyman, S. Budidarsono, V. Robiglio, V. Meadu, A. Ekadinata, F. Agus, K. Hairiah, P. Mbile, D.J. Sonwa, S. Weise. 2007. Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits. Nairobi: ASB Partnership for Tropical Forest Margins.

van Noordwijk M, S. Dewi, B. Swallow, H. Purnomo, D. Murdiyarso. 2007. Avoided Deforestation with Sustainable Benefits (ADSB) in Indonesia-research brief. Bogor, Indonésie. Centre mondial d'agroforesterie – CIRAF, Bureau régional SEA. Disponible sur : http://worldagroforestry.org/sea/publications?do=view_pub_detail&pub_no=LE0075-07

van Noordwijk, M., P.A. Minang. 2009. "If we cannot define it, we cannot save it" *ASB Policy Brief No. 15*. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, Nairobi, Kenya. Disponible sur : www.asb.cgiar.org

Velarde SJ, Ugarte-Guerra J, Rüginitz Tito M, Capella JL, Sandoval M, Hyman G, Castro A, Marín JA et Barona E. 2010. *Reducción de emisiones de todos los Usos del Suelo. Reporte del Proyecto REALU Perú Fase 1*. Document de travail de l'ICRAF n° 110. ASB – Centre mondial d'agroforesterie (ICRAF). Lima, Pérou.

White, D., S.J. Velarde, J.C. Alegre, T.P. Tomich (Eds.), 2005. *Alternatives to Slash-and-Burn (ASB) in Peru, Summary Report and Synthesis of Phase II*. Monographie. Alternatives to Slash-and-Burn, Nairobi, Kenya.
http://www.asb.cgiar.org/PDFwebdocs/White_et_al_2005_ASB-Peru.pdf

White, D., G. Hyman. 2009. *What are the Opportunity Costs of Reducing Carbon Emissions from Deforestation? An Amazon Case study in Ucayali, Peru*. CIAT et ASB: Cali, Colombie et Nairobi, Kenya. 35 p.

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 5. Mesure du carbone des utilisations des terres

Objectifs

1. Expliquer les concepts de base du cycle du carbone terrestre et des systèmes mondiaux de comptabilisation du carbone ;
2. Guider l'analyse du carbone au sein d'un cadre national de comptabilisation ;
3. Introduire des protocoles de mesure du carbone et du matériel de référence, adoptant une approche ascendante des mesures du carbone, allant de la placette à l'utilisation des terres, au niveau paysage/infranational, et à l'échelle nationale ;
4. Identifier les sources de données, les lacunes et la priorité des mesures ;
5. Estimer les « valeurs types du stock de carbone » (moyenne temporelle) des utilisations des terres à utiliser dans l'analyse du coût d'opportunité ;
6. Évaluer les coûts du renforcement des capacités sur la base des capacités nationales existantes.

Sommaire

Connaître votre carbone	5-1
Établir un cadre pour l'analyse du carbone	5-1
Estimer « le stock de carbone type » d'une utilisation des terres.....	5-10
Références et lectures complémentaires.....	5-30



1. De nombreux termes sont utilisés dans la mesure du carbone. Pour les définitions, veuillez consulter le Glossaire figurant à l'Annexe A.

Termes utilisés par les spécialistes des forêts et du carbone

Équation allométrique	Diamètre à hauteur de poitrine (DHP)	Litière
Biomasse	Humification	Paysage
Flux de dioxyde de carbone		Nécromasse

Connaître votre carbone

2. Quelle quantité de carbone serait-elle émise si un hectare donné de forêt était converti à une autre utilisation? La réponse à cette question constitue une partie essentielle de l'analyse de coûts d'opportunité liés à la REDD+. Dans ce chapitre, nous commençons par introduire les concepts de base du cycle du carbone terrestre (C) et des systèmes mondiaux de comptabilisation du carbone. Ensuite, nous expliquons comment estimer les *valeurs du stock de carbone type* aux niveaux infranational et national. Les grands protocoles de mesure du carbone et le matériel de référence sont présentés, ainsi que la manière d'identifier les sources de données et la priorité des mesures de carbone. Des estimations de coût sont également fournies pour ces méthodes.

Cycle du carbone terrestre

3. Le dioxyde de carbone (CO₂) est échangé entre la végétation terrestre et l'atmosphère. Les équilibres nets entre la séquestration (aussi appelée stockage ou fixation) et l'émission varient dans le temps : a) d'une minute à l'autre (ex. : lorsque les nuages interceptent la lumière du soleil) ; b) suivant un modèle jour-nuit, au sein d'un cycle saisonnier de prédominance de la croissance et de la décomposition ; et c) suivant les étapes du cycle de vie d'un système de végétation ou d'utilisation des terres. Dans ce manuel, nous nous concentrons sur cette dernière échelle de temps, dans le cadre de la comptabilisation annuelle (ou quinquennale) de l'utilisation des terres et du changement de leur affectation. À cette échelle de temps, on peut s'attendre à ce que de nombreux échanges (ou flux) s'annulent, permettant ainsi de se concentrer sur les variations nettes du carbone.

Relier cette analyse du carbone aux efforts continus de SNV du carbone

4. Le carbone peut emprunter plusieurs voies. La plupart des années, l'effet net annuel de la photosynthèse, de la respiration et de la décomposition produit une augmentation relativement faible du carbone stocké. Toutefois, les gains accumulés sont parfois perdus durant les années de sécheresse où le feu consomme de la matière organique. Le carbone peut aussi être déplacé en dehors de son site. Les produits organiques (ex. : le bois, la

résine, les graines, les tubercules) quittent leur zone de production et sont intégrés dans des flux commerciaux, pour habituellement finir concentrés dans des systèmes urbains et leurs décharges. Seules de petites quantités de carbone stocké peuvent être extraites des sols par l'eau, pour entrer dans des réservoirs de stockage à long terme dans des environnements d'eau douce ou océanique, ou pour contribuer à la formation de tourbe.

Déforestation et équilibre du carbone

5. Lorsque les forêts sont converties à d'autres utilisations, une importante émission nette de carbone est libérée dans l'atmosphère. Le processus peut se produire en quelques heures, en cas d'incendie ; sur plusieurs années, pour la décomposition ; ou sur des décennies, lorsque les produits ligneux entrent dans des systèmes nationaux/urbains. Les émissions nettes peuvent être estimées en examinant la diminution ou l'augmentation des « stocks de carbone terrestres ». Comme, dans leur état naturel, les forêts tropicales renferment plus de carbone aérien par unité de surface que tout autre type d'occupation des sols (Gibbs et coll., 2007), il est important de les prendre en compte dans les efforts d'atténuation des effets du changement climatique.

6. Une comptabilisation cohérente pour tous les flux de carbone entrants et sortants est plus complexe qu'une simple vérification de la variation totale finale du stock mondial de carbone. Les estimations actuelles indiquant que « l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie » (UTCATF) sont responsables de 15 à 20 % des émissions totales de gaz à effet de serre se basent sur ce type de comptabilisation des stocks. Une séquestration nette se produit dans les régions tempérées et d'importantes émissions nettes sous les tropiques. Les zones de tourbières tropicales sont des zones sources particulièrement petites avec des estimations d'émissions élevées (GIEC, 2006). Pour pouvoir estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+, des mesures du carbone sont nécessaires pour différentes utilisations des terres afin d'estimer les effets sur le carbone de nombreux types de changement d'affectation des terres.

Le carbone n'est pas juste du carbone

7. On trouve le carbone dans différents réservoirs. Les stocks de carbone terrestres de tout le carbone emmagasiné dans les écosystèmes se retrouvent dans :

- La biomasse de la végétation vivante (aérienne et souterraine)
- La biomasse de la végétation morte (aérienne et souterraine)
- Le sol (dans la matière organique du sol et, en quantité négligeable, en tant que biomasse animale et des micro-organismes)

8. Dans les recommandations du GIEC, ces réservoirs sont décrits comme *la biomasse aérienne, la biomasse souterraine, le bois mort et la litière, et le carbone du sol*. Ils sont résumés et décrits plus en détail dans la Figure 5.1 ci-dessous.

Tableau 5.1. Quatre réservoirs de carbone du GIEC

	<i>Vivante</i>	<i>Morte</i>
<i>Aérienne</i>	Biomasse (troncs, branches, feuilles de la végétation ligneuse et non ligneuse)	Bois et litière
<i>Souterraine</i>	Biomasse (racines, faune)	Carbone du sol (y compris la tourbe)

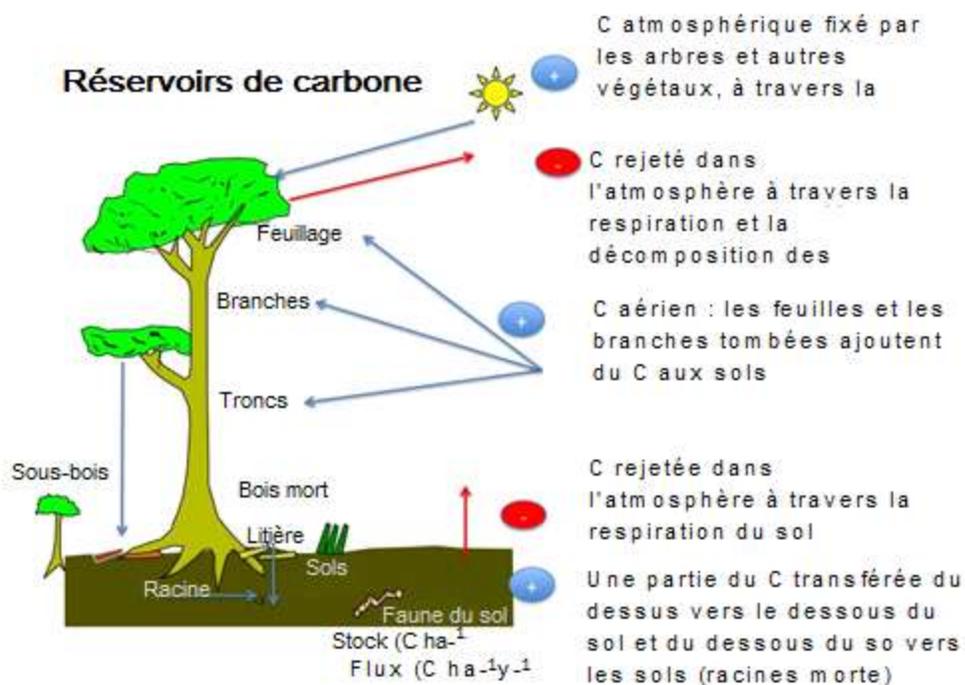


Figure 5.1. Les réservoirs de carbone terrestres

Source : Adapté de Locatelli (2007) et EPA (2009), par Honorio et Velarde (2009).

Carbone de la biomasse de la végétation vivante

9. La biomasse aérienne comprend les troncs, branches et feuilles des arbres vivants, les lianes, plantes grimpantes et épiphytes ainsi que la végétation de sous-bois et les plantes herbacées. Sur les terres agricoles, elle inclut les arbres (s’il y en a), les cultures et les mauvaises herbes.

10. La biomasse souterraine comprend les racines, la faune du sol et la population microbienne.

Carbone de la biomasse de la végétation morte

11. La matière organique morte (la nécromasse) comprend les arbres tombés et les souches, les autres gros débris ligneux, la couche de litière et le charbon de bois (ou matière organique partiellement calcinée) situés au-dessus de la surface du sol. Le stock de carbone de la chute de litière dans une forêt tropicale est habituellement de 5 tC/ha/an, avec un temps de séjour moyen dans la couche de litière d'environ un an. Les arbres morts mettent environ 10 ans à se décomposer, et la nécromasse représente environ 10 % du stock de carbone aérien total dans une forêt naturelle saine. Comme l'exploitation forestière a tendance à se concentrer sur la coupe des arbres ayant le plus de valeur et à endommager beaucoup d'autres, la nécromasse peut atteindre de 30 à 40 % du stock de carbone aérien après abattage. Lorsque le feu est utilisé pour défricher, le carbone résultant est directement émis ou reste pour environ dix ans.

Carbone du sol

12. Le carbone du sol rassemble le carbone organique, le carbone minéral, et le charbon de bois. Le bicarbonate, une forme minérale de carbone, se retrouve dans les sols calcaires, mais à un niveau négligeable dans les sols neutres et acides. La principale forme de carbone du sol se trouve à différents stades d'humification, avec des temps de renouvellement atteignant jusqu'à des centaines (voire des milliers) d'années. Dans les sols de tourbières, les temps de renouvellement peuvent atteindre plusieurs milliers d'années.

13. Dans les sols minéraux, les variations de carbone organique du sol sont relativement faibles et apparaissent principalement dans les 30 premiers centimètres de la couche de sol (GIEC, 1997). La teneur en carbone organique des sols diminue généralement avec la profondeur, la proportion de réservoirs relativement stables étant plus élevée lorsque la concentration totale en carbone est plus faible. La plus forte réaction du stock de carbone au changement d'occupation du sol apparaît dans les 20 à 30 premiers centimètres. Dans les données empiriques, seuls les changements dans la couche située entre 0 et 5 centimètres de profondeur sont identifiables.

14. La variation de la teneur en carbone du sol due au changement d'affectation des terres dépasse rarement 20 tonnes de carbone par hectare (GIEC, 1997 ; Murty et coll., 2002), excepté dans les zones humides. Dans des conditions climatiques particulières (ex. : un surplus de précipitations annuelles accompagné d'une saison sèche prolongée en terrain plat, avec un stockage des eaux souterraines en profondeur), les arbres dotés d'un système racinaire profond sont capables de prolonger leur saison de croissance. En outre, le renouvellement des racelles augmente les stocks de carbone en profondeur, ce qui peut entraîner, après conversion, des variations positives du carbone du sol de plus de 20 tonnes de carbone par hectare. Par exemple, lorsqu'une prairie d'impérata est convertie en plantation de palmiers à huile sur un sol minéral, on peut s'attendre à une augmentation

du stock de carbone du sol de $13,2 \pm 6,6$ tonnes par hectare par rapport à un stock initial de $40,8 \pm 20,4$ tonnes par hectare (Agus et coll., 2009).

Encadré 5.1. La majorité de la biomasse se trouve dans les quelques arbres vraiment très grands

Le stock de carbone dans un seul arbre dépend de sa taille. Les arbres dont le tronc a un diamètre de 10 à 19 centimètres (mesuré à une hauteur standard de 1,3 mètre au-dessus du sol, appelée « diamètre à hauteur de poitrine » ou DHP) peuvent avoir une biomasse d'environ 135 kilogrammes par arbre. Avec environ 900 arbres par hectares, la biomasse atteint 121,5 tonnes par hectare. Toutefois, la majeure partie de la biomasse se trouve dans les grands arbres. Pour un DHP de 50 à 70 centimètres, la masse par arbre peut être d'environ 20 000 kilogrammes (20 tonnes). Avec 10 arbres par hectare, la biomasse est d'environ 200 tonnes par hectare. Le tableau ci-dessous résume cet exemple.

L'incidence des grands arbres sur la biomasse (et le carbone) par hectare est par conséquent très significative. Bien que l'abattage sélectif ne prélève que quelques arbres par hectare (et endommage ceux qui les entourent), les récoltes de bois peuvent entraîner des baisses substantielles dans la biomasse et le stock de carbone totaux.

Exemple de composition de la biomasse des arbres sur un hectare de forêt tropicale

DHP (cm)	kg/arbre	Nbre d'arbres/ha	Masse (t/ha)
10-19	135	900	121,5
20-29	2 250	70	157,5
30-49	8 500	20	170,0
50-70	20 000	10	200,0

Réservoirs de carbone prioritaires pour la comptabilisation nationale

15. Les réservoirs de carbone qui doivent être mesurés dans le cadre d'un mécanisme national de comptabilisation du carbone sont identifiés à l'aide de plusieurs facteurs, tels que :

- la disponibilité des ressources financières,
- la disponibilité de données de bonne qualité,
- la facilité et le coût des mesures,
- l'ampleur des changements potentiels dans les réservoirs de carbone.

16. Dans la terminologie du GIEC, le processus de détermination des priorités des réservoirs de carbone est considéré comme « l'analyse des catégories clés ». Les principales sources et puits de CO₂ sont identifiés à des niveaux de notification particuliers : Niveau 1 ou données à l'échelle mondiale pour des catégories non-clés (ou catégories de moindre priorité) et Niveaux 2 et 3 ou catégories clés à une échelle/résolution plus fine. (GIEC, 2006, Vol 4, Chapitre 1.3.3)

17. Comme les estimations du carbone au niveau national peuvent être incomplètes et très incertaines, un principe de **prudence** doit être appliqué pour accroître leur crédibilité (Grassi et coll., 2008). Une analyse prudente implique de ne pas exagérer ni minimiser le risque de surestimation et de propagation des erreurs. Par exemple, ne pas inclure le carbone du sol dans la comptabilisation est une approche prudente. Même si elle permettrait d'obtenir plus de crédits REDD+, l'inclusion du carbone du sol risque de rendre moins crédible l'estimation des réductions totales des émissions. (Pour des détails sur l'application de ce principe, voir Grassi et coll., 2008.)

18. En cas de ressources limitées, le travail de terrain pour estimer les stocks de carbone doit être sélectif. La priorité doit être accordée aux plus grands réservoirs de carbone pour lesquels la probabilité de conversion/émission est la plus élevée. (Voir le Chapitre 4 pour plus d'information sur les facteurs de déforestation et de dégradation.) Par exemple, les zones forestières les plus exposées au changement ont tendance à être celles ayant des coûts d'opportunité plus élevés, comme les forêts situées près des routes.

19. Le Tableau 5.2 résume les priorités de mesure des différents réservoirs de carbone ainsi que les méthodes et coûts relatifs associés. En général, nous suggérons d'accorder la plus haute priorité à la biomasse des arbres et au carbone du sol. Le stock de carbone des grandes cultures est plutôt faible et peut être déduit à partir de la littérature. Pour les tourbières, le plus grand réservoir de carbone est la tourbe elle-même et la mesure de sa teneur en carbone est donc hautement recommandée.⁴⁵

Tableau 5.2. Priorités et coûts de la mesure du carbone par utilisation des terres

Réservoir de C	Méthode	Utilisation des terres					
		Forêt		Pérenne		Cultures annuelles	
		Coût	Priorité	Coût	Priorité	Coût	Priorité
Biomasse des arbres	<i>DHP et équations allométriques</i>	2	4	2	4		
Biomasse de sous-bois	<i>Échantillonnage destructif</i>	4	2	4	1		
Culture	<i>Littérature, données secondaires</i>					2	3
Biomasse morte	<i>Non destructif</i>	2	2	2	1		
Litière	<i>Destructif</i>	3	2	2	1		
C du sol	<i>Destructif : densité et teneur en C</i>	4	3	4	3	4	3

⁴⁵ Cependant, le fait que les tourbières soient ou non intégrées à la REDD+, et de quelle manière, n'est toujours pas clair.

Remarque : Les valeurs plus élevées indiquent une priorité plus haute (en vert) ou un coût plus élevé (en rouge). Exemple provenant d'Indonésie.

Source : Auteurs.

Établir un cadre pour l'analyse du carbone

20. Des approches claires et simples pour la mesure des stocks de carbone contribuent à la transparence de la comptabilisation nationale. L'approche simplifiée proposée ici consiste à établir une base carbone pour l'analyse des coûts d'opportunité. Bien que plus directe, cette approche n'est pas toujours cohérente avec les méthodes détaillées de calcul du carbone stipulées dans les *Recommandations en matière de bonnes pratiques* du GIEC (RBP).⁴⁶ Les RBP fournissent une information procédurale pour la classification, l'échantillonnage et la collecte des données en vue de la comptabilisation nationale des stocks de carbone et des quantités de gaz à effet de serre émises et absorbées associées aux activités d'agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFOLU). En général, toutes les données doivent être :

- **Représentatives** : Capables de représenter les systèmes d'utilisation des terres/catégories d'occupation du sol, et les conversions entre systèmes d'utilisation des terres/occupation du sol, nécessaires pour estimer les variations des stocks de carbone ainsi que les quantités de GES émises et absorbées.
- **Cohérentes dans le temps** : Capables de représenter les systèmes d'utilisation des terres/catégories d'occupation du sol de manière cohérente dans le temps, sans être trop affectées par des discontinuités artificielles dans les données des séries temporelles ;
- **Complètes** : Toutes les terres d'un pays doivent être comprises, les accroissements dans certaines zones étant équilibrés par des diminutions dans d'autres, en reconnaissant, si nécessaire, la stratification biophysique des terres (et dans la mesure où les données le permettent) pour estimer et notifier les quantités de gaz à effet de serre émises et absorbées ; et
- **Transparentes** : Les sources de données, définitions, méthodologies et hypothèses doivent être clairement décrites.

Deux méthodes pour la mesure du carbone

21. Les variations dans les stocks moyens de carbone par occupation des sols peuvent être suivies à l'aide de diverses méthodes, notamment les ensembles de données et estimations secondaires du GIEC (2003b). En outre, les pays peuvent réaliser des

⁴⁶ Les exemples incluent : 1) l'utilisation d'une valeur par défaut de 4:1 pour le ratio pousses:racines, 2) un facteur de conversion du carbone de 0,46 pour la biomasse vivante, la nécromasse et la matière organique du sol.

inventaires in situ des forêts et des échantillonnages en utilisant des placettes permanentes pour les systèmes d'utilisation des terres. Pour mesurer les variations dans les stocks de carbone résultant de la dégradation, le GIEC (2006) recommande deux options qui ne s'excluent pas mutuellement (Figure 5.2) :

- la méthode des différences de stock, et
- la méthode des gains-pertes.

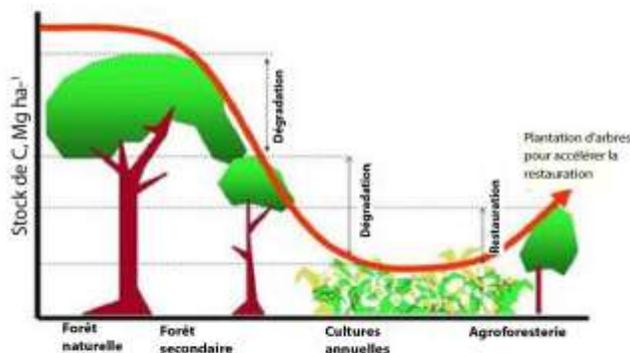
22. La méthode des **différences de stock** utilise les inventaires des stocks de carbone des utilisations des terres pour estimer la séquestration ou les émissions. Les stocks de carbone de chaque réservoir de carbone sont estimés en mesurant le stock de biomasse existant au début et à la fin de la période de comptabilisation.

23. La méthode des **gains-pertes** est basée sur des modèles de croissance intégrant une compréhension écologique du mode de croissance des forêts et autres utilisations des terres, ainsi que des informations sur les processus naturels et les interventions humaines qui conduisent à des pertes de carbone. Les gains de biomasse sont estimés sur la base de taux de croissance types exprimés en termes d'accroissement annuel moyen moins les pertes estimées de biomasse dues à des activités telles que la récolte de bois, les dommages causés par l'abattage des arbres, la collecte de combustible ligneux et autres produits, le surpâturage, ainsi que le feu (Murdyarso, et coll., 2008). Le coût de cette méthode est habituellement plus faible parce que les réservoirs de carbone ne sont déterminés qu'une seule fois au départ et sont ensuite modélisés au cours du temps.

A- Différence dans les stocks

La différence entre les stocks de C donne les émissions

Changement d'affectation des terres



B. Gains-pertes

Émissions de C données par les gains moins les pertes

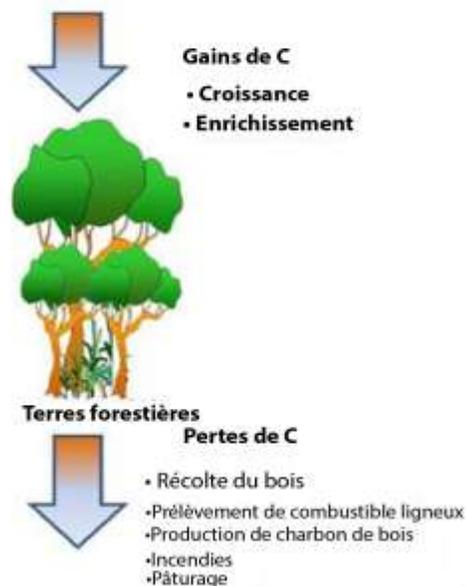


Figure 5.2. Comparaison des méthodes de la différence dans les stocks et des gains-pertes

Source : Adapté de Murdyarso et coll., 2008

24. Le choix d'une méthode de mesure dépendra largement de la disponibilité des données, et des ressources et capacités à consacrer à la collecte de nouvelles données. Si le but est la comptabilisation nationale du carbone, une combinaison des deux méthodes peut être utilisée. Il est toutefois nécessaire de vérifier la cohérence si les deux méthodes sont combinées.

25. L'approche de mesure utilisée dans ce manuel de formation est basée sur la méthode des différences de stock, parce que nous avons besoin d'un seul « stock de carbone type » pour un système d'utilisation des terres (t C/ha), à comparer avec un attribut économique type (VAN en dollars EU/ha), afin de pouvoir calculer le ratio pour n'importe quel type de changement d'affectation des terres.

Estimer le « stock de carbone type » d'une utilisation des terres

26. Pour les besoins de l'analyse du coût d'opportunité lié à la REDD+, une valeur doit être déterminée pour le stock de carbone type de chaque utilisation des terres (dans GIEC, 2000, elle est appelée **moyenne temporelle du stock de carbone**). Cette valeur unique

est utilisée à des fins de comptabilisation du carbone et est comparée à une estimation unique de la rentabilité de la valeur actualisée nette (VAN). La valeur du stock de carbone type comprend les gains et les pertes sur le cycle de vie d'une utilisation des terres. Ci-dessous, nous examinons 1) les étapes à suivre pour établir un système national de comptabilisation du carbone, 2) les approches de mesure du carbone, et 3) l'évaluation de la qualité des données sur le carbone, des procédures d'échantillonnage et des mesures sur le terrain des stocks de carbone.

27. La détermination du stock de carbone type commence par la détermination du cycle de vie de l'utilisation des terres (voir Figure 5.3). La « moyenne temporelle » du stock de carbone tient compte la dynamique d'utilisation des terres (Palm et coll., 2005). Cette méthode prend en compte la régénération et la récolte des arbres, et permet la comparaison d'utilisations des terres présentant des temps et des modèles différents de rotation des récoltes et de croissance des arbres.

28. Pour les utilisations des terres en équilibre du point de vue de l'âge (tous les âges sont également probables), la valeur de la moyenne temporelle est également la valeur de moyenne spatiale, lorsque le paysage considéré est suffisamment grand. Une telle estimation est donnée par la somme des gains et des pertes de carbone. Pour les systèmes d'utilisation des terres dont la superficie augmente, la moyenne spatiale sera plus faible que la moyenne temporelle, et inversement, la moyenne spatiale sera plus élevée que la moyenne temporelle pour les systèmes en déclin. C'est pourquoi le potentiel de perte ou de séquestration de carbone d'un système d'utilisation des terres n'est *pas* déterminé par le stock de carbone maximum du système à tout moment, mais plutôt par le carbone moyen stocké dans ce système d'utilisation des terres pendant son cycle de vie (ASB, 1996). Les étapes spécifiques à suivre pour calculer la moyenne temporelle du stock de carbone de systèmes de monoculture et de cultures mixtes figurent dans l'**Annexe D**.

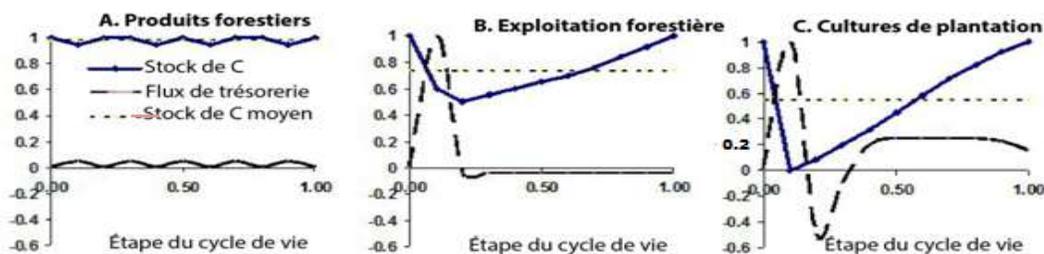


Figure 5.3. Stock de carbone aérien et flux de trésorerie de trois utilisations des terres

« Moyenne temporelle du stock de carbone » dans les systèmes agroforestiers

29. Dans les systèmes agroforestiers, où les exploitations agricoles comportent divers types d'arbres, les stocks de carbone se comportent différemment que sur les terres cultivées ou dans les forêts exploitées. Par exemple, dans les systèmes agroforestiers, les arbres sont coupés plus fréquemment que dans la gestion forestière. Pour estimer les stocks de carbone, il est utile de déterminer l'évolution annuelle en fonction du temps des stocks de carbone. Dans la Figure 5.4, les lignes continues (foncées) représentent les stocks annuels de carbone, tandis que les lignes en pointillés (claires) indiquent les moyennes temporelles des stocks de carbone de 230 tC/ha pour la forêt, 80 tC/ha pour l'agroforesterie, et 29 tC/ha pour les cultures annuelles ou des pâturages d'*impérata* en baisse de productivité.

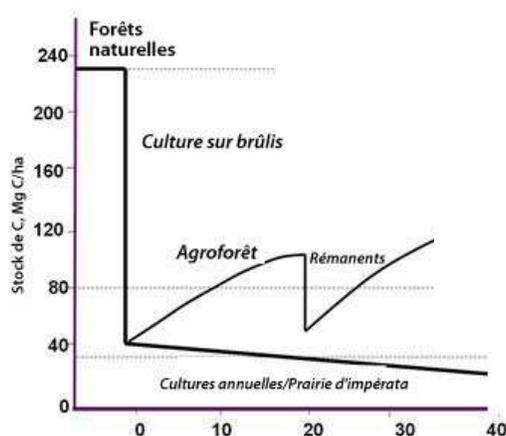


Figure 5.4. Exemples de variation du stock de carbone pour différentes utilisations des terres

Source : GIEC/UTCATF – Section 4 (2000)

Comptabilisation pour la dégradation des forêts

30. Même sans conversion des forêts à d'autres utilisations, des émissions de carbone peuvent être causées par la dégradation des forêts. Celle-ci peut être définie comme une *perte à long terme directement induite par l'homme (persistante pendant X années ou plus), d'au moins Y % des stocks de carbone forestier (et de la valeur des forêts) depuis un temps T et ne pouvant être qualifiée de déforestation* (GIEC, 2003a). Malgré cette définition, aucun accord n'a pu être conclu quant à une procédure opérationnelle pour la surveillance, notification et vérification (SRV) de la dégradation. Les mesures de X, Y et de la surface minimale sont difficiles à spécifier étant donné que les valeurs dépendent des types d'activités de dégradation et de la composition de la forêt (Murdiyarsa et coll., 2008).

31. Les activités habituelles qui dégradent les forêts sous les tropiques sont (GOFCC-GOLD, 2009) :

- l'abattage sélectif ;
- les incendies de forêt à grande échelle et ouverts ;
- la collecte de bois de chauffage et de produits forestiers non ligneux ;
- la production de charbon de bois, le pâturage, les feux de broussaille sous la canopée, les cultures itinérantes.

32. Sauf pour l'abattage sélectif, peu d'analyses ont été réalisées sur les impacts de ces processus sur la perte de biomasse forestière et le temps nécessaire pour la repousse. L'estimation des stocks de carbone des forêts dans des situations de déforestation et de dégradation nécessite un suivi 1) des changements dans la superficie forestière par type de forêt et 2) des stocks de carbone moyens par unité de surface et par type de forêt (GIEC, 2003b). Une analyse de Niveau 1 enregistre les changements de superficie au sein des catégories de forêt et utilise les valeurs par défaut mondiales pour les densités de carbone de ces catégories de forêts. Au Niveau 2, la précision et l'exactitude sont accrues grâce à l'estimation des densités de carbone à l'aide de données propres au pays au lieu de valeurs par défaut mondiales. L'analyse de Niveau 3 utilise des systèmes de modèles et d'inventaires pour ajuster les estimations aux conditions nationales de manière itérative dans le temps, en mesurant ainsi les variations des densités de carbone au cours de la période de comptabilisation.

Tableau 5.3. Mesure de la dégradation des forêts : méthodes des différences de stock et des gains-pertes

<i>Activité</i>	<i>Méthode des différences de stock</i>	<i>Méthode des gains-pertes</i>
Abattage sélectif	<ul style="list-style-type: none"> • L'abattage légal requiert en général la mesure de la biomasse après récolte, et les données nécessaires devraient donc être disponibles. • L'abattage illégal nécessite la collecte de données supplémentaires • Les données sur les forêts non perturbées peuvent être utilisées en tant que variables de remplacement si les données avant coupe ne sont pas disponibles pour certains sites. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilise des estimations de l'accroissement annuel moyen (AAM) et des enregistrements centralisés sur les activités d'extraction de bois • La fiabilité dépend de l'honnêteté de la déclaration des taux d'extraction par les entreprises forestières.
Feux de forêt à grande échelle	<ul style="list-style-type: none"> • Les données de référence des forêts non perturbées peuvent être utilisées pour la situation avant feu, mais un inventaire forestier est nécessaire pour mesurer la 	<ul style="list-style-type: none"> • Les pertes dues au feu peuvent être estimées à partir de la superficie brûlée et des facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions basées sur la perte

	biomasse après le feu.	de biomasse.
Récolte de bois de chauffage et autres produits forestiers non ligneux	<ul style="list-style-type: none"> • Les niveaux de biomasse avant récolte peuvent être estimés à partir de niveaux types dans les forêts non perturbées, mais en pratique, la plupart des forêts soumises à ces utilisations sont déjà partiellement dégradées au début de la période de comptabilisation. • Dans les zones déjà sous gestion individuelle ou communautaire, les inventaires forestiers avant et après la période peuvent être réalisés par les utilisateurs de la forêt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des données sur les pertes (ex. : registres des produits commerciaux à base de bois, estimations de l'utilisation du bois de chauffage) peuvent être disponibles. • Le prélèvement de bois de chauffage peut également être calculé à l'aide de la population et de données sur la consommation moyenne des ménages. • Les données sur les gains sont disponibles à partir des statistiques d'AAM standard.
Pâturage du bétail, agriculture itinérante, feu sous la canopée	<ul style="list-style-type: none"> • Les niveaux de biomasse avant récolte peuvent être estimés à partir de niveaux types dans les forêts non perturbées, mais en pratique, la plupart des forêts soumises à ces changements sont déjà partiellement dégradées au début de la période de comptabilisation. • Des mesures peuvent être effectuées par la communauté et peuvent aider à générer une appropriation locale du processus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les données sur les gains sont disponibles à partir des statistiques d'AAM standard • Les données sur les pertes sont rarement disponibles dans les statistiques nationales.

Source : Murdiyarsa et coll. 2008.

Diagnostic des données sur le carbone existantes

33. Lors de la compilation ou de l'examen des estimations des stocks de carbone type des utilisations des terres, tout un éventail de données peut déjà être disponible. Ces informations peuvent être classées par catégories selon les niveaux GIEC :

- *Niveau 1* : Données à l'échelle mondiale (imagerie par télédétection).
- *Niveau 2* : Données à l'échelle nationale
 - Données des inventaires forestiers, souvent concentrées sur les volumes de bois des espèces commercialement intéressantes, mais incluant potentiellement tous les arbres,
 - données primaires qui peuvent être converties en estimations de la biomasse totale.
- *Niveau 3* : données sur les placettes/bassins versants
 - modèles bioéconomiques de production de biomasse dans différents modes de gestion, calibrés avec des données sur la biomasse au niveau placette

(généralement disponible pour les principales cultures et certaines cultures de plantations),

- données écologiques sur des placettes à long terme incluant tous les réservoirs de biomasse et nécromasse.

34. Comme mentionné plus haut, la détermination des priorités des réservoirs de carbone ou « analyse des catégories clés » prend en compte les principales sources et puits de carbone, et le niveau de notification correspondant. Les catégories non clés, ou catégories de moindre priorité, peuvent être notifiées avec les données de Niveau 1, tandis que les catégories clés doivent utiliser des données des Niveaux 2 et 3 ou à une échelle/résolution plus fine (GIEC, 2006, Vol. 4, Chapitre 1.3.3). Les données sur le carbone existant dans un pays peuvent être de différents types et qualités. C'est pourquoi un diagnostic des données sur le carbone disponibles au niveau national doit être réalisé afin d'identifier les lacunes et les faiblesses pour lesquelles la collecte de nouvelles données est justifiée.

35. Étant donné que pratiquement tous les types de télédétection dépendent de mesures des stocks de carbone terrestres, les efforts pour extrapoler et analyser spatialement les modifications dans le temps requièrent que les données sur le carbone soient échantillonnées à l'aide de protocoles transparents. Quelles que soient les données, leur utilité et leur valeur dépendent de :

- la description adéquate de la méthode utilisée pour sélectionner les placettes ;
- l'exhaustivité des enregistrements qui permettent d'interpréter la placette en tant que partie d'un système d'utilisation des terres d'une intensité et d'une durée connues ;
- la représentativité de l'ensemble des placettes pour le domaine à représenter (ex. : à travers des variations du climat, du sol et de l'accessibilité) ;
- la description adéquate de la méthode utilisée pour les mesures, y compris la taille de l'échantillon ou l'intensité d'échantillonnage utilisée pour l'échantillonnage « sans placettes » ;
- la viabilité des données primaires et la possibilité de réaliser d'autres calculs.

36. Des doutes concernant l'un ou l'autre de ces points peuvent rendre suspecte l'utilisation des données, et peuvent au minimum justifier un programme d'échantillonnage pour combler les lacunes et vérifier les parties incertaines de l'ensemble de données.

Mesurer le carbone de différentes utilisations des terres

37. Un principe de base des *Recommandations en matière de bonnes pratiques* (RBP) du GIEC est que la terre peut être allouée à une (et une seule) des six catégories décrites ci-dessous. Une utilisation des terres peut être considérée comme une catégorie de niveau supérieur représentant toutes les utilisations des terres semblables, avec des sous-

catégories correspondant à des conditions particulières importantes pour la teneur en carbone, et pour lesquelles des données sont disponibles.⁴⁷

38. L'hypothèse des RBP du GIEC supposant que les catégories de terres sont non ambiguës peut être en accord avec les traditions institutionnelles existantes de certains pays, mais peut aussi engendrer des difficultés. À quelle catégorie un système agroforestier de culture d'hévéa sur tourbière appartient-il ? Une telle utilisation des terres 1) répond aux critères de hauteur minimale et de couvert arboré des forêts, mais 2) est située dans une zone humide, et 3) sa production est enregistrée dans les statistiques agricoles. La cohérence des méthodes de comptabilisation à travers les catégories de terres requiert donc une bonne compréhension de ces relations. Les catégories de terres définies par le GIEC sont :

i) Terres forestières

39. Cette catégorie comprend toutes les terres hébergeant une végétation ligneuse compatible avec les seuils utilisés pour définir les *terres forestières* dans l'inventaire national des gaz à effet de serre. Elle englobe également les systèmes dont la structure de la végétation se situe actuellement en dessous de ces seuils, mais pourrait atteindre *in situ* les seuils utilisés par un pays pour définir la catégorie des *terres forestières*.

ii) Terres cultivées

40. Cette catégorie comprend les terres agricoles, y compris les champs de riz et les systèmes agroforestiers où la structure de la végétation (actuelle ou potentielle) est inférieure aux seuils utilisés pour la catégorie des *terres forestières*.

iii) Pâturages

41. Cette catégorie comprend les parcours naturels et les pâturages qui ne sont pas considérés comme des *terres cultivées*. Elle inclut également des systèmes abritant une végétation ligneuse et d'autres plantes non herbacées telles que des arbustes et broussailles n'atteignant pas les seuils utilisés pour la catégorie des *terres forestières*. Cette catégorie comprend aussi toutes les prairies, allant des terres sauvages aux espaces récréatifs, en passant par les systèmes agricoles et sylvopastoraux, en accord avec les définitions nationales.

iv) Zones humides

42. Cette catégorie comprend les zones d'extraction de la tourbe et les terres recouvertes d'eau ou saturées en eau pendant la totalité ou une partie de l'année (les tourbières par exemple) et qui ne rentrent pas dans les catégories des *terres forestières*,

⁴⁷ Pour l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+, des sous-catégories sont également nécessaires pour les systèmes d'utilisation des terres générant des niveaux de profit différents.

terres cultivées, pâturages ou établissements humains. Elle inclut les réservoirs, en tant que subdivision gérée, et les rivières et lacs naturels en tant que subdivisions non gérées.

v) Établissements humains

43. Cette catégorie englobe toutes les terres mises en valeur, y compris les infrastructures de transport et les établissements humains de n'importe quelle taille, sauf s'ils sont déjà compris dans d'autres catégories. Elle devrait être cohérente avec les définitions nationales.

vi) Autres terres

44. Cette catégorie comprend les sols nus, la roche, la glace et toutes les terres qui n'entrent pas dans les cinq autres catégories. Elle permet au total des superficies des terres identifiées de correspondre à la superficie nationale, lorsque les données sont disponibles. Si tel est le cas, les pays sont encouragés à classer les terres non gérées suivant les catégories de terres ci-dessus (ex. : forêt non gérée, pâturages non gérés et zones humides non gérées). Cela améliorera la transparence et la capacité de suivi des conversions des types de terres non gérées vers les catégories énumérées plus haut.

Encadré 5.2. Stockage hors site du carbone

Une partie de la biomasse des forêts, des plantations arbustives ou des cultures annuelles est retirée du terrain pour intégrer les flux d'échanges économiques. Bien que des efforts aient été réalisés pour affecter les stocks de carbone de ces produits aux zones dont ils proviennent (en particulier dans le cas du bois), l'intégrité et la transparence du système mondial de comptabilisation du carbone seraient en péril si ces calculs étaient effectués.

Les recommandations actuelles du GIEC (2006) n'incluent pas les produits hors site dans le système, bien que les variations des stocks dans la forêt puissent être estimées à partir de la différence entre l'accroissement et les prélèvements de la biomasse (ex. : élimination, récoltes), s'il existe des données fiables pour les deux. La comptabilisation des stocks de carbone bénéficie du fait qu'à n'importe quel moment, tous les stocks peuvent être inspectés sur site.

Échantillonnage et mesure du stock de carbone

45. Une fois que les priorités des réservoirs de carbone à mesurer ont été établies et que la méthode de mesure est définie, l'échantillonnage suit une série de lignes directrices relatives :

- au système d'échantillonnage, y compris la stratification (voir Chapitre 4 de ce manuel, Dewi et Ekadinata, 2008, et Winrock, 2008)
- au système hiérarchique de classification des utilisations des terres (voir Chapitre 4).

46. Les lignes directrices pour la détermination du nombre requis d'unités échantillonnage figurent dans l'Encadré 5.4. Il est important de noter que l'élévation du niveau d'exactitude et de précision souhaité aura des implications sur le coût.

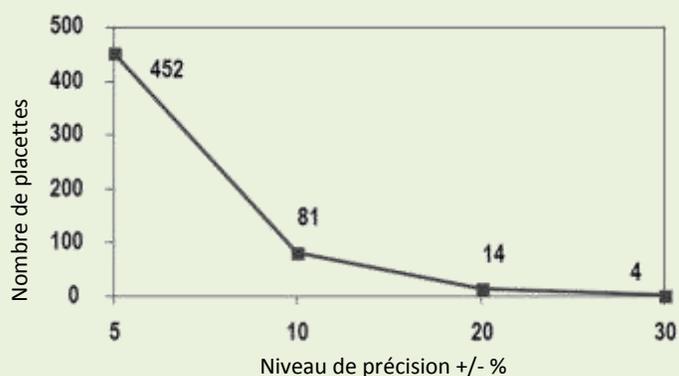
Encadré 5.3. Étapes de la détermination du nombre de placettes-échantillons

Étape 1. Choisir le niveau d'exactitude et de précision souhaité

Le choix du niveau de précision et d'exactitude est presque toujours lié aux ressources disponibles et aux exigences de l'acheteur (le marché). Le niveau de précision requis aura un effet direct sur les coûts d'inventaire. Habituellement, le niveau de précision (erreur d'échantillonnage) pour les projets forestiers est égal à $\pm 10\%$ de la valeur moyenne du carbone, avec un niveau de confiance de 95 %. Les projets de foresterie à petite échelle du Mécanisme pour un développement propre (MDP) peuvent avoir un niveau de précision allant jusqu'à $\pm 20\%$ (Emmer, 2007). Des niveaux de précision spécifiques peuvent être définis pour chaque type de système d'utilisation des terres de l'inventaire. Plus le niveau de précision est élevé, plus les coûts sont importants.

La figure qui suit montre la relation entre le nombre de placettes et le niveau (degré) de précision (un pourcentage, en plus ou en moins, du stock total de carbone de la biomasse vivante et morte), avec une confiance de 95 %, pour quatre types de réservoirs de carbone mixtes (biomasse aérienne et souterraine, litière et matière organique du sol) présents dans six catégories de végétation du projet Noel Kempff dans la forêt tropicale de Bolivie.

Pour atteindre un niveau de précision de $\pm 5\%$, 452 placettes sont nécessaires, alors qu'il n'en faut que 81 placettes pour atteindre un niveau de précision de $\pm 10\%$. Cet exemple montre les implications sur les coûts-avantages d'un niveau de précision plus élevé.



Source : GIEC 2003b, Chapitre 4-3.

Étape 2. Sélectionner les zones pour la collecte des données préliminaires

Avant de déterminer le nombre de placettes nécessaires pour le suivi et la mesure du carbone, il faut estimer la variance existante pour chaque type de dépôt (ex. : le carbone du sol) dans chaque système d'utilisation des terres correspondant à la légende d'utilisation des terres. Lorsque le projet comprend des strates multiples, toutes les strates doivent être échantillonnées (répétition) pour que les résultats soient statistiquement valides. Au départ, un ensemble de quatre à huit répétitions est recommandé pour chaque système d'utilisation des terres.

Étape 3. Déterminer la moyenne, l'écart-type et la variance des données préliminaires sur le stock de carbone

La moyenne temporelle du stock de carbone est calculée pour chaque système ou légende d'utilisation des terres, à partir des données préliminaires (ou tirées de la littérature s'il existe des études réalisées dans des zones semblables).

Résultats : moyenne, écart-type et variance du carbone par système/légende d'utilisation des terres.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad S = \sqrt{S^2}$$

Moyenne Variance Écart-type

Étape 4. Calculer le nombre requis de placettes-échantillons

Une fois que la variance de chaque système/légende d'utilisation des terres est connue, que le niveau souhaité de précision et l'erreur estimée (exprimé à travers le niveau de confiance choisi) sont déterminés, le nombre requis de placettes-échantillons peut être calculé. La formule générique pour le calcul du nombre de placettes est la suivante :

Formule pour plus d'un système d'utilisation des terres :

$$n = \frac{(\sum_{h=1}^L N_h * s_h)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + (\sum_{h=1}^L N_h * s_h^2)}$$

Où :

n = nombre de placettes

E = erreur permise (moyenne * niveau de précision choisi).

Comme vu dans l'étape précédente, le niveau de précision recommandé est de ± 10 % (0,1) de la moyenne, mais peut aller jusqu'à ± 20 % (0,2).

t = statistique de la distribution-t pour un niveau de confiance de 95 % (habituellement exprimé sous la forme d'un nombre d'échantillons)

N = nombre de placettes couvrant la superficie de la couche (surface de la strate divisée par la surface de la placette en hectares)

s = écart-type du système d'utilisation des terres

Source : adapté de Rognitz et coll., 2009.

Outils en ligne pour le calcul du nombre de placettes : Winrock International a développé un outil en ligne, le « Winrock Terrestrial Sampling Calculator », qui aide à calculer le nombre d'échantillons et à estimer les coûts pour les études de base ainsi que pour le suivi.

Voir : <http://www.winrock.org/ecosystems/tools.asp>

47. Une fois que le nombre d'unités d'échantillonnage est calculé, la conception de l'échantillonnage peut être entreprise. La Figure 5.6 résume les tailles de placettes et sous-placettes recommandées au sein de chaque unité d'échantillonnage.

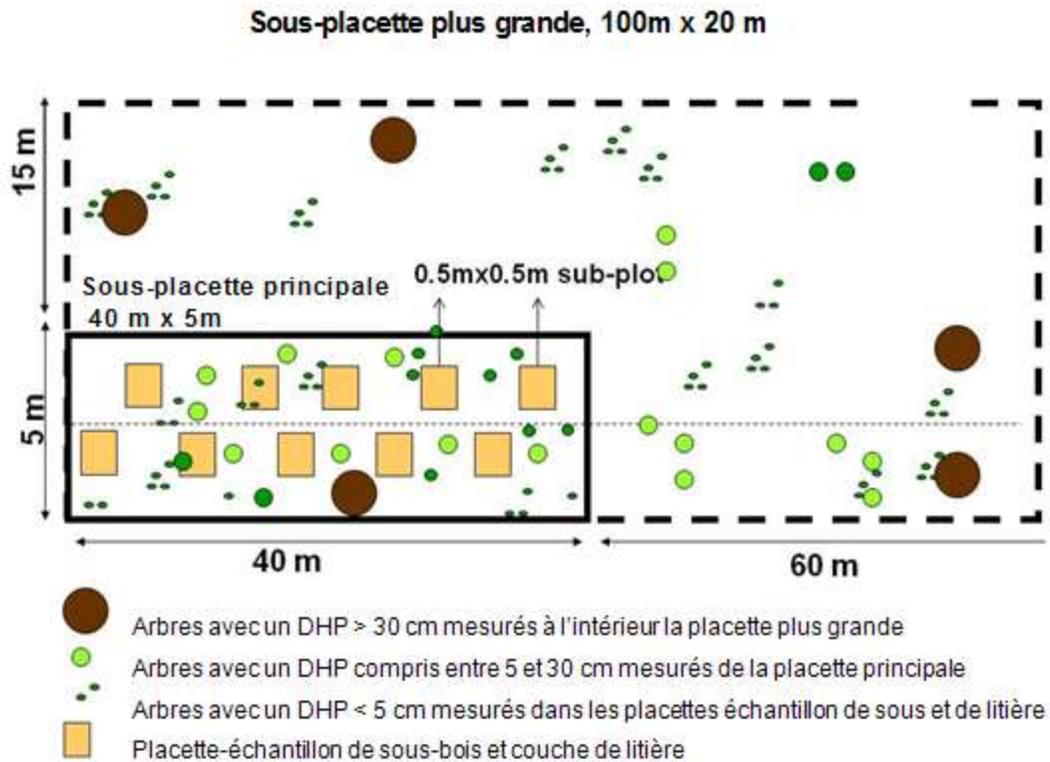


Figure 5.5. Tailles des placettes et sous-placettes recommandées pour l'échantillonnage des stocks de carbone

Source : Hairiah et coll. 2010.

Échantillonnage au niveau des placettes

Pour mesurer les stocks de carbone au niveau placette, il faut évaluer :

- la biomasse
 - échantillonnage destructeur de petites placettes de végétation de sous-bois, de cultures annuelles ou d'herbages,
 - estimations non destructives de la biomasse des arbres, à l'aide d'équations allométriques de biomasse,
 - valeurs par défaut pour la biomasse souterraine (racines).
- la nécromasse

- destructeur (pour les débris de litière à la surface du sol) ou
- non destructeur (pour le bois mort).
- la matière organique du sol.

48. Les procédures pour la mesure du carbone de différents réservoirs sont détaillées dans Hairiah et coll., 2010 (en anglais), Rognitz, et coll., 2009 (en espagnol et en portugais) et plusieurs autres ressources sont disponibles dans les GOF-C-GOLD (2009).

49. Le plus important réservoir de carbone est la biomasse des arbres. Pour calculer les stocks de carbone dans les arbres, nous avons besoin de connaître :

- le nombre total d'arbres par hectare,
- la distribution de leur diamètre à hauteur de poitrine,
- deux paramètres reliant la biomasse au diamètre du tronc (« allométriques »).

50. Tout le problème se situe dans les détails. Il faut à la fois 1) utiliser les bonnes équations allométriques (et savoir quand ne pas utiliser les équations standards), et 2) connaître les fréquences de diamètre, en particulier pour les grands arbres. L'utilisation des équations allométriques de la littérature peut simplifier le calcul des stocks de carbone au niveau paysage. Il est conseillé de suivre les lignes directrices de choix de la ou des bonnes équations allométriques (Chave et coll. 2005 ; voir le Tableau 5.3 pour une description des critères). Si l'un des critères n'est **pas** rempli, il est recommandé d'élaborer des équations allométriques locales. Si plusieurs équations répondent aux critères, choisissez celle qui a la valeur de R^2 la plus élevée (pour la procédure détaillée, voir Rognitz et coll., 2009, p.51-59). Une liste des équations allométriques par espèce et par type de forêt est fournie dans l'**Annexe C**.

Tableau 5.4. Critères de choix d'une équation allométrique

Critère	Description
Conditions de sol et de climat	Conditions climatiques similaires au sein de la zone d'échantillonnage et à l'endroit où l'équation a été développée, en ce qui concerne : <ul style="list-style-type: none"> - la température moyenne annuelle - les précipitations annuelles - l'altitude Chaque fois que possible, conditions similaires pour le sol.
Espèces récoltées	Au moins 30 % des espèces forestières utilisées dans l'équation sont présentes dans la zone d'échantillonnage
Taille des arbres	Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et hauteur des arbres similaires

Source : Adapté de Rognitz et coll., 2009.

Encadré 5.4. Grands arbres, grosses racines... mais pas toujours

Les grands arbres ont tendance à avoir de grosses racines. Pour les forêts tropicales mixtes, le ratio de la biomasse aérienne par rapport à la biomasse souterraine est d'environ 4:1. Dans des conditions très humides, ce ratio peut monter jusqu'à 10:1, tandis que dans des conditions sèches, il peut diminuer jusqu'à 1:1 (van Noordwijk et coll., 1996 ; Houghton et coll., 2001 ; Achard et coll., 2002 ; Ramankutty et coll., 2007). Comme la mesure de la biomasse racinaire n'est pas facile (bien qu'il existe une méthode qui utilise le diamètre de la racine à la base du tronc et des équations allométriques), nous utilisons habituellement des hypothèses par défaut pour le rapport tronc : racines, en nous basant sur la littérature disponible (Cairns et coll., 1997 ; Mokany et coll., 2006).

De la placette à l'utilisation des terres

51. Pour calculer les variations des stocks de carbone au niveau paysage, nous avons besoin de données sur le stock de carbone type ou la moyenne temporelle des stocks de carbone de chaque utilisation des terres – *pas* le stock de carbone de chaque placette dans les conditions actuelles. À cet effet, nous nous tournons vers la feuille de calcul **OppCost** fournie avec ce manuel, dans le fichier **SpreadsheetexercisesREDDplusOppCosts.xlsm**. Elle donne les stocks de carbone des changements d'affectation des terres en fonction des catégories d'utilisation des terres. L'**Annexe D** fournit quelques exemples de calcul de la moyenne temporelle du stock de carbone pour la monoculture et d'autres systèmes. Le Tableau 5.4 ci-dessous présente des estimations de la moyenne temporelle du stock de carbone pour une sélection de systèmes d'utilisation des terres dans divers pays.

Tableau 5.5. Moyenne temporelle du stock de carbone (moyenne et intervalle) pour différentes utilisations des terres

Utilisation des terres	Moyenne temporelle du stock de carbone, Mg/ha	Référence, remarques
Forêt primaire (Indonésie)	300 (207-405)	Palm et coll., 1999
Forêt sous abattage sélectif (Kalimantan central, Indonésie)	132	Brearily et coll., 2004
Rotation arbustes/cultures	15	Prasetyo et coll. (2000)
Prairie d'impérata	2	Palm et coll. (2004)
Huile de palme (Indonésie)	60	Recalculé à partir de Rogi (2002)
Huile de palme (Indonésie)	40	Données récentes CIRAF-Indonésie
Agroforêt de caoutchouc, âgée de 25 ans (Sumatra, Indonésie)	68	Moyenne établie à partir de Palm et coll. (2004)
Agroforêt de caoutchouc, âgée de 40 ans (Est du Kalimantan, Indonésie)	100	Rahayu et coll., 2004
Plantation de noix de coco	60	Ajusté à partir de 98 Mg ha ⁻¹ selon le GIEC (2006) basé sur Rogi (2002)
Plantation de jatropha	10	June (2008) basé sur Niklas (1994)
Plantation de thé	28	Adapté de Kamau et coll. (2008)

Canne à sucre	9	Soejono 2004, modifié
Système agroforestier basé sur le café	51	Hairiah (2007, pour le café d'ombre)
Cacao	58	Lasco et coll. (2002)

De l'utilisation des terres à la région infranationale

52. Une fois qu'on dispose de la moyenne temporelle du stock de carbone par système d'utilisation des terres, il faut calculer/estimer la moyenne temporelle du carbone par occupation du sol pour pouvoir extrapoler au niveau du paysage. Par exemple, dans la Figure 5.6, l'occupation du sol « Plantation » comprend cinq utilisations différentes (pin, agathis, acajou, clou de girofle et bambou). Parce qu'il n'est pas possible de distinguer ces utilisations des terres au niveau de l'occupation du sol (et que la moyenne temporelle du stock de carbone présente une variation/écart-type relativement faible), on estime une moyenne pour cette occupation du sol.

53. Une fois que les moyennes temporelles des stocks de carbone par occupation du sol ont été déterminées, elles peuvent être extrapolées au niveau de la région, en les multipliant par la surface concernée dans le paysage étudié, établie à partir des résultats d'une analyse SIG pour l'année y . L'opération peut ensuite être répétée avec la carte de l'année $y+10$, suite à quoi, les différences entre les stocks de carbone peuvent être calculées.

Occupation du sol	SUT	Densité végétale par hectare	Stock C total (Mg ha ⁻¹)	Âge max. (années)	Moyenne temporelle stock C (Mg ha ⁻¹)	
1. Forêt	Forêt dégradée	2248	161	50	161	161
2. Agroforesterie	AF multistrate	3970	123	30	111	111
	AF simple	4018	99	30		
3. Plantation	Pin	795	183	30	144	139
	Agathis		190	40	146	
	Acajou	963	198	50	212	
	Clou de girofle		142	34	70	
	Bambou	3180	159	15	121	
4. Pâturage	Napier, 4 mois	–	100	0,25	11	11
	Napier, 1 mois	–	78			
5. Cultures annuelles	Légumes	–	79	0,25	1,5	1,5

Pennisetum purpureum (Rumput Gajah=napier ou herbe à éléphant)

Figure 5.6. Extrapolation du carbone, de l'utilisation des terres à l'occupation du sol au niveau du paysage

De la région infranationale au niveau national

54. L'extension des estimations de carbone du paysage aux niveaux infranational et national nécessite un effort combiné de différents organismes publics, ONG et autres institutions. Au niveau national, les données disponibles correspondent normalement au niveau de l'occupation du sol. La disponibilité d'ensembles de données nationales spatiales spécifiques varie d'un pays à l'autre, et l'information est souvent éparpillée entre différents ministères (Agriculture, Pêche, Environnement, Mines et Énergie) ou organismes publics spécialisés.

55. Au sein des pays, différentes zones présentant des conditions similaires ont souvent été déjà identifiées du point de vue du climat, de l'altitude ou de la végétation. Ces classes doivent être utilisées comme base pour le processus de stratification au sein du mécanisme d'échantillonnage (Encadré 5.4) et pour la constitution d'une carte des utilisations des terres. Cette information peut vraisemblablement être suffisante pour différencier spatialement les zones ayant des teneurs en carbone similaires, en particulier au sein des forêts. Dans cette approche, certaines faiblesses peuvent toutefois résulter :

- d'erreurs de classification des pixels dans les catégories d'occupation du sol,
- de l'incertitude sur les valeurs moyennes des stocks de carbone par catégorie,
- de fluctuations dans le carbone au fil du temps.

56. L'imprécision et l'incertitude des données d'inventaire forestier peuvent conduire à une différence de plusieurs milliards de tonnes dans le volume mondial du carbone contenu dans les arbres. Parmi les sources d'erreurs, on trouve la superficie des forêts, le volume de bois par unité de surface, la biomasse par volume de bois, et la concentration en carbone. Étant donné que les coefficients sont multipliés les uns par les autres pour estimer le stock de carbone, une mesure plus précise de la variable la plus certaine n'améliore que peu la précision. En revanche, une erreur de 10 % sur la quantité de biomasse par hectare, par exemple, peut entraîner un écart équivalent à une erreur de plusieurs millions d'hectares dans la mesure de la superficie forestière. Un échantillonnage non biaisé des forêts régionales est par conséquent très important pour un suivi précis des forêts mondiales (Waggoner, 2009).

57. En ce qui concerne l'analyse des coûts d'opportunité, les catégories d'utilisation des terres sont essentielles pour identifier et quantifier les différentes utilisations des terres aux niveaux national et paysage. À chaque utilisation des terres doit correspondre une teneur en carbone. En calculant la différence entre les teneurs en carbone des différentes utilisations des terres durant l'année y et les années $y+5$, $y+10$ ou des intervalles donnés, il

doit être possible d'estimer la variation des stocks de carbone. Toutefois, que ce soit sur base des données de Niveau 2 ou de Niveau 3, des faiblesses résultent :

- d'erreurs dans la classification spatiale par types d'utilisation des terres, combinant des « phases d'occupation du sol » avec des caractéristiques de terrain et des modes de gestion,
- de l'incertitude sur l'évolution des moyennes temporelles des stocks de carbone au sein des catégories d'utilisation des terres.

Constitution d'un système national de suivi

58. La CCNUCC (2009) a identifié les éléments clés et les capacités nécessaires pour la constitution de systèmes nationaux de suivi du carbone pour la REDD+, ainsi que les composantes et les capacités requises pour la mise en place d'un système national de suivi pour l'estimation des quantités émises et absorbées par les forêts. Ces éléments clés impliquent :

- de faire partie d'une stratégie ou d'un plan national de mise en œuvre de la REDD+,
- des mesures systématiques et répétitives de toutes les variations significatives du stock de carbone lié aux forêts,
- l'estimation et la notification des quantités de carbone émises et absorbées au niveau national, utilisant ou s'inspirant des méthodes décrites dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'UTCATF, pour satisfaire le besoin de transparence, cohérence, comparabilité, exhaustivité et précision qui caractérise de tels systèmes.

59. Les composants clés et les capacités nécessaires pour constituer un système national de suivi pour l'estimation des quantités émises et absorbées par les forêts sont exposés en détail dans CCNUCC, 2009, pages 8-10, et comprennent :

- la planification et la conception,
- la collecte des données et le suivi,
- l'analyse des données,
- les niveaux d'émissions de référence, et
- la notification (production des rapports).

60. L'**Annexe B** fournit un tableau récapitulatif des capacités requises pour un système national de suivi des émissions.

61. À une échelle plus fine, la collecte des données (Niveau 3) par des « professionnels de la forêt » et des membres des communautés pose également certains problèmes. Des mesures de contrôle de qualité identifiant les résultats aberrants et imprévus doivent être mises en place pour tous ceux qui collectent des données primaires. Des résultats inattendus peuvent constituer une occasion d'apprendre, à condition d'être confirmés par

des recoupements. Par contre, des résultats « participatifs » imprécis ou erronés peuvent fausser les résultats globaux s'ils sont conservés dans l'ensemble de données.

Une base de données du carbone forestier

62. Les données sur le carbone commencent à devenir plus disponibles. Une base de données et un système d'échange pour le carbone forestier sont en cours d'élaboration dans le domaine public (CIFOR, 2010 ; Kurnianto et Murdiyarso, 2010). La base de données fournit un appui au suivi, à la notification et à la vérification (SNV) des activités REDD+ aux niveaux national et infranational. En libre accès, elle est conçue pour permettre la participation des chercheurs et intervenants qui effectuent des inventaires forestiers réguliers, gèrent les placettes-échantillons et mènent des recherches sur les stocks de carbone forestier et des sujets connexes.

63. Le système permet la comptabilisation de cinq réservoirs de carbone. Des informations complémentaires peuvent également être ajoutées (ex. : détails sur le site, occupation du sol, climat et sol) afin de partager le contexte des données relatives aux stocks de carbone. Si la totalité des données est introduite, le stock de carbone sera automatiquement calculé, par facteur rendant compte des conditions des écosystèmes (ex. : pluviométrie, température). Le système :

- permet de réduire la répétition inutile de la collecte de données, en rendant disponibles les données déjà collectées, ce qui diminue les coûts ;
- facilite l'accès à des données qui ne peuvent être facilement reproduites, comme les enquêtes de grande envergure, trop coûteuses pour être refaites ;
- permet de comparer les stocks de carbone entre des types d'utilisation des terres, en se basant sur les données fournies par les autres contributeurs.

Estimations des coûts de la mesure du carbone et du renforcement des capacités

64. La constitution d'un inventaire des stocks de carbone nationaux ou infranationaux est un exercice coûteux en temps et en argent. Même si de nombreux pays sont habitués à mener des inventaires forestiers, la comptabilisation du carbone va plus loin. La comptabilisation du carbone en dehors des forêts ou dans des systèmes d'utilisation mixte des terres accentue également la complexité de cette tâche. C'est pourquoi l'un des principaux coûts initiaux de la mesure du carbone auquel sont confrontés certains pays est le renforcement de la capacité professionnelle.

65. Compte tenu de la teneur en carbone élevée et variable des forêts, et de la possibilité d'inexactitudes dans les mesures, beaucoup d'efforts sont réalisés pour améliorer le rapport coût-efficacité des inventaires et enquêtes sur le terrain. La stratification des forêts

par niveau de stock de carbone (ex.: affectées par la collecte de bois), et pas nécessairement par type de forêt, permet de réduire l'incertitude et les coûts (Brown, 2008).

66. À court terme, un renforcement des capacités est souhaitable au niveau national/infranational. À moyen et long terme, certaines approches rentables peuvent être appliquées, telles que: la conclusion d'alliances institutionnelles, l'implication des communautés, l'introduction de sujets et de pratiques de terrain spécifiquement liés à la mesure du carbone dans les programmes de l'enseignement [supérieur], et surtout, l'utilisation des compétences nationales disponibles. Dans certains cas, les forestiers, biologistes, écologistes, etc. peuvent transmettre certaines compétences de base relatives à la mesure du carbone aux communautés vivant dans et aux abords des forêts. Une telle approche encourage la participation des communautés locales et réduit les coûts à long terme.

67. Le Tableau 5.5 résume les coûts relatifs de l'utilisation de données de résolutions différentes, les capacités à mettre en œuvre et les capacités requises. L'implication d'organisations internationales entraîne des coûts plus élevés, mais les compétences peuvent être transférées aux niveaux national et local à travers des partenariats et des alliances, afin de réaliser des économies. Les coûts de démarrage sont généralement plus élevés que ceux du maintien et de l'actualisation des capacités.

68. Les coûts varieront suivant les pays et l'étendue des lacunes dans les données. Les tableaux ci-dessous présentent les coûts d'équipement et de personnel estimés pour l'échantillonnage de la biomasse aérienne en Colombie (Tableau 5.6) et un inventaire forestier national en Inde (Tableau 5.7). Le coût moyen de l'évaluation du couvert forestier et de ses variations par unité de surface en Inde est de 0,60 dollar EU/km². Le coût unitaire est calculé à partir de la couverture forestière totale du pays, estimée à 677 088 km².

Tableau 5.6. Coûts relatifs de la constitution d'un inventaire national de comptabilisation du carbone

Sujet	Échelle		
	Niveau 1 : Estimations mondiales	Niveau 2 : Données nationales disponibles	Niveau 3 : Données placettes/bassins versants
Résolution des données	Disponibles gratuitement en ligne, mais nécessitent des connaissances spécialisées pour interpréter les données	Pas librement disponibles ni diffusées dans la plupart des cas. Les coûts sont principalement liés aux formalités administratives nécessaires pour obtenir les données	Normalement disponibles à petite échelle uniquement, ou très spécifiques et pas librement disponibles, ou nécessité de collecter ses propres données. Les sources sont des institutions ou des administrations locales ou régionales
Coûts relatifs	\$	\$\$	\$\$\$
Capacités utilisées	Expertise internationale	Expertise nationale	Expertise locale
	Personnel d'organisations internationales (Banque mondiale, Nations Unies, ONG, etc.), ayant un accès direct aux gouvernements et normalement impliquées dans le démarrage du processus	Personnel d'organismes publics nationaux et d'ONG locales, d'établissements d'enseignement, généralement basés dans les villes et fixant des normes/politiques nationales	Spécialistes locaux (ex. : universités et communautés basées dans les forêts tropicales). Certains ont forgé des alliances avec des spécialistes internationaux ou nationaux
Coûts relatifs	\$\$\$\$	\$\$	\$-\$\$
Capacités de SNV requises	Démarrage	Maintenance	Actualisation
	Mise en place initiale, varie en fonction des capacités existantes du pays	Maintien à jour et mise en œuvre de systèmes d'assurance et de contrôle qualité	Formation spécialisée, participation à des conférences internationales ou accès aux normes internationales
Coûts relatifs	\$\$\$	\$\$	\$\$-\$\$\$

Source : Auteurs.

Tableau 5.7. Équipement et personnel nécessaires pour l'échantillonnage de la biomasse aérienne en Colombie

Activité	Équipement	Personnel	Temps (*par placette, **par arbre)
Échantillonnage de la végétation non ligneuse	1 GPS Corde en nylon de 5 m 3 machettes 1 balance de 25 kg ou plus 1 balance de 1 à 5 kg avec une précision de 0,1 g Sacs en plastique, marqueurs, crayons, formulaires	3 personnes	40 à 60 minutes*
Inventaire forestier	1 GPS 1 ruban de 50 mètres 1 hypsomètre 3 machettes 1 poteau en bois de 2 m de long (peut être trouvé sur place) 1 corde en nylon de 30 m Marqueurs, crayons, formulaires	3 personnes	120 à 150 minutes*
Arbres et palmiers	1 tronçonneuse 1 ruban métallique 4 machettes 1 balance de 50 kg ou plus 1 balance de 1 à 5 kg avec une précision de 0,1 g Sacs en plastique, marqueurs, crayons, formulaires	4 personnes	1 à 5 heures**

* Le nombre de placettes échantillonnées en un jour dépendra de la durée des déplacements entre les points de prise d'échantillon.

** Le temps varie en fonction de la taille (et de la dureté) de l'arbre.

Source : Carbone et Bosques, 2005, cité dans Rognitz et coll. 2009.

Tableau 5.8. Coût de la mesure du couvert forestier et de ses modifications à l'aide de l'imagerie par satellite en Inde

Composantes	Coût par 100 km ² (dollars EU)	%
Ressources humaines (coût d'interprétation des données par des techniciens, de supervision et vérification par des professionnels et de vérification au sol)	38,5	64
Coût des données satellites (IRS.P6- LISS III de 23,5 x 23,5 m)*	6,5	11
Équipement (coût d'un matériel/logiciel d'une durée de vie supposée de 5 ans, plus la maintenance quotidienne, l'unité de climatisation, le réseau, etc.)	15,0	25
<i>Total</i>	<i>60,0</i>	<i>100</i>

*Le taux de change utilisé est de 1 dollar EU pour 50 roupies indiennes. Au total, 393 scènes d'imagerie satellite utilisant IRS P-6 LISS III permettent de couvrir tout le pays. La surface couverte par chaque scène est d'environ 20 000 km².

Source : CCNUCC, 2009.

Priorités de mesure découlant de l'état des forêts

69. Le coût de mesure et de suivi de la dégradation dépend des conditions nationales, qui comprennent des facteurs tels que :

- la superficie du couvert forestier ;
- la stratification forestière (ex. : la République démocratique du Congo a un type de forêt principal, tandis que l'Indonésie et le Mexique en possèdent quatre ou plus) ;
- le Niveau GIEC de comptabilisation du carbone.

Références et lectures complémentaires

Achard, F, Eva HD, Stibig H-J and Mayaux P, Gallego J, Richards T and Malingreau J-P, 2002. Determination of deforestation rates of the world's human tropical forests. *Science* 297: 999-1002.

Agus, F., I.G.M. Subiksa, 2008. *Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan (Tourbières : Potentiel de l'agriculture et aspects environnementaux)*. Institut indonésien de recherche sur le sol et Centre international pour la recherche en agroforesterie, Bogor. 36p.

Agus F, Runtunuwu E, June T, Susanti E, Komara H, Las I, van Noordwijk M. 2009. Carbon budget in land use transitions to plantation. *Indonesian Journal of Agricultural Research and Development* (In Press).

Angelsen, A. 2007. *Forest cover change in space and time: combining von Thünen and the forest transition*. Document de travail de la Banque mondiale pour la recherche sur les politiques. WPS 4117. Banque mondiale, Washington D.C.

Brearily, F. Q., Prajadinata, S., Kidd, P. S., Proctor, J. dan Suriantata. 2004. Structure and Floristics of an old secondary rainforests in Central Kalimantan, Indonesia and a comparison with adjacent primary forest. *Forest Ecology and Management*, 195: 385-397.

Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. FAO Forestry Paper 134. FAO: Rome.

<http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm#Contents>

Brown, S. 2008. *Assessment of the Advantages and Limitations of Ground-Based Surveys and Inventories*. Atelier de la CCNUCC sur les questions méthodologiques relatives à la REDD dans les pays en développement 25-27 juin. Tokyo, Japon.

http://unfccc.int/files/methods_and_science/lulucf/application/pdf/080625_tokyo_brown.pdf

Cairns M A, Brown S, Helmer E H and Bumgardner G A,1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111: 1-11.

CCNUCC, 2009. *Cost of implementing methodologies and monitoring systems relating to estimates of emissions from deforestation and forest degradation, the assessment of carbon stocks and greenhouse gas emissions from changes in forest cover, and the enhancement of forest carbon stocks*. Document technique (FCCC/TP/2009/1). En ligne.

Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra, T. Yamakura. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. 145(1):87-99.

CIFOR, 2010. CarboFor: CIFOR's Carbon Forestry website.

<http://www.cifor.cgiar.org/carbofor/>

Couwenberg J., Dommain R. & H. Joosten (2009). Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in Southeast Asia. *Global Change Biology*, 16: 1715-1732.

Dewi, S. , Ekadinata, A., 2008. *Ground-truthing protocol*. Landscape Mosaics. Plate-forme pour la biodiversité CIFOR-CIRAF.

Emmer, I. 2007. Manual de contabilidad de carbono y diseño de proyectos. Proyecto Encofor. Quito, Ecuador. 22p www.joanneum.at/encofor

Environmental Protection Agency (EPA), 2010. *Carbon sequestration in agriculture and forestry*. Disponible en ligne sur : <http://www.epa.gov/sequestration/science.html> (dernière mise à jour : 26 juin 2010)

Germer, J., and J. Sauerborn. 2008. Estimation of the impact of oilpalm plantation establishment on greenhouse gas balance. *Environmental Development and Sustainability* 10:697-716.

Gibbs, H.K., Brown, S., Niles J.O. and Foley J.A., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD+ a reality. *Environ. Res. Lett.* 2 045023 (13pp).

GIEC. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996 (Manuel simplifié, Volume 2)*. <http://www.ipcc.ch>

GIEC. 2000. *Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie. Rapport spécial du GIEC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 377pp.

GIEC. 2003a. *Definitions and methodological options to inventory emissions from direct human-induced degradation of forests and devegetation of other vegetation types*. In : Penman, J., Gytarsky, M., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F. (eds.) IPCC-IGES, Kanagawa. Japon.

GIEC 2003b. *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie*. In : Penman, J., Gytarsky, M., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner F. (eds.) GIEC-IGES, Kanagawa. Japon.

GIEC. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Préparé par le Programme d'inventaires nationaux des gaz à effet de serre du GIEC, Eggleston H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds.). Publié par l'IGES Japon.

GOFC-GOLD. 2009. *Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: A sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting, GOFC-GOLD Report version COP14-2*, (GOFC-GOLD Project Office, Natural Resources Canada, Alberta, Canada).

Grassi, G. S. Monni, S. Federici, F. Achard, D. Mollicone. 2008. *Applying the conservativeness principle to REDD to deal with the uncertainties of the estimates*. Environ. Res. Lett. 3 (2008) 035005 (12pp) doi:10.1088/1748-9326/3/3/035005

Hairiah, K., S. Rahayu. 2007. *Petunjuk praktis Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. Centre international pour la recherche en agroforesterie, CIRAF Asie du Sud-Est. ISBN 979-3198-35-4. 77p

Hairiah K, Dewi S, Agus F, van Noordwijk M, Rahayu S, Velarde SJ. 2010. *Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual*. Bogor, Indonésie. Centre international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF), Office régional SEA, Brawijaya University et ICALRRD (Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development) sur www.worldagroforestrycentre.or/sea.

Houghton R A, Lawrence KT, Hackler JL and Brown S, 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Glob.Change Biol.* 7:731-746.

Jaenicke, J., J.O. Rieley, C. Mott, P. Kimman, F. Siegert (2008). Determination of the amount of carbon stored in Indonesian peatlands. *Geoderma* 147: 151–158

Jauhiainen, J, Vasander H, Jaya A, Takashi I, Heikkinen J, Martikinen P. 2004. Carbon balance in managed tropical peat in Central Kalimantan, Indonesia. In: *Wise Use of Peatlands*, Travaux du 12^e Congrès international sur les tourbières, 6 au 11 juin, Tampere, volume 1, Päivänen, J. (ed.), International Peat Society, Jyväskylä, pp. 653-659.

Joosten, H. 2007. Peatland and carbon. pp. 99-117 In. Parish, F., Siri, A., Chapman, D., Joosten H., Minayeva, T., and Silvius M (eds.) *Assessment on Peatland, Biodiversity and*

Climate Change. Global Environmental Centre, Kuala Lumpur and Wetland International, Wageningen.

June, T., Wahyudi A, Runtunuwu E, Syahbuddin H, Sugiarto Y, Hastuti S, Wihendar TN, Nugroho WT. 2008. *Potensi Serapan Karbon Jarak Pagar (Jatropha curcas, L) untuk Pengembangan Clean Development Mechanisme (CDM) Tanaman Perkebunan*. Laporan Tengah Tahun KKP3T. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 16 p.

Kamau, D. M., J. H. J. Spiertz and O. Oenema. 2008. Carbon and nutrient stocks of tea plantations differing in age, genotype and plant population density. *Plant Soil* 307:29–39

Kurnianto, S. and Murdiyarso, D. 2010 *Forest carbon database: a Web-based carbon stock data repository and exchange system*. CIFOR, Bogor, Indonésie. 16p.

Lasco, R. D. 2002. Forests carbon budgets in Southeast Asia following harvesting and land cover change. *Science in China* (series C), Vol. 45 : 55-64.

Locatelli, B. 2007. Carbon pools slide. MSc course SA 507, CATIE.

Maltby E, Immirzi, P. 1993. Carbon dynamics in peatlands and other wetland soils. Regional and global perspectives. *Chemosphere* 27(6), 999–1023.

Melling L, Hatano R, Goh KJ. 2005. Soil CO₂ flux from three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia, *Tellus* (2005), 57B, 1–11.

Mokany K, Raison J R, and Prokushkin AS, 2006. Critical analysis of root-shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology* 12: 84-96.

Murdiyarso, D., M. Skutsch, M. Guariguata, M. Kanninen, C. Luttrell, P. Verweij, O. Stella. 2008. Measuring and monitoring forest degradation for REDD: Implications of country circumstances. CIFOR Infobrief. No.16, November.

http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/Infobrief/016-infobrief.pdf

Niklas, K.J., 1994. *Plant Allometry, the Scaling of Form and Process*. University of Chicago Press, Chicago, 365 pp.

Palm, C., T. Tomich, M. van Noordwijk, S. Vosti, J. Gockowski, J. Alegre and L. Verchot. 2004. Mitigating GHG emissions in the humid tropics: Case studies from the Alternatives to Slash-and-Burn Program (ASB). *Environment, Development and Sustainability* 6: 145–162.

Palm, C.A., M. van Noordwijk, P.L. Woome, J. Alegre, L. Arevalo, C. Castilla, D.G. Cordeiro, B. Feigl, K. Hairiah, J. Koto Same, A. Mendes, A. Moukam, D. Murdyarso, R. Nyomgang, W.J. Parton, A. Ricse, V. Rodrigues, S.M. Sitompul, 2005. Carbon losses and sequestration with land use change in the humid tropics. In: C.A. Palm, S. Vosti, P.A. Sanchez and P.J. Ericson (eds.) *Slash- and -Burn Agriculture, the search for alternatives*. p. 41-62.

Pearson, T., S. Walker, S. Brown, 2005. *Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects*. Winrock International.

Prasetyo, L. B., G. Saito, H. Tsuruta. 2000. *Development of database for ecosystem changes and emissions changes of GHG using remote sensing and GIS in Sumatera Island, Indonesia* <http://www.gisdevelopment.net/acrs/2000/ts11/glc002pf.htm>

- Ramankutty N, Gibbs H K, Achard F, DeFries R, Foley J A, Houghton RA, 2007. *Glob.Change Biol.* 13:51-66
- Rogi, J. E. X., 2002. *Penyusunan model simulasi dinamika nitrogen pertanaman kelapa sawit (Elaeis guineensis, Jacq.) di unit Usaha Bekri Propinsi Lampung.* Dissertation. Université agricole de Bogor).
- Rügnitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. 2009. *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales.* 1. ed. Lima, Perú: Centro Mundial Agroforestal (CIRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.
- Tomich, T.P., M. Van Noordwijk, S Budidarsono, A. Gillison, T. Kusumanto, D. Mudiyarso, F. Stolle and A.M. Fagi, 1998. *Alternatives to Slash-and-Burn in Indonesia. Summary Report & Synthesis of Phase II.* ASB-Indonésie et CIRAF-S.E. Asia.
- van Noordwijk M., G. Lawson, A. Soumaré, J.J.R. Groot, K. Hairiah. 1996. Root distribution of trees and crops: Competition and/or complementary. In: Chin Ong and Peter Huxley (eds.) *Tree-Crop interactions - a physiological approach.* CABI-CIRAF. p 319-364.
- Verchot, L. V., M. van Noordwijk, S. Kandji, T.P. Tomich, C. Ong, A. Albrecht, J. Mackensen, C. Bantilan, K. V. Anupama, C. Palm, 2007. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitig Adapt Strat Glob Change.*
- Waggoner, P. 2009. Forest Inventories: Discrepancies and Uncertainties. Discussion Paper RFF DP 09-29. Resources for the Future. Washington, D.C.
- Winrock International, 2008. *Winrock Terrestrial Sampling Calculator.* Feuille de calcul en ligne. Disponible à l'adresse : <http://www.winrock.org/ecosystems/tools.asp>
- Wösten JHM, Ismail AB, van Wijk ALM. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma* 78:25-36.

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 6. Profits et bénéfices nets des utilisations des terres

Objectifs

Expliquer comment :

1. Développer un cadre analytique pour estimer les profits (bénéfices nets) des utilisations des terres (forêts, agriculture, élevage) ;
2. Estimer les budgets financiers des utilisations des terres ;
3. Identifier les sources d'information sur les coûts et les revenus nécessaires pour calculer les profits ;
4. Effectuer une analyse pluriannuelle des profits des trajectoires d'utilisation des terres ;
5. Identifier et examiner de manière critique les hypothèses relatives aux méthodologies et aux données.

Sommaire

Pourquoi un tel détail ?	6-3
Questions initiales – clarification des hypothèses	6-3
Budgets des entreprises	6-15
Budgets des utilisations des terres	6-21
Rentabilité des trajectoires d'utilisation des terres	6-30
Questions finales – autres méthodes et hypothèses	6-36
Références et bibliographie	6-37



1. De nombreux termes et expressions sont couramment utilisés par les analystes économiques (Encadré 6.1). Pour connaître leur définition, reportez-vous au Glossaire de l'Annexe A.

Termes utilisés par les économistes

Taux d'actualisation

Rente économique

Capital

Valeur actualisée nette

Rendement net

Point de vue de comptabilisation

Profit

Budget d'entreprise

2. Pour éviter la déforestation, il faut souvent renoncer aux profits et aux possibilités d'emploi que les nouvelles utilisations des terres auraient pu apporter. Le reboisement des terres peut également réduire les profits et l'emploi. Pour évaluer le coût de la participation aux fonds et aux marchés du carbone, nous devons nous poser des questions telles que :

- *Quels profits et emplois les forêts génèrent-elles ?*
- *Lorsque les forêts sont abattues, que produisent les autres utilisations des terres en termes de profit et d'emploi ?*
- *Lorsque les forêts sont rétablies, quels profits et emplois génèrent-elles ?*
- *Quels profits et emplois sont-ils associés aux terres non boisées avant leur (re)boisement ?*

3. Ce chapitre explique comment estimer deux composantes économiques importantes des coûts d'opportunité : les profits et l'emploi. Pour estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+, il faut connaître les gains tant en matière de profit que d'emploi tirés des forêts et des autres types d'utilisation des terres. Les procédures présentées ci-après sont fondées sur une approche ascendante de la collecte des données, accompagnées d'une analyse des coûts et des revenus d'un large éventail d'activités d'utilisation des terres.⁴⁸

Encadré 6.1. Le profit n'est pas seulement une question d'argent

Nous utilisons le terme *profits* en tant que raccourci pratique. Nous pourrions également utiliser d'autres termes, tels que *bénéfices nets*, *revenus nets* ou *rendement net*. Le terme *Profit* permet de décrire de manière concise et pratique le concept de bénéfices diminués des coûts.

Il est également important de noter qu'en particulier dans les régions rurales, la valeur de la production n'est pas toujours basée sur l'argent. De nombreux produits et services ont une valeur bien qu'ils ne soient ni achetés ni vendus (ex. : la main-d'œuvre familiale, la consommation des cultures par les ménages, etc.) La détermination ou évaluation de la valeur de ces biens et services non marchands constitue l'un des défis auxquels est

⁴⁸ D'autres approches moins précises des coûts d'opportunité liés à la REDD+ sont décrites dans l'introduction du Chapitre 1.

confrontée l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+. (Les autres services écosystémiques non marchands hors site, tels que les fonctions des bassins versants et les coavantages de la biodiversité, sont abordés au Chapitre 8.) Dans ce manuel, le terme *profit* est donc utilisé pour illustrer le concept général de bénéfice net que les utilisateurs tirent d'une utilisation des terres donnée.

Pourquoi un tel détail ?

4. L'approche ascendante permet d'enregistrer avec rigueur et transparence les données recueillies et leur analyse, mais aussi d'examiner les hypothèses méthodologiques, deux étapes indispensables pour estimer avec exactitude les coûts d'opportunité liés à la REDD+. Associée à l'information sur les stocks de carbone, l'analyse du profit des utilisations des terres permet aux responsables d'estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+.

5. Ce chapitre vous aidera à développer vos capacités à :

- 1) estimer et comparer systématiquement les profits générés par différentes utilisations des terres ;
- 2) identifier les données nécessaires pour les analyses ; et
- 3) estimer les profits en fonction d'une hiérarchie à trois niveaux des activités au sein des utilisations des terres :
 - a) *budget d'entreprise (ou d'activité)* : la composante de base des informations par activité ;
 - b) *budgets du système d'utilisation des terres* : prennent en compte les diverses activités existant au sein des utilisations des terres ;
 - c) *budgets des trajectoires d'utilisation des terres* : représentent la manière dont une parcelle de terre peut être soumise à un certain nombre de changements d'affectations des terres.

Questions initiales – clarification des hypothèses

6. Plusieurs types de données et de procédures sont nécessaires pour estimer la rentabilité des utilisations des terres. Voici quelques détails qu'il convient de mentionner maintenant.

Quelle perspective ? (Le point de vue de comptabilisation)

7. Les programmes REDD+ impliquent différents types de propriétaires terriens. Ces propriétaires peuvent être un pays ou faire partie d'un groupe particulier (ex. : agriculteur, éleveur, entreprise forestière, communauté). La manière dont les coûts et les revenus sont calculés – le « point de vue de comptabilisation » – correspond à la perspective de ces groupes particuliers⁴⁹ ou du pays.⁵⁰ Si le point de vue de comptabilisation n'affecte

⁴⁹ Souvent appelée rentabilité *privée* ou *financière*.

aucunement les données relatives à la productivité (ex. : rendement ou volume des récoltes), la différence de perspective détermine les données collectées, les prix et les taux d'actualisation utilisés dans les comptes budgétaires et, donc, l'analyse des profits. Une erreur courante, et potentiellement facile à commettre, consiste à utiliser une combinaison inappropriée de données et de méthodes, qui peut entraîner des estimations erronées (Pagiola et Bosquet, 2009).

8. Pour le point de vue de comptabilisation d'un pays, les coûts et avantages doivent être évalués à l'aide de la valeur sociale des ressources (c.-à-d. leur valeur dans leur meilleure option d'utilisation suivante) plutôt qu'à l'aide de leurs prix observés sur le marché. La valeur sociale d'une ressource peut différer de la valeur observée sur les marchés en raison soit de distorsions dues aux politiques (ex. : taxes, subventions, restrictions sur les importations, etc.), soit d'imperfections du marché⁵¹ (ex. : dues à l'absence de droits de propriété). En revanche, les coûts pour les groupes particuliers sont évalués au prix réel, toutes taxes comprises (Pagiola et Bosquet, 2009).

9. Les taux d'actualisation, ainsi que la manière dont le point de vue de comptabilisation les affecte, sont abordés ci-dessous.

Quel prix réel utiliser ?

10. Les prix réels peuvent varier, parfois de manière substantielle, en fonction de l'endroit : exploitation agricole, marché local, marché national et marché international. En raison des coûts de transport et des intermédiaires (ex. : marchands et autre tiers), les prix à la ferme peuvent représenter 20 à 95 % du prix sur le marché national ou international. Les analystes utilisent souvent les trois types de prix suivants, qui représentent les différentes étapes que traverse un produit le long de sa chaîne de valeur :

- *Prix à la ferme* : prix perçus par l'exploitant agricole pour son produit ou qu'il paie pour les intrants, dans le cadre de son exploitation. Ces prix sont déterminés par des enquêtes de terrain auprès des exploitants agricoles ou tirés des données des recensements agricoles.
- *Prix de gros ou prix du marché infranational* : prix auxquels les produits agricoles sont échangés sur les divers marchés intérieurs. Ces prix tiennent compte des coûts de transport entre l'exploitation et le marché et peuvent être obtenus à l'aide d'enquêtes sur les lieux de marché.
- *Prix à la frontière* : prix auxquels les produits agricoles sont exportés hors du pays. Ces prix sont généralement disponibles dans les statistiques officielles.

⁵⁰ Souvent appelée rentabilité *sociale* ou *économique*.

⁵¹ Situation dans laquelle le marché n'alloue pas efficacement les ressources. Les imperfections du marché peuvent apparaître pour l'une des trois raisons suivantes : 1) monopole – lorsqu'une partie a le pouvoir d'empêcher des transactions efficaces d'avoir lieu ; 2) une transaction s'accompagne d'externalités (effets secondaires) qui réduisent l'efficacité ailleurs sur le marché ou dans l'économie ; et 3) la nature de certains biens et services (ex. : biens publics tels que les routes).

11. Il est recommandé d'utiliser les prix à la ferme pour représenter les coûts réels d'une utilisation des terres donnée. Des ajustements sont nécessaires lorsque les prix à la ferme sont susceptibles d'être différents des prix à l'endroit de la collecte des données (ex. : marchés locaux). Les agronomes et les conseillers agricoles locaux connaissent souvent les prix à la ferme. Si tel n'est pas le cas, il est possible d'estimer un facteur d'ajustement, qui est souvent lié à la distance jusqu'au marché et à la qualité du transport routier ou fluvial.

Comment traiter les distorsions de prix dues aux politiques ?

12. Les prix peuvent également différer en raison de l'intervention des pouvoirs publics sur les marchés. La subvention des intrants (ex. : les produits chimiques agricoles, les carburants, les engrais) peut accroître la rentabilité, tandis que les taxes sur les intrants peuvent réduire les profits. De même, les taxes à l'exportation affectent généralement les prix à la ferme et réduisent ainsi la rentabilité de l'utilisation des terres agricoles et forestières. La subvention de la production ou les taxes et les quotas d'importation font augmenter les prix et la rentabilité.⁵²

13. Malgré toutes ces distorsions des prix potentielles, les États interviennent moins sur les marchés qu'auparavant. Afin de renforcer la compétitivité mondiale et le commerce équitable, des accords internationaux sur les tarifs douaniers et les échanges commerciaux limitent généralement le recours à ces mécanismes. De plus, les dépassements budgétaires et les dettes étant contrôlés par des organismes de prêts (ex. : banques, Fonds monétaire international, etc.), les États ont souvent moins de capacité financière pour subventionner des secteurs de leur économie.

14. Si de telles distorsions des prix sont apparentes et importantes, il est recommandé d'estimer séparément 1) les coûts pour les utilisateurs des terres et les coûts budgétaires pour l'État (en utilisant des prix non ajustés) et 2) les coûts pour le pays (en utilisant des prix corrigeant les distorsions). Une matrice d'analyse des politiques (MAP) peut être utilisée pour comparer les résultats de différentes approches comptables (ou hypothèses méthodologiques) de l'analyse économique. Par exemple, les différences dans les politiques relatives aux ressources agricoles et naturelles et les imperfections des facteurs du marché peuvent être mises en parallèle avec les budgets calculés aux prix privés et sociaux (Monke et Pearson 1989 est la référence de base).

Pourquoi utiliser un taux d'actualisation ?

15. Le taux d'actualisation permet aux économistes de prendre le temps en compte dans leurs estimations de la valeur des biens et services. Dans les analyses de profit portant sur plusieurs années, la valeur des profits à venir doit être correctement actualisée. En termes simples, un dollar vaut plus aujourd'hui que demain.

⁵² Dans certains pays, la production de bétail et d'huile de palme sont des exemples d'utilisation des terres bénéficiant de subventions.

16. Pour évaluer les coûts pour le pays, le taux d'actualisation doit être le taux d'actualisation social normalement utilisé par l'État. Par contre, pour évaluer les coûts et avantages pour les groupes individuels, le taux d'actualisation doit refléter leur taux de préférence temporelle. Lorsque les coûts pour tous les groupes individuels (y compris l'État) sont additionnés et recalculés sur la base de la valeur sociale des ressources plutôt que des prix observés, ils doivent être égaux aux coûts pour le pays. En d'autres termes, les coûts pour l'État et les groupes individuels déterminent les coûts totaux pour le pays.

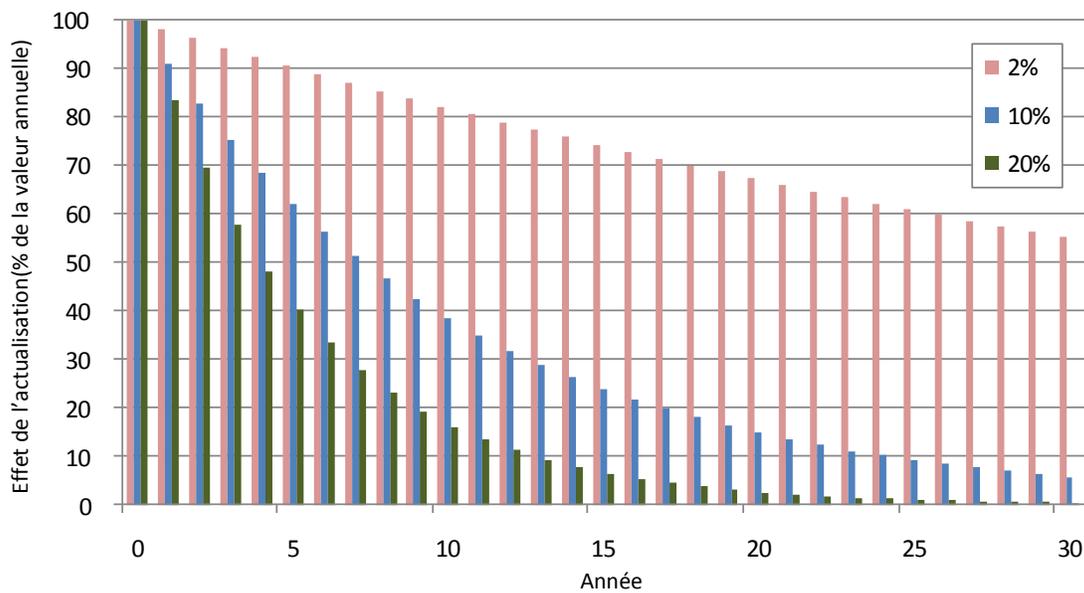
17. Selon une perspective nationale, le taux d'actualisation peut être assimilé au coût des emprunts. Le taux d'intérêt sur les emprunts (souvent situé entre 5 % et 10 % par an) constitue une bonne variable de remplacement. Selon une perspective individuelle, les coûts des emprunts sont la plupart du temps nettement plus élevés. Dans les pays, les taux d'intérêt se situent souvent entre 10 % et 30 % par an, voire plus, lorsqu'il est possible d'emprunter. Pour l'analyse des coûts d'opportunité, le taux d'intérêt réel doit être utilisé. La manière de traiter l'inflation est abordée ci-après.

Encadré 6.2. Comprendre l'impact potentiellement important du taux d'actualisation

Dans de nombreux pays en développement, les taux d'intérêt sont élevés, reflétant probablement l'instabilité de la situation économique ou le risque de défaut de remboursement des prêts. L'utilisation de taux d'actualisation élevés est néanmoins fortement critiquée. Dans une analyse en VAN, le taux d'actualisation choisi peut avoir un impact important, résultant de l'effet cumulatif de l'actualisation qui intègre l'ensemble des années considérées. Par exemple, si le taux d'actualisation est de 10 %, la VAN des profits à la fin de la première année ($t=1$) sera inférieure de 9,09 %. À la fin de la deuxième année, les profits seront inférieurs de 17,04 %. En d'autres termes, pour prendre en compte l'évolution temporelle de l'argent, la valeur des profits devrait augmenter de ces montants actualisés pour rester la même dans le futur.

Lorsqu'un taux d'actualisation est appliqué sur une longue durée (15 ans ou plus), la VAN des profits pour les dernières années peut être dramatiquement réduite. Les effets de taux d'actualisation de 2 %, 5 %, 10 %, 15 % et 20 % sont illustrés ci-dessous. Avec un taux d'actualisation de 2 %, la VAN des profits aura « perdu » plus de 32 % de sa valeur initiale au bout de 20 ans (et près de 45 % au bout de 30 ans). Avec un taux d'actualisation de 5 %, elle aura « perdu » plus de 62 % au bout de 20 ans (et près de 77 % au bout de 30 ans).

Pour des taux d'actualisation plus élevés, les effets sont encore plus prononcés. L'utilisation d'un taux d'actualisation de 15 % implique que la VAN des profits aura perdu 93 % de sa valeur initiale au bout de 10 ans (et plus de 98 % au bout de 30 ans). Avec un taux d'actualisation de 20 %, les profits de l'année 20 seront en baisse de 97 % (et de plus de 99 % pour l'année 30).



Effet de l'actualisation sur les valeurs futures (2 %, 10 %, 20 %)

Source : Auteurs.

Comment estimer des prix instables ou non existants ?

Comment estimer les intrants produits et les produits consommés par les ménages ?

18. Il arrive souvent, en particulier dans les petites exploitations agricoles, que les apports en main-d'œuvre ou conservés sur les récoltes précédentes (ex. : semences, fumier, etc.) soient utilisés au sein de l'exploitation sans être achetés. Les prix de ces intrants ne sont donc pas forcément disponibles de manière immédiate. Les ménages de petits exploitants peuvent aussi consommer la majeure partie de leur récolte au lieu de la vendre. Cette agriculture de subsistance ou de semi-subsistance est courante dans de nombreuses régions rurales. Même si aucun revenu n'en est obtenu, ces produits devraient être valorisés à leur prix sur le marché.

19. De plus, certains intrants agricoles peuvent avoir plusieurs prix possibles (ex. : les semences retenues sur les récoltes peuvent être estimées sur base du revenu perdu au moment de la récolte ou de leur coût au moment de l'ensemencement). Il est recommandé d'utiliser le coût réellement supporté par les exploitants pour ces intrants. Dans le cas des semences, leur coût de stockage peut être minime, si bien que leur valeur peut être déterminée au moment de la récolte.

20. Dans la mesure où ces produits non marchands peuvent être valorisés de différentes manières, toutes justifiables, mais produisant des résultats différents, il est important de documenter les hypothèses et les méthodes. Une analyse de sensibilité des hypothèses peut

être effectuée pour constater l'impact d'une hypothèse sur les résultats de l'analyse. Après une telle analyse, la différence peut s'avérer plutôt négligeable ou, au contraire, digne d'être débattue entre pairs pour décider de l'option la plus valable.

Comment aborder les prix et les rendements hautement variables au cours du temps ?

21. La production agricole et les prix des produits sont notoirement instables. Il est donc probable que l'information recueillie à un moment donné ne soit pas représentative des rendements et des prix sur une période de plusieurs années. Il existe deux types principaux de variations (et de causes associées) :

1. Les prix et les rendements varient autour d'une moyenne statique (ex. : en raison d'une variabilité climatique, d'organismes nuisibles ou d'épidémies, de fluctuations des taux de change, etc.) ;
2. Les prix et les rendements varient autour d'une moyenne mobile (tendancielle) (ex. : les rendements moyens diminuent à cause de la dégradation des sols ; la tendance des prix réels est à la hausse en raison de l'augmentation de la demande des consommateurs ou des coûts de l'énergie ; la tendance des prix est à la baisse parce que la demande se détourne de certaines marchandises ou que l'offre augmente à cause de l'accroissement de la productivité).

22. Il est donc recommandé d'examiner l'information relative aux prix sur plusieurs années, de même que le contexte de la productivité et des marchés agricoles. Les tendances passées peuvent utilement nous renseigner sur la manière dont les paramètres des analyses de rentabilité peuvent évoluer au cours des années à venir. Par exemple, l'amélioration des technologies au cours du temps accroît souvent de manière graduelle les rendements et l'utilisation des intrants au niveau des entreprises agricoles. En même temps, les rendements peuvent décroître à cause de la dégradation des sols.

23. Les prix peuvent eux aussi subir des tendances négatives ou positives en fonction de la croissance démographique ou économique aux niveaux local, national et mondial. Les tendances n'accroissent généralement pas l'incertitude, mais elles peuvent néanmoins engendrer des biais importants dans les estimations des coûts d'opportunité, en particulier dans le cas des contrats REDD+ de longue durée. S'il existe des preuves raisonnables de la présence possible de tendances majeures pour certains postes clés du budget de l'entreprise, ces derniers doivent être ajustés en conséquence pour chacune des années de l'horizon temporel concerné. Par exemple, l'introduction dans l'analyse de l'adoption progressive de variétés de maïs résistantes aux organismes nuisibles se traduira par une lente augmentation des rendements et une réduction progressive des dépenses en pesticide dans le budget de l'entreprise de maïs, en accord avec les tendances attendues pour ces paramètres. Une analyse stochastique peut être utilisée pour examiner l'incertitude et les risques connexes liés aux paramètres estimés (Encadré 6.4.).

Encadré 6.3. Analyse des risques et de l'incertitude

Il existe de nombreux programmes permettant d'analyser les effets des risques et de l'incertitude (ex. : @Risk, Quametec, etc.). En utilisant des méthodes d'analyse stochastique au sein d'une feuille de calcul Microsoft Excel, ces programmes peuvent déterminer la probabilité d'un résultat particulier en fonction du degré d'incertitude de plusieurs paramètres. Ces analyses aident les décideurs à mieux comprendre les implications éventuelles des interventions au sein d'environnements incertains.

24. Tous les paramètres utilisés dans l'analyse de rentabilité comportent une incertitude due aux erreurs dans la collecte et le traitement des données. Par exemple, les moyennes des rendements calculées pour les districts surestiment souvent les rendements réels (biais d'agrégation⁵³) tandis que l'information tirée des enquêtes sur le terrain peut être sujette à des biais de rappel. De plus, les personnes interrogées ont tendance à généraliser leurs expériences des dernières années. Le manuel accompagnant la feuille de calcul contient de nombreuses notes qui aideront les professionnels à comprendre le processus d'élaboration des budgets des utilisations des terres. Une analyse de sensibilité des résultats peut aider les analystes à identifier les hypothèses les plus raisonnables.

En quels termes les profits sont-ils calculés ?

25. Les profits peuvent être exprimés en temps (ex. : journée de travail ou salaire) ou en revenus des terres (ex. : dollars par hectare). Dans l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+, c'est la rentabilité des terres qui a généralement le plus de sens. De plus, il s'agit d'une mesure courante, comprise par beaucoup de gens.

Le coût de la terre doit-il être pris en compte dans les calculs ?

26. La prise en compte des coûts de la terre dans l'analyse n'a de sens que pour un investisseur envisageant d'acquérir des terres (par vente ou par location) pour entreprendre une activité. Pour un exploitant agricole ou une compagnie d'exploitation forestière qui possède ou contrôle déjà les terres, l'analyse considère le rendement de la meilleure option d'utilisation des terres suivante. Le coût d'opportunité des terres est donc déjà pris en considération. En d'autres termes, étant donné que la rentabilité de l'activité A est comparée à celle de l'activité B, la prise en compte des coûts de la terre dans les estimations de la rentabilité n'a pas de sens, puisque ces coûts s'annulent mutuellement. Par exemple, les investissements visant à renforcer la rentabilité et la valeur des terres sont pris en compte dans le cadre d'une analyse pluriannuelle.

⁵³ Résultant de l'hypothèse que les relations observées pour les groupes sont nécessairement valables pour les individus. Pour les zones en lisière de forêt, les rendements plus faibles peuvent être masqués si les valeurs moyennes comprennent les zones où les intrants et les produits sont plus élevés.

Qu'en est-il de la main-d'œuvre ?

27. Il est plus difficile de savoir si la rentabilité doit être estimée en termes de rendement de la main-d'œuvre (c.-à-d. en dollars par journée de travail). Pour beaucoup de ménages de petits exploitants agricoles, des résultats exprimés en termes de rendement à la fois des terres et de la main-d'œuvre familiale peuvent avoir plus de sens. En particulier dans les régions en lisière des forêts, la main-d'œuvre et le capital sont des facteurs de production limitants. Comme la terre est relativement abondante, les petits exploitants agricoles déploient avec plus de soin leurs maigres ressources en main-d'œuvre (ainsi que leurs ressources en terres et en capital).

28. Les coûts d'opportunité liés à la REDD+ sont néanmoins calculés en termes de terres. Heureusement, il est possible d'intégrer la valeur de la main-d'œuvre familiale dans les coûts de l'activité de l'exploitation agricole, ce qui permet d'obtenir la rentabilité en termes de rendement des terres. Comme la main-d'œuvre familiale peut être réattribuée à d'autres utilisations en cas de changement d'affectation des terres, le rendement des terres peut constituer une mesure pertinente des coûts d'opportunité du changement d'affectation des terres.

29. Du point de vue individuel, le revenu que le ménage tire d'une utilisation des terres donnée constitue une mesure adaptée. Il tient compte à la fois des profits et du salaire implicite de leur main-d'œuvre. Les coûts d'opportunité liés à la REDD+ doivent tenir compte à la fois des profits et des salaires implicites. Ces deux types de revenus ne sont pas considérés avec la REDD+.

Quels profits d'une utilisation des terres doivent-ils être analysés ?

30. L'analyse de la rentabilité commence par l'élaboration des budgets détaillés d'activités simples (appelées également entreprises) faisant partie des utilisations des terres. Ces budgets synthétisent l'information relative aux coûts et aux revenus. Les budgets d'entreprise décrivent habituellement les activités qui se déroulent au cours d'une saison de plantation et de récolte. Parmi ces activités, on peut citer la collecte de produits forestiers non ligneux, la récolte de bois et les cultures annuelles. Les budgets d'entreprise des cultures pluriannuelles (ex. : le manioc), de la production animale, des cultures arbustives pérennes (ex. : cacao, huile de palme, café, etc.) nécessitent de comptabiliser plusieurs années représentant toutes les phases d'une entreprise : préparation/investissement, entretien, récolte et activités post-récolte au sein de l'exploitation. Les budgets d'entreprise sont une composante importante de la représentation des utilisations des terres et des trajectoires d'utilisation des terres.

31. Les budgets des systèmes d'utilisation des terres peuvent prendre en compte une combinaison d'activités, telles que les cultures agricoles et arbustives. Ces budgets sont aussi des résumés pluriannuels représentant toutes les phases d'une activité : préparation, entretien, récolte et, le cas échéant, périodes de jachère.

32. Le budget d'une trajectoire d'utilisation des terres est un résumé à plus long terme des utilisations des terres et des changements d'affectation des terres. Les trajectoires d'utilisation des terres sont déterminées en tant que base pour les estimations et l'analyse des coûts d'opportunité liés à la REDD+. Le Tableau 6.1 résume les trois types de budgets et les sources d'information associées.

Tableau 6.1. Types de budgets

Type de budget	Description	Source des données
1. Activité/entreprise terrienne	Résumé pour une seule année des coûts et revenus d'une activité unique. <i>Conversion forestière, récoltes forestières, activités agricoles et d'élevage dans le cadre des changements d'affectation des terres</i>	Experts locaux
2. Système d'utilisation des terres	Résumé pluriannuel d'une entreprise unique ou d'entreprises liées d'une utilisation des terres. <i>Cycles de changement d'affectation des terres et transitions</i>	Experts locaux
3. Trajectoire d'utilisation des terres	Résumé de différentes utilisations des terres commençant avec l'utilisation actuelle. Base de l'estimation des coûts d'opportunité.	Experts locaux, littérature, télédétection

Source : Auteurs

33. Pour les trajectoires d'utilisation des terres, l'analyse de rentabilité représente souvent différents groupes ou individus responsables de certains segments de la trajectoire. Par exemple, les sociétés d'exploitation forestière sont responsables de la dégradation des forêts, les habitants de la déforestation et de la culture sur brûlis. Bien que ces changements n'affectent aucunement l'analyse suivant une perspective pays, ils peuvent être très importants pour une analyse effectuée suivant la perspective d'un groupe particulier. Une compensation REDD+ adéquate et correcte dépend d'une bonne connaissance de ces changements d'affectation des terres.

Que faire lorsque les profits diffèrent entre les régions infranationales ?

34. La répartition des profits d'une utilisation des terres donnée peut varier sensiblement au sein d'un pays. Considérons par exemple la culture du cacao, une utilisation des terres qui constitue l'un des principaux moteurs de la déforestation et de la dégradation, et qui occupe plus de 8 millions d'hectares dans les forêts tropicales de Guinée en Afrique de l'Ouest, de la côte atlantique du Brésil, de l'île de Sulawesi en Indonésie et d'autres régions encore.

35. On observe de grandes différences de rendement entre les producteurs de cacao (Figure 6.1). Au Ghana, la distribution des rendements de près de 5 000 producteurs indique une moyenne supérieure de 100 kg/ha à la médiane, imputable à de grandes

différences dans l'utilisation des engrais et les pratiques de gestion. Bien que les systèmes de culture du cacao puissent être considérés comme un système d'utilisation des terres dans le cadre d'une analyse des coûts d'opportunité, il est essentiel d'examiner les rendements et les causes des différences pour améliorer l'exactitude et la précision des estimations des profits.

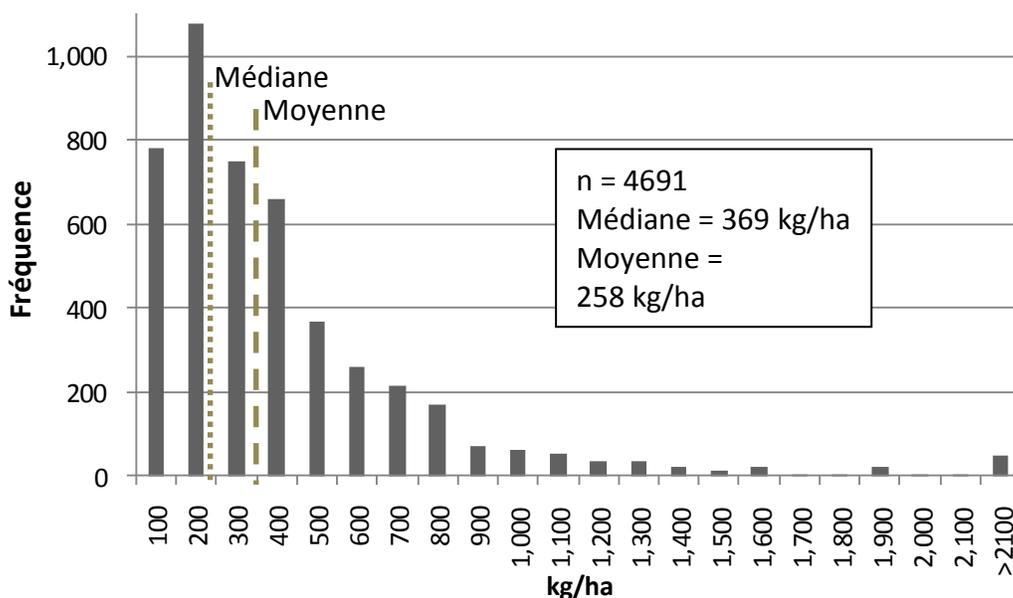


Figure 6.1. Cacao : rendements des récoltes par hectare, Ghana

Source : 2001/2 Sustainable Tree Crops Program (Programme de cultures arbustives durables), Enquête de référence (IITA, données non publiées).

36. Dans le secteur forestier, les prix du bois d'œuvre et les récoltes précédentes affectent souvent le niveau des profits (et les coûts d'opportunité). Au Brésil, par exemple, de grandes quantités de bois d'œuvre ont été récoltées. La Figure 6.1 est une carte montrant l'historique de l'exploitation forestière dans une province.

37. Alors qu'un inventaire forestier permet d'évaluer le bois disponible et le bois déjà récolté, une analyse par région des activités d'exploitation forestière actuelles et futures permet de détecter les potentiels de profit. Au Para, quatre zones d'activité d'exploitation forestière ont été identifiées : Centrale, Estuarienne, Est et Ouest (Figure 6.2).

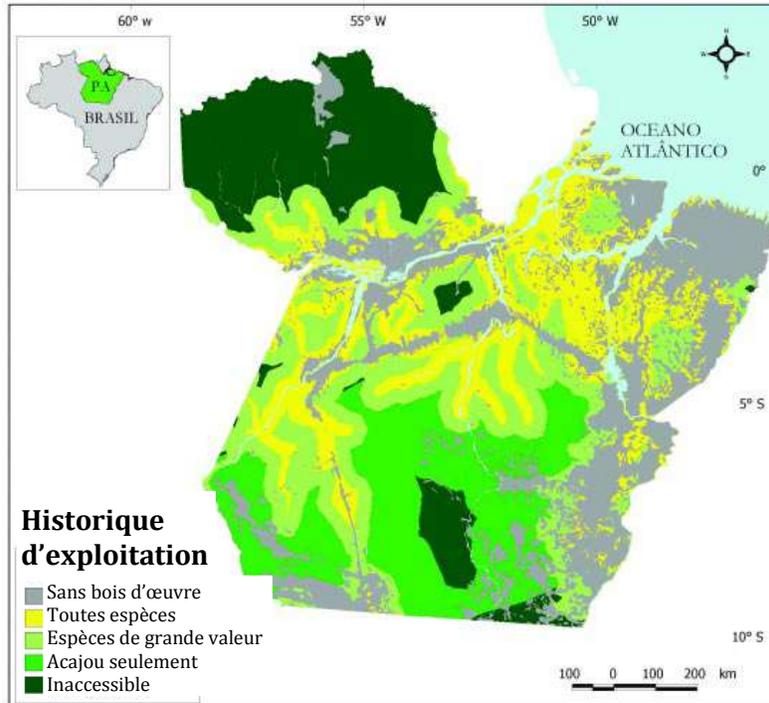


Figure 6.2. Évaluation géographique de l'historique d'exploitation forestière (Para, Brésil)

Source : Souza Jr et coll. 2000.

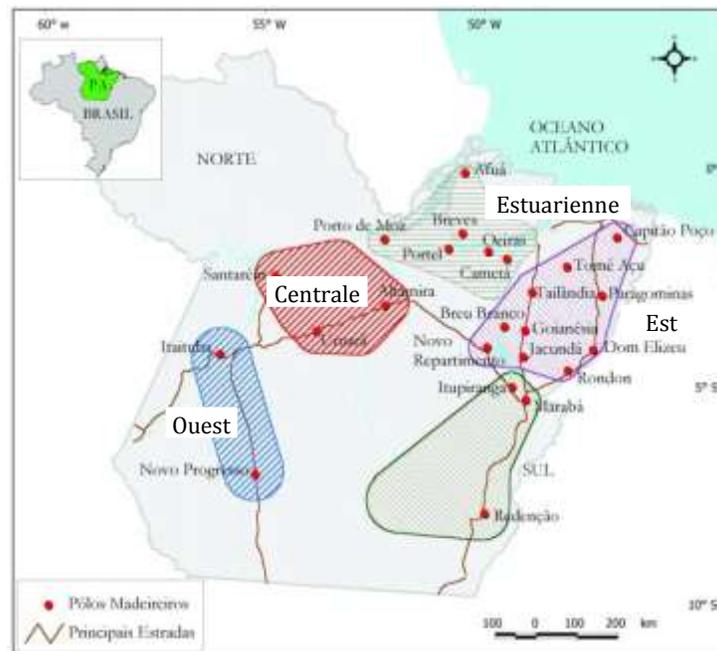


Figure 6.3 Régions d'exploitation forestière au Para, Brésil.

Source : Verissimo et coll. 2002.

38. L'emplacement d'une exploitation forestière influence non seulement la quantité et la qualité de bois d'œuvre disponible, mais aussi son prix de vente. La figure ci-dessous montre la moins bonne qualité générale du bois de la région estuarienne. La région Ouest affiche la plus forte proportion de bois de haute et moyenne qualité.

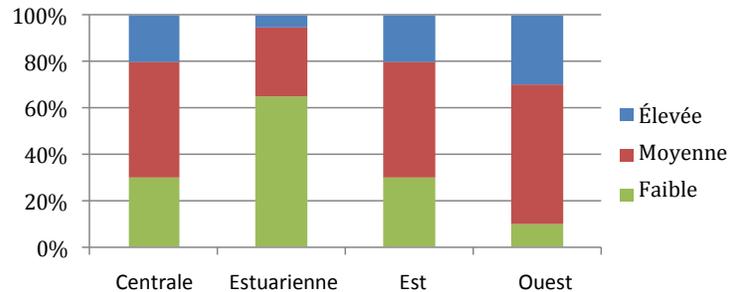


Figure 6.4 Estimations régionales de la qualité du bois d'œuvre (% de bois d'œuvre, Brésil, 1998)

Source : Verissimo, et coll. 2002.

39. Les prix perçus pour le bois d'œuvre varient selon la catégorie de qualité et, dans une moindre mesure, la région d'exploitation. Le différentiel de prix entre les bois de haute et moyenne qualité est sensiblement plus important qu'entre les bois de qualité moyenne et faible. Le prix du bois d'œuvre de haute valeur est environ 2,5 fois plus élevé que celui du bois de qualité moyenne ou faible.

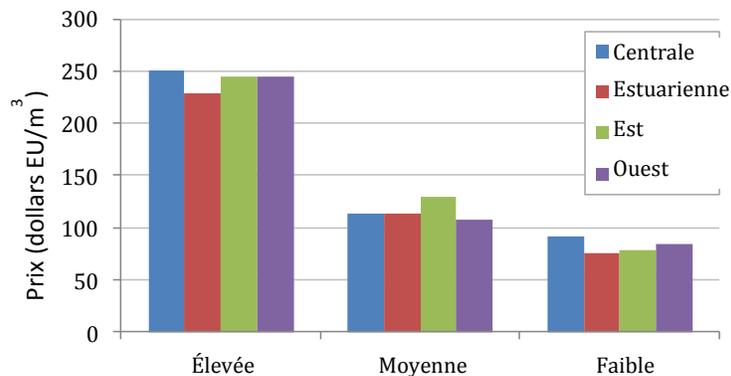


Figure 6.5 Prix du bois de sciage par région et degré de qualité (dollars EU/m³ ; Brésil, 2011)

Source : Verissimo et coll. 2002.

40. Différents budgets doivent donc être élaborés au niveau national afin de correctement prendre en compte les différences au sein des systèmes d'utilisation des terres.

Budgets des entreprises

Composantes et élaboration

Dans un budget d'entreprise, les profits (Π) sont estimés en monnaie locale par hectare (dollars par hectare) :

$$\Pi = pq - c$$

Où : p = prix (dollars/t), q = rendement (t/ha) et c = coûts (dollars/ha)

41. Les revenus (pq) sont tirés des produits (ex. : cultures, animaux, bois) d'une activité d'utilisation des terres. Les coûts (c) proviennent de deux types d'intrants : physiques (ou en capital) et main-d'œuvre. Ces mesures servent de paramètres ajustables pour les analyses des scénarios, de sensibilité et des compromis ultérieures.⁵⁴ Le Tableau 6.2 présente un exemple de budget d'entreprise. Pour de plus amples informations sur les budgets d'entreprise, voir Gittinger (1982).

42. *Les intrants physiques* comprennent les semences, les engrais et les produits chimiques, qui sont d'habitude utilisés annuellement. Les investissements à long terme tels les barrières, les outils, les machines, les animaux (bétail), etc. sont également des intrants physiques.

43. *Les apports de main-d'œuvre* peuvent être estimés à l'aide des taux de rémunération. Deux types de taux sont habituellement utilisés : le salaire minimum légal et le salaire réel. Les salaires minimum fixés au niveau national peuvent comprendre des avantages sociaux, tels que la santé et la pension. En revanche, les salaires réels sont souvent nettement plus faibles, en particulier dans les zones reculées en bordure de forêt. Il est préférable d'utiliser les salaires réels. Les analyses de sensibilité permettent d'évaluer les effets des différents taux de rémunération sur l'estimation des coûts d'opportunité.

44. Un calendrier mensuel des tâches peut être utile pour identifier, examiner et quantifier les activités quotidiennes afin d'estimer l'apport de main-d'œuvre total. L'activité de la main-d'œuvre peut être évaluée à l'aide d'un salaire unique ou de différents taux de rémunération, en fonction des compétences requises ou de la rareté de la main-d'œuvre saisonnière. La première tâche de la saison agricole/forestière, généralement la préparation de la terre, détermine le premier mois du calendrier. Le calendrier de la main-d'œuvre peut également faire la différence entre la main-d'œuvre familiale et la main-d'œuvre embauchée, ainsi que par genre. Ceci permettra aux analystes d'examiner les effets sociaux éventuels des politiques REDD+.

⁵⁴ Un paramètre est une valeur particulière d'une variable estimée ou sélectionnée (ex. : moyenne, médiane) dans le cadre d'une analyse.

Tableau 6.2. Exemple de budget d'entreprise

Riz (par hectare)													
Profit													
Coûts totaux des intrants													
Produit	Quantité	Prix	Coût	Unités									
Semence													
Engrais													
Machines													
Outils													
Activités de la main-d'œuvre					Jours de travail	Salaire							
Préparation													
Ensemencement													
Sarclage													
Récolte													
Battage													
Transport													
Calendrier : Jours de travail													
Activité	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Préparation													
Ensemencement													
Sarclage													
Récolte													
Processus post-récolte													
Transport													
Total													

45. Il est essentiel de choisir avec soin les unités d'analyse de chaque budget. Les unités de mesure, telles que le kilogramme, le litre ou la tonne, doivent être notées. Pour faciliter les discussions avec les exploitants agricoles, les unités de mesure locales peuvent être utilisées pour les surfaces et les volumes récoltés. Elles seront toutefois converties en unités métriques (ex. : hectares, kilogrammes) pour permettre une analyse normalisée.

46. Si les rendements peuvent être convertis dans les unités par hectare requises, les informations sur les coûts peuvent être exprimées dans différentes unités, par exemple en jours de travail par tonne de produits récoltés, et devront donc être converties en une mesure basée sur la superficie. Si des intrants agricoles sont utilisés pour plus d'une entreprise, son coût devra être réparti entre ces entreprises. Par exemple, les coûts de location par hectare ou par jour constituent une approximation correcte pour des coûts l'utilisation des outils et machines (ex. : tronçonneuses, machettes, machines, etc.). Une autre solution consiste à estimer les prix et les durées de vie moyennes afin de déterminer le coût d'utilisation annuel par hectare.

47. De nombreuses hypothèses relatives aux méthodes et aux données sous-tendent l'information des budgets d'entreprise. Les paramètres (ex. : des intrants, du rendement des récoltes et des prix) peuvent aisément être ajustés pour refléter des emplacements et

des contextes particuliers. Il est donc utile de rédiger des notes sur les contextes et les hypothèses pour justifier l'exactitude et la pertinence des informations budgétaires.

Collecte des données

48. Les données nécessaires pour élaborer les budgets d'entreprise peuvent provenir de diverses sources. Comme les informations budgétaires constituent la base des analyses des activités agricoles, d'élevage et d'exploitation forestière, les centres de recherche nationaux et les universités peuvent déjà disposer de ces budgets. Sinon, les données de production peuvent être collectées en interrogeant les exploitants ou d'autres experts (ex. : agronomes, agents de vulgarisation, forestiers) et en examinant la documentation d'analyses d'études de cas de systèmes de production.

49. Des informations secondaires détaillées sur les intrants (ex. : jours de travail, prix) sont rarement disponibles. La meilleure manière d'obtenir des données exactes sur les intrants des entreprises, essentielles pour l'estimation des coûts, est d'interroger les exploitants agricoles et les informateurs clés. Pour des raisons de budget ou de temps, il n'est pas toujours possible d'obtenir des mesures précises pour certains postes du budget d'entreprise. Afin de faire rapidement progresser les analyses, des estimations de mesures basées sur l'opinion d'experts et d'autres sources peuvent être utilisées. De plus, des informations tirées d'autres budgets ou études peuvent être utilisées comme dans les Niveau 1 et Niveau 2 du GIEC et ajustées aux conditions locales.

50. Les budgets doivent être élaborés en monnaie locale. Comme les estimations en monnaie locale sont habituellement moins sensibles aux fluctuations des taux de change,⁵⁵ toute base de données sera exprimée et maintenue en monnaie locale. Une conversion en devise étrangère peut, si nécessaire, être effectuée à des fins particulières. Par exemple, à un certain moment, les pays seront amenés à comparer leurs coûts d'opportunité REDD+ à d'éventuels paiements REDD+ exprimés en dollars EU/t eqCO₂ ou en termes semblables. À cet effet, les pays devront convertir leurs résultats en dollars EU ou en euros.

51. Les budgets élaborés à l'aide d'enquêtes sur le terrain peuvent éviter la plupart de ces problèmes, mais sont nettement plus chers. La précision et la fiabilité des budgets dépendent également de la bonne conception de l'échantillon et de la formation des enquêteurs. Une mise à l'essai des questionnaires auprès de groupes de discussion, accompagnée d'un examen critique des réponses, peut aider à assurer la collecte de toutes les informations nécessaires. Lorsque les zones sont relativement homogènes, une interaction avec des groupes de discussion peut fournir de meilleures informations que des enquêtes à grande échelle. Les groupes de discussion permettent d'acquérir une information approfondie et de créer un dialogue bénéfique alors que les enquêtes ne permettent généralement que d'obtenir des informations plutôt basiques et répétitives.

⁵⁵ Les prix des marchandises échangées au niveau international, telles que le cacao ou l'huile de palme, peuvent être moins volatils.

52. Il est important de noter que les budgets élaborés à l'aide d'entretiens ne peuvent recueillir des données fiables que pour l'année en cours ou les quelques années précédentes. Lorsqu'on essaie de faire appel aux souvenirs d'années antérieures, les données obtenues peuvent être passablement inexactes. De plus, lorsque les rendements et les prix varient fortement, les budgets officiels peuvent eux aussi être très peu fiables. C'est pourquoi il est utile que les informations officielles, les réponses des exploitants et les avis des experts soient comparés et discutés afin d'identifier les informations budgétaires les plus appropriées.

53. Il est difficile de conduire des entretiens lorsque les activités concernées sont illégales (ex. : exploitation illégale du bois, commerce de la viande de gibier, production de coca). Cependant, l'information requise peut être obtenue en créant une relation de confiance et en garantissant l'anonymat des réponses. Le recours aux réseaux sociaux des familles, des amis et des collègues peut également faciliter le processus de collecte des données.

54. Le Tableau 6.3 résume les avantages et inconvénients de différentes approches de collecte des données. Pour plus d'information sur les méthodes de collecte des données, voir Holmes et coll. (1999), FAO (2001, 2002) ainsi que Pokorny et Steinbrenner (2005).

Tableau 6.3. Avantages et inconvénients des approches de collecte des données.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Enquête (individuelle)	<ul style="list-style-type: none"> - Basé sur des experts - En temps opportun - Un échantillon exhaustif, de grande taille peut augmenter la signification statistique des résultats 	<ul style="list-style-type: none"> - Les questions de suivi nécessitent un second contact - Coût élevé des échantillons de grande taille - Une bonne formation des enquêteurs /énumérateurs est essentielle
Étude de cas	<ul style="list-style-type: none"> - Discussion individuelle avec les utilisateurs des terres - Questions plus ouvertes - Questions et réponses approfondies possibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Dépendance vis-à-vis des informations et connaissances secondaires du personnel - Représentativité limitée
Station expérimentale	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle sur la qualité des données - Possibilité de tester des scénarios et idées alternatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - Rendements plus élevés que dans les conditions de terrain - Validité limitée des extrapolations - Résultats individuels spécifiques
Sources existantes	<ul style="list-style-type: none"> - Faible coût de collecte - Données déjà traitées 	<ul style="list-style-type: none"> - Les résultats peuvent ne pas contenir les informations nécessaires - Les résultats peuvent refléter des conditions « moyennes » qui ne représentent réellement aucun exploitant - L'information peut être trop ancienne - Les résultats peuvent être des rendements « dans le meilleur des cas », en particulier pour les cultures intéressant le ministère/le projet, et rarement atteints en pratique - Les résultats montrent une utilisation des intrants qui reflète la pratique recommandée plutôt que réelle - Les méthodes utilisent les prix officiels plutôt qu'observés - Les méthodes peuvent être basées sur des hypothèses cachées

Adapté de : Pokorny et Steinbrenner (2005) ; Pagiola (communication personnelle, 2010).

55. Étant donné les difficultés mentionnées plus haut, beaucoup d'estimations utilisées dans les budgets d'entreprise sont susceptibles d'être imparfaites. Une approche systématique de la collecte des données, accompagnée de notes sur le contexte et les hypothèses permet de rendre le processus transparent, de l'examiner, de le réviser et de l'améliorer. Par exemple, les données sur les prix peuvent être influencées par des distorsions du marché dues à des subventions, des taxes sur les ventes ou des politiques de prix minimum. Une analyse de sensibilité de l'évolution des paramètres est un moyen utile de comprendre à quel point une estimation influence les résultats finaux d'un coût d'opportunité et d'une analyse des compromis (voir discussion au Chapitre 7).

56. La section suivante comprend deux parties abordant les aspects particuliers des données sur 1) l'agriculture/l'élevage et 2) les utilisations des terres forestières.

Agriculture et élevage

57. Les agriculteurs se souviennent généralement bien des prix payés et perçus pour les récoltes de la dernière saison. En absence de prix à la ferme, les données relatives à d'autres prix doivent être ajustées sur la base des activités de commercialisation à valeur ajoutée. Par exemple, les prix de gros du riz comprennent la valeur ajoutée de l'usinage et les coûts de transport de la ferme au marché. Si les prix du marché sont utilisés, les coûts de l'usinage et du transport doivent être déduits pour arriver au prix à la ferme.

58. Les recensements agricoles et les informations statistiques officielles au niveau provincial ou départemental peuvent confirmer les estimations des rendements. Une fois estimée la superficie totale des cultures, ces chiffres de production infranationale peuvent être convertis par hectare. De plus, même si des données au niveau de la ferme sont utilisées dans l'analyse, les informations statistiques des recensements nationaux sont toujours utiles pour vérifier l'exactitude des données.

59. Sur les petites exploitations, de nombreuses activités distinctes se déroulent sur une même petite parcelle. Les systèmes de culture sur brûlis englobent généralement une grande variété de cultures, notamment le riz, le maïs, les haricots, le manioc, la banane plantain, etc. Par exemple, pour représenter la culture sur brûlis au Pérou, un cycle riz-plantain-jachère, courant dans la région, est utilisé. Le cycle peut être ajusté en fonction de l'âge de la lisière forestière, en modifiant la durée de la période de jachère. De même, la productivité des pâturages est ajustable en fonction des unités animales (têtes de bétail par hectare).

60. Comme la télédétection des cultures individuelles est notoirement difficile, il est possible de sélectionner un sous-ensemble d'activités principales pour représenter une utilisation mixte des terres et réduire ainsi le besoin de collecter des données détaillées. De même, la productivité des pâturages dans un même paysage est impossible à évaluer sans une information recueillie sur le terrain.

61. Les petits exploitants pratiquant la culture sur brûlis disposent rarement d'une mesure précise de la superficie de leurs champs, en particulier dans les régions où les marchés fonciers et les droits fonciers sont peu développés. Dans ce genre de situation, des estimations exactes de la taille des champs peuvent être obtenues en faisant le tour de ceux-ci avec un GPS portatif.

62. Les marchés peuvent être inexistantes ou ne pas fonctionner correctement dans les régions reculées. Par exemple, des services tels que la main-d'œuvre salariée peuvent tout simplement être impossibles à acquérir. Comme les salaires minimum sont souvent une médiocre approximation des salaires ruraux réels, il est recommandé aux analystes de

consulter les experts locaux pour obtenir des salaires réalistes. Même dans les zones éloignées, l'emploi de travailleurs occasionnels est courant. Le salaire journalier est souvent relativement normalisé et connu à un endroit donné.

63. À défaut de recevoir un salaire mensuel, journalier ou horaire, les travailleurs engagés sont souvent payés à la pièce. Ce type de rémunération complique l'analyse de sensibilité des salaires dans la mesure où ce coût de main-d'œuvre a la forme d'un paiement forfaitaire, et requiert donc une transformation des données. Le moyen le plus simple de procéder consiste peut-être à diviser ce paiement forfaitaire par le salaire afin d'évaluer la quantité équivalente de main-d'œuvre salariée qui aurait pu être employée. Le métayage est un autre type d'organisation du travail répandu parmi les petits exploitants des pays en développement, qui requiert un traitement semblable.

Forêts

Bois d'œuvre

64. Comme l'industrie forestière est hautement concurrentielle et soumise à un contrôle étroit des agents du fisc, il peut s'avérer particulièrement difficile d'obtenir des informations financières la concernant. De plus, on estime que dans l'Amazone, la plupart des activités d'extraction du bois (environ 90 %) sont illégales (Stone, 1998). Les opérations sont souvent dirigées par des entrepreneurs autodidactes qui n'ont jamais vraiment suivi de formation aux affaires, dont les pratiques comptables sont défectueuses et qui exercent un contrôle financier limité sur les opérations forestières (Arima et Veríssimo, 2002, Pearce et coll. 2003). Néanmoins, l'information nécessaire peut être obtenue à l'aide d'entretiens individuels, d'enquêtes par correspondance et de discussions informelles avec des experts de l'industrie.

Autres produits forestiers

65. De nombreuses études décrivent les méthodes de collecte des données sur les produits forestiers non ligneux (PFNL). Sheil et Wunder (2002) présentent une critique utile des méthodes utilisées. En revanche, peu d'études concernent le charbon de bois, mais on peut néanmoins citer Hofstad (1997), Coomes et Burt (2001) ainsi que Labarta et coll. (2008).

Budgets des utilisations des terres

66. L'information des budgets d'entreprise est essentielle pour l'estimation de la rentabilité des utilisations des terres et des trajectoires d'utilisation des terres. Les budgets des utilisations des terres comprenant plus d'un produit doivent disposer des informations de coûts et de revenus de chacun des budgets des entreprises concernées. Le profit est donné par la formule suivante :

$$\Pi = \left(\sum_{h=1}^H p_h q_h + \sum_{i=1}^I p_i q_i \right) - \left(\sum_{j=1}^J c_j y_j + \sum_{k=1}^K c_k y_k \right)$$

Revenus Coûts

67. L'équation ci-dessus tient non seulement compte des prix et rendements des multiples biens et services marchands d'une utilisation des terres (p_h et q_h), mais aussi des prix (p_i) et rendements des biens et services non marchands (q_i). Au sein d'une utilisation des terres donnée, les intrants peuvent inclure les intrants aussi bien marchands (y_j) que non marchands (y_k), qui ont leurs propres difficultés d'évaluation (de c_k). Des prix fictifs sont couramment utilisés pour les biens non marchands.

68. L'exemple de budget d'entreprise pour le riz exposé plus haut porte sur une seule année. Les utilisations des terres nécessitent par contre habituellement une analyse pluriannuelle étant donné que les niveaux des profits peuvent varier fortement (négatif, nul, positif) selon la phase : établissement, jachère ou production. L'équation précédente devient donc :

$$\Pi_{\text{utilisation des terres}} = \sum_{t=1}^T \Pi_t$$

69. Le document **SpreadsheetExercisesREDDplusOppCosts.xlsm** (disponible sur le site internet du manuel) contient des exemples de budgets d'utilisation des terres englobant plusieurs phases et produits. Ces budgets détaillés aident les analystes à suivre l'évolution au cours du temps des activités et entreprises individuelles. Les notes sur la manière dont les coûts et les revenus évoluent aident les analystes à comprendre les hypothèses utilisées et le contexte du site.

70. Pour certaines utilisations des terres, des notes complémentaires doivent signaler les activités éventuellement non reprises dans les estimations. Par exemple, la production de fourrage pour nourrir les animaux qui assurent le transport ou d'autres activités agricoles, telles que le labourage, doit être ventilée proportionnellement à sa consommation. Ces hypothèses sont abordées plus en détail à la fin du chapitre.

Agriculture

71. Les budgets d'utilisation des terres peuvent être élaborés pour représenter aussi bien les cycles de changement d'affectation des terres que les transitions (voir définitions au Chapitre 3). Des versions séparées des budgets d'utilisation des terres peuvent être établies pour différents emplacements et contextes, tels que la lisière d'une forêt. Par exemple, au Pérou, l'agriculture itinérante comprend habituellement une phase de production de trois ans et des périodes de jachère qui varient en fonction de l'ancienneté de l'établissement. Dans les établissements plus anciens où la pression démographique est

plus forte, les agriculteurs pratiquent couramment une jachère forestière sur de plus courtes périodes allant de 2 à 6 ans. En revanche, les agriculteurs pionniers laissent leurs terres en friche pour de plus longues périodes allant de 6 à 15 ans. Comme le niveau des intrants (ex. : main-d'œuvre) et des produits (ex. : récoltes) est différent d'un système à l'autre, l'élaboration de budgets distincts est justifiée.

72. Les budgets d'utilisation des terres de systèmes pérennes, tels que les cultures arbustives (cacao, huile de palme) et l'élevage, comprennent les coûts d'établissement et de production. Ces budgets pluriannuels ont généralement des coûts d'investissements élevés et requièrent de nombreuses années avant que les recettes dépassent les coûts.

73. Le manuel des utilisations des terres contient des exemples de feuilles de calcul pour des systèmes de production de cacao, huile de palme, bétail et riz-plantain. Les cellules colorées en jaune représentent les paramètres qui peuvent être ajustés pour mieux refléter les conditions locales. Les différents contextes et pratiques de gestion des terres doivent être examinés à l'aide d'analyses des scénarios des trajectoires d'utilisation des terres. Les paramètres, tels que les rendements, peuvent être ajustés pour tenir compte des augmentations des récoltes dues à l'introduction de nouvelles semences ou de nouveaux engrais, ou des diminutions des récoltes causées par la dégradation des sols. De plus, des contraintes de trésorerie (en particulier dans les systèmes de production de bétail ou pérennes) peuvent obliger à introduire les utilisations des terres à mesure que les fonds deviennent disponibles.

Forêts

Bois d'œuvre

74. Les opérations forestières sont généralement diverses, allant de l'abattage informel à petite échelle jusqu'à des entreprises de récolte, transport et transformation verticalement intégrées. Différents budgets de récolte du bois doivent donc être établis pour chaque variation majeure observée dans un pays.

75. Les analyses du coût du bois sont généralement divisées par étape du processus : récolte du bois, transport et sciage. La récolte comprend en premier lieu un ensemble d'activités entreprises pour abattre les arbres et les transporter vers un chantier de façonnage ou un bord de route, où ils sont débités en grumes et attachés. Les grumes sont ensuite transportées par des routes revêtues ou non, jusqu'à un site de transformation ou une autre destination finale. Le sciage regroupe les activités visant à débiter les grumes dans une variété de formes et de dimensions. La feuille de calcul **Timber** est un exemple de budget d'entreprise d'une société forestière. Le niveau de détail peut être étendu par étape du processus en ajoutant, par exemple, les estimations des coûts de main-d'œuvre et d'équipement. Pour une explication complète des procédures de détermination des coûts, voir Holmes et coll. (1999).

76. Les forêts peuvent générer des profits ou des pertes substantiels. Le fait que les profits soient positifs ou négatifs dépend de la manière dont les forêts sont utilisées et de la vente des produits. Pour comprendre la diversité des utilisations des forêts et des produits, deux aspects doivent être pris en considération : **la qualité des forêts** et **l'utilisation des forêts**.

77. La **qualité des forêts** fait référence à l'état des forêts par rapport à leur utilisation précédente par la population. De nombreuses forêts relativement denses ont déjà subi une série de changements, notamment l'extraction d'essences de haute valeur et la coupe sélective. La qualité des forêts est donc également une mesure de la dégradation.⁵⁶

78. Bien que les forêts dégradées puissent toujours être classées comme des forêts selon la définition, leur teneur en carbone et les profits futurs peuvent être sensiblement différents de ceux des forêts naturelles. Par exemple, une forêt précédemment récoltée ne générera par les mêmes profits qu'une forêt vierge. Pour permettre une comptabilisation rigoureuse des forêts, différentes catégories de qualité des forêts doivent être définies. Dans ce manuel de formation, les catégories générales suivantes sont utilisées : vierge ou naturelle, coupée de manière sélective (extraction des essences de grande valeur) et partiellement coupée (récolte des essences de valeur moyenne à élevée). Pour obtenir des estimations plus précises de la rentabilité des forêts, des sous-catégories avec un plus haut degré de différenciation et de détail peuvent être nécessaires en fonction du contexte national et des critères du programme REDD+.

79. Les activités passées influencent les utilisations futures des forêts. Ainsi, au contraire de la qualité des forêts, **l'utilisation des forêts** se rapporte aux activités à venir au sein des forêts. Par exemple, les forêts vierges ou naturelles ont subi peu d'activités humaines, mais présentent un large éventail d'utilisations potentielles. Les forêts sélectivement ou partiellement coupées ont un degré plus élevé d'utilisation antérieure et un plus petit nombre d'utilisations potentielles, impliquant une moindre rentabilité. Le Tableau 6.4 donne les utilisations des forêts précédentes et potentielles par catégorie de qualité des forêts.

Tableau 6.4. Utilisations précédentes et potentielles des forêts par catégorie de qualité des forêts

Catégorie de qualité des forêts	Utilisations passées	Utilisations futures potentielles
<i>Vierge ou naturelle</i>	Produits forestiers non ligneux Tourisme	Produits forestiers non ligneux Tourisme Extraction des arbres de grande valeur Récolte des arbres de valeur moyenne à élevée

⁵⁶ Il est toutefois probable que les définitions spécifiques de la qualité des forêts (ex. : teneur en carbone et couvert forestier) seront différentes en fonction du contexte national et peut-être au sein d'un pays. Les catégories de forêts et leur identification géographique peuvent être liées à la discussion des utilisations des terres.

		Conversion des forêts (bois d'œuvre, charbon de bois) Autres utilisations des terres (agriculture, élevage)
<i>Sélectivement coupée</i>	Extraction des arbres de grande valeur Produits forestiers non ligneux Tourisme	Produits forestiers non ligneux Tourisme Récolte des arbres de valeur moyenne à élevée Conversion des forêts (bois d'œuvre, charbon de bois, bois à pâte) Autres utilisations des terres (agriculture, élevage)
<i>Partiellement coupée</i>	Extraction des arbres de grande valeur Récolte des arbres de valeur moyenne à élevée Produits forestiers non ligneux*	Produits forestiers non ligneux Conversion forestière (bois d'œuvre, charbon de bois, bois à pâte) Autres utilisations des terres (agriculture, élevage)

*peuvent aussi comprendre des zones de culture sur brûlis, suivant la définition de l'utilisation des terres et la résolution de l'analyse.

Source : Auteurs.

80. La qualité des forêts détermine également les récoltes de bois possibles. Par exemple, les coupes sélective et partielle réduisent la teneur en carbone et les profits futurs à court terme, quoiqu'à un moindre degré que la coupe à blanc. Bien que les pratiques de récolte sélective n'entraînent pas nécessairement la perte du statut de forêt d'une parcelle, leurs effets sur la teneur en carbone et la rentabilité potentielle future doivent être évalués.⁵⁷ Par exemple, après une coupe d'éclaircie (ex. : coupe sélective), les arbres restants croissent plus rapidement.

81. Les qualificatifs **durable** et **non durable** sont souvent utilisés pour décrire l'utilisation des forêts. À des fins d'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+, cette distinction n'est pas suffisamment précise. Les activités d'utilisation durable, telles que l'exploitation des produits forestiers non ligneux (PFNL) ou le tourisme, n'affectent ni la teneur en carbone ni la qualité des forêts. En revanche, d'autres pratiques « durables », telles que la gestion durable des forêts, sont susceptibles de réduire la teneur en carbone et la qualité des forêts – dans une moindre mesure, toutefois, que les pratiques d'exploitation forestière conventionnelle.

82. Il existe aussi d'autres manières de tirer profit des forêts. La production et la vente de charbon de bois, utilisé comme combustible de cuisson, constituent une utilisation des forêts et une source de revenus moins connues. Par exemple, en tant qu'activité commerciale d'un petit exploitant agricole, la production de charbon de bois peut générer

⁵⁷ Les coûts d'opportunité de la conservation de forêts où la coupe sélective est pratiquée peuvent être sensiblement plus bas, et donc plus abordables du point de vue de la REDD+. « Abattre et protéger » pourrait ainsi devenir une manière d'éviter d'importantes émissions.

des recettes importantes dans l'Amazonie péruvienne. Une analyse de rentabilité à l'échelle de l'exploitation agricole révèle que les petits agriculteurs produisant du charbon de bois génèrent un revenu net de 17 % plus élevé que s'ils se contentaient de pratiquer la culture sur brûlis (Labarta et coll. 2007).

83. Lorsque les arbres ne sont pas vendus, aucun revenu ne vient compenser les coûts de conversion de la forêt, entraînant parfois d'importantes pertes de profit au cours de la première année. En particulier dans les zones reculées, de nombreux exploitants préfèrent brûler les arbres sur place, car les coûts de transport annulent souvent les revenus potentiels. Dans ce genre de situation, le coût du déboisement dépasse généralement les recettes générées par les activités agricoles ou de pâturage au cours des premières années (Kotto-Same et coll., 2001 ; Merry et coll. 2001 ; White et coll. 2005).⁵⁸

84. Les expériences du Brésil, le premier pays producteur de bois d'œuvre des tropiques, et du Pérou sont utilisées pour illustrer les coûts et revenus de l'industrie du bois d'œuvre. Des études des coûts ont examiné la séquence entière des activités liées aux opérations forestières, notamment l'abattage, le débardage, les activités de façonnage et le transport. Étaient également inclus les coûts de construction et d'entretien des infrastructures (chantiers de façonnage, et routes principales et secondaires) ainsi que les coûts des immobilisations (ex. : coûts d'investissement, dépréciation, maintenance), de la main-d'œuvre, du matériel, d'administration et des droits de coupe.⁵⁹ La plupart des études tenaient compte des coûts de transport du site forestier à la scierie le long des routes publiques, mais ignoraient les coûts liés aux risques et les salaires administratifs. Certaines études utilisaient des coûts standards pour la main-d'œuvre et les machines tandis que d'autres s'appuyaient sur des données spécifiques aux différentes activités.

85. Les études des exploitations forestières fournissent de nombreuses estimations des coûts et des recettes. Les estimations des profits sont très variables, allant de 24 à 1 435 dollars EU par hectare (Olsen & Bishop, 2009). Dans leurs analyses des études des exploitations forestières, Pokorny et Steinbrenner (2005) et Bauch et coll. (2007) ont conclu que les différences dans les estimations des coûts provenaient des conditions contextuelles suivantes :

- particularités des forêts (ex. : répartition des espèces, structure des forêts, topographie) ;
- entreprises commerciales (ex. : personnel, machines, processus de travail, organisation, salaires) ;
- stratégie de récolte

⁵⁸ Bien que les arbres puissent servir à de nombreux usages locaux, leur valeur estimée est relativement faible et par conséquent, non prise en compte dans une analyse des profits.

⁵⁹ Les droits de coupe correspondent au coût d'acquisition des droits d'exploitation d'une parcelle de terrain. Leur montant est généralement proportionnel à la superficie. Ces droits sont une composante du coût d'opportunité de l'exploitation forestière, c'est-à-dire de la valeur des arbres pour le propriétaire des terres.

- pratiques d'exploitation conventionnelle (EC) et d'exploitation à faible impact (EFI) ; (Voir Encadré 6.5 pour une description des techniques et des coûts d'exploitation),
- distance de la forêt au site de traitement ;
- méthodes de calcul des coûts (coût global vs sous-activité spécifique) ; et
- approches utilisées pour la collecte des données.

86. Le taux de conversion des grumes en bois scié est un facteur utile pour comparer l'efficacité (et la rentabilité) des exploitations de récolte du bois. Stone (1990) utilise un taux de conversion de 47 % et Stone (1995) de 34 %.⁶⁰

Encadré 6.4. Exploitation forestière à faible impact

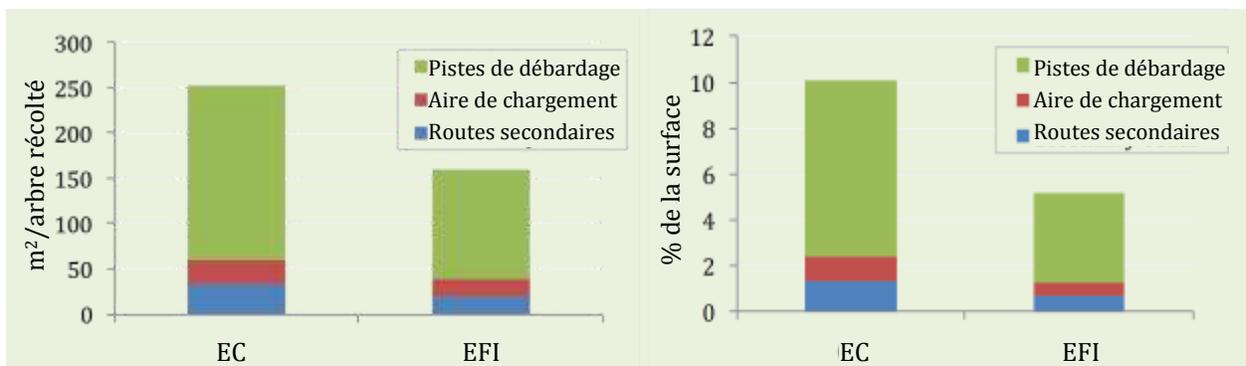
L'exploitation à faible impact (EFI) peut s'avérer plus profitable que les pratiques d'exploitation conventionnelle (EC). Malgré les investissements requis, l'EFI peut générer des avantages tant à court qu'à long terme. Dès la première récolte, la formation des travailleurs forestiers produit des gains d'efficacité au niveau du débardage, de la reconstitution du bois potentiellement commercialisable et de la productivité de l'aire de chargement⁶¹. Les avantages économiques et écologiques à long terme de l'EFI comprennent des arbres résiduels moins endommagés et des sols moins perturbés (Holmes et coll. 1999).

Une étude de cas a révélé que la proportion du bois gaspillé représentait environ 24 % du volume récolté avec les pratiques EC, mais seulement 7,6 % avec les techniques d'EFI. En gaspillant moins de bois et en permettant de récolter un plus grand volume de bois, l'EFI peut réduire les coûts de 12 % par mètre cube par rapport à l'EC (Holmes et coll. 1999).

Le Code modèle FAO des pratiques d'exploitation forestière constitue la base de la conception des systèmes d'EFI, y compris une grande partie ou l'ensemble des activités suivantes : inventaire pré-récolte et cartographie des arbres, planification pré-récolte des routes et des pistes de débardage, coupe pré-récolte des vignes (le cas échéant), abattage directionnel, coupe basse des souches, utilisation efficace des troncs abattus, largeur optimale des routes et des pistes de débardage, treuillage des grumes vers les pistes de débardage, taille optimale des chantiers de façonnage, perturbation minimale du terrain et la gestion des déchets d'abattage (Dykstra et Heinrich 1996).

⁶⁰ Le taux révisé, reflétant une moindre efficacité, est l'un des principaux facteurs étayant la conclusion de Stone que les profits du bois d'œuvre sont en baisse (Bauch, 2010, communication personnelle).

⁶¹ Site où les grumes débardées sont empilées avant d'être chargées sur les camions.



Surface de terrain perturbée par l'EC et l'EFI (en mètres carrés par arbre récolté et en % de la surface)

Source : Holmes, et coll. 1999.

Aucune méthode particulière n'est prescrite pour l'EFI, mais les techniques et directives tentent d'adapter les pratiques modèles d'exploitation aux conditions biophysiques et économiques existantes. Les coûts prérécolte, de planification des récoltes et d'infrastructures étaient de 0,71 dollar EU par mètre cube pour les activités d'EC contre 1,93 dollar EU pour l'EFI. Dans certains cas, le coût de l'EFI peut être plus élevé ou semblable à celui de l'EC, suivant le degré de sophistication de celle-ci (ex. : de la planification des récoltes) et des pratiques d'EFI utilisées (Winkler, 1997 ; van der Hout, 1999). Les effets de l'EFI sur la densité des stocks de carbone et la capacité de régénération des stocks restants n'ont pas encore été estimés. Néanmoins, les coûts d'opportunité liés à la REDD+ des différentes stratégies de gestion forestière peuvent être examinés à l'aide d'analyses des scénarios et de sensibilité.

87. Le gaspillage du bois est un concept lié au taux de conversion. Il correspond à la destruction inutile de grumes non débardées et de jeunes arbres ayant une valeur commerciale. Dans les usines, il est associé à la dégradation des grumes pendant leur stockage et à l'imprécision du sciage (ex. : épaisseur excessive) (Gerwing et coll. 1996). Selon Pokorny et Steinbrenner (2005), les multiples composantes du gaspillage du bois, depuis le terrain jusqu'à l'usine, sont responsables de plus grandes différences dans les coûts que les estimations de la productivité du terrain.

88. Les estimations des profits de l'exploitation forestière peuvent également différer en raison des hypothèses relatives à la qualité du bois et aux prix perçus. Comme beaucoup de forêts d'un même pays sont susceptibles d'avoir déjà été exploitées, les profits tirés du bois peuvent varier sensiblement d'une région à l'autre. Une évaluation de la qualité actuelle des forêts et de leurs utilisations potentielles est le point de départ analytique de l'estimation des profits futurs.

89. Les profits générés par les forêts à haute valeur peuvent être substantiels. Un exemple de récolte d'acajou au Brésil illustre la possibilité de générer des profits élevés avec un impact carbone potentiellement faible (Encadré 6.6).

Encadré 6.5. Grande valeur de l'acajou, mais à quel prix en termes de carbone ?

Les essences de grande valeur extraites des forêts génèrent d'importants profits avec un impact relativement faible sur le carbone forestier. Au Brésil, par exemple, les acajous sont généralement très dispersés sur les parcelles. En moyenne, 5 m³ de grumes d'acajou sont extraits par hectare, générant un profit de 81 dollars EU par hectare, malgré un coût de récolte élevé (150 dollars EU m³) (Verissimo et coll., 1995).

Ce type d'impact forestier peut être limité, mais les pratiques d'exploitation associées peuvent avoir des effets plus importants sur la qualité des forêts. La plupart des opérations d'exploitation utilisent des techniques de récolte conventionnelles, parfois dites « à impact élevé », qui endommagent et dégradent sévèrement les forêts. La construction des pistes de débardage et les dégâts causés à d'autres arbres lors de l'abattage peuvent affecter à la fois la teneur en carbone et le couvert forestier. Toutefois, ces effets ne sont habituellement pas répertoriés sur les cartes de déforestation (Nepstad et coll., 1999). De plus, seule une partie des arbres est récoltée, alors qu'une quantité importante de la biomasse détruite n'a aucune valeur commerciale. La portion des arbres non utilisée devrait être prise en compte dans les comptes carbone des forêts

Pour évaluer l'abattage sélectif, il faudrait estimer le budget de la surface forestière avec exploitation du bois (et toute utilisation ultérieure des terres dans la trajectoire) et le budget de cette même surface sans exploitation. Les rentabilités peuvent ensuite être comparées aux différences entre les stocks de carbone de chacune des deux utilisations afin d'estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+.

Autres produits forestiers

90. Les estimations des profits tirés des PFNL varient elles aussi fortement selon les méthodes d'analyse utilisées, les produits récoltés et le contexte économique. Dans une méta-analyse des études des PFNL, Belcher et coll. (2005) ont estimé la valeur de trois types de production de PFNL (en dollars EU par hectare) : sauvage (1,8 dollar EU), gérée (3,8 dollars EU) et cultivée (25,6 dollars EU). Les coûts de collecte, en particulier les apports de main-d'œuvre sont difficiles à mesurer complètement, et ne sont pas rapportés de manière détaillée dans la littérature. Supposés mineurs, les niveaux correspondants de carbone dans les forêts et les effets de la collecte sur les stocks de carbone n'ont pas été examinés.

Reboisement

91. Depuis les réunions du CCNUCC en 2010 à Cancún, l'amélioration des stocks de carbone forestiers a été intégrée dans la REDD (devenue ainsi REDD+). Cela implique que l'admissibilité à la REDD+ comprend désormais les changements dus, par exemple : 1) au retour à la forêt de terres utilisées de façon non forestière ou (2) à la transformation d'une forêt dégradée à faible teneur en carbone en une forêt à plus forte teneur en carbone.

Rentabilités des trajectoires d'utilisation des terres

92. Les budgets d'utilisation des terres fournissent un cadre analytique et suffisamment d'information pour permettre d'analyser la rentabilité des utilisations des terres sur plusieurs années. Au besoin, les budgets d'entreprise peuvent être combinés dans des budgets pluriannuels correspondant à l'utilisation des terres. Comme les utilisations des terres peuvent évoluer au cours du temps et que les crédits sont attribués pour le carbone contenu dans les utilisations des terres pendant plusieurs années (un point pas encore formellement accepté dans la politique REDD+), une analyse des profits des trajectoires d'utilisation des terres peut en plus être requise pour estimer les coûts d'opportunité liés à la REDD+. Bien que l'horizon temporel de l'analyse puisse être fixé arbitrairement, il peut être inspiré de la politique REDD+. Il s'étend couramment sur 20 à 50 ans, et parfois plus.⁶² Dans ce manuel, nous utiliserons un horizon de 30 ans.

93. La Figure 6.6 et le Tableau 6.5 associé donnent un exemple des résultats d'une analyse des profits au Pérou. Pour chaque changement d'utilisation des terres de ce cas, les profits de la première année sont négatifs. La cause en est le coût d'investissement élevé consenti pour la préparation de la terre à la production agricole ou arbustive ultérieure.⁶³

94. Les profits varient également d'une année à l'autre pour la plupart des utilisations des terres. Les systèmes agricoles et de pâturage génèrent des profits plus rapidement que les systèmes arbustifs, même si ces profits ne sont pas plus élevés. Dans l'exemple du Pérou, les systèmes agricoles sont basés sur des périodes de jachères de courte ou de longue durée, qui produisent des profits positifs au cours de la deuxième et de la troisième année. Au cours des périodes de jachère de 4 et 8 ans respectivement, l'absence de coûts et de gains se traduit par une absence de profits⁶⁴.

95. Lorsque les terres sont utilisées pour l'élevage, même si les coûts initiaux d'ensemencement des pâturages peuvent être faibles, les autres coûts d'établissement, tels que l'achat de bétail et la pose de clôtures sont élevés. Les coûts d'établissement d'un pâturage amélioré sont plus élevés que ceux d'un pâturage naturel, mais les profits générés sont deux fois plus élevés après la première année.

96. Les profits tirés des utilisations pérennes des terres dépendent des investissements requis pour l'établissement du système et des activités de culture intercalaire, ainsi que du nombre d'années jusqu'à ce que les arbres produisent. Les systèmes arbustifs génèrent des profits négatifs (pertes) pendant un ou deux ans, étant donné qu'il est généralement

⁶² L'horizon le plus lointain des activités des projets du MDP, autres que le boisement/reboisement (B/R), est de 21 ans. Pour les activités de B/R, l'horizon temporel est de 20 à 60 ans (CCNUCC, 2010).

⁶³ Par exemple, lorsque le bois peut être vendu, les profits de la première année sont habituellement élevés. De même, les profits de la première année peuvent être positifs lorsque les coûts de défrichage sont faibles (ex. : en utilisant le brûlage avec peu de débroussaillage) et que les premières cultures peuvent être rapidement récoltées (cultures annuelles).

⁶⁴ Le taux de location des terres est considéré comme nul. Cette hypothèse est discutée plus loin.

nécessaire de sarcler et d'effectuer d'autres investissements avant d'obtenir une production.

97. Ces résultats sont extrêmement sensibles aux hypothèses relatives aux rendements, aux prix et aux intrants. Les paramètres utilisés dans les budgets d'entreprise ou d'utilisation des terres peuvent être ajustés à différents contextes socio-économiques et biophysiques. Ces informations liées entre elles permettent d'analyser rapidement comment les estimations des paramètres affectent la rentabilité d'une utilisation des terres donnée. Le Chapitre 9 aborde plus en détail le sujet de l'analyse de sensibilité.

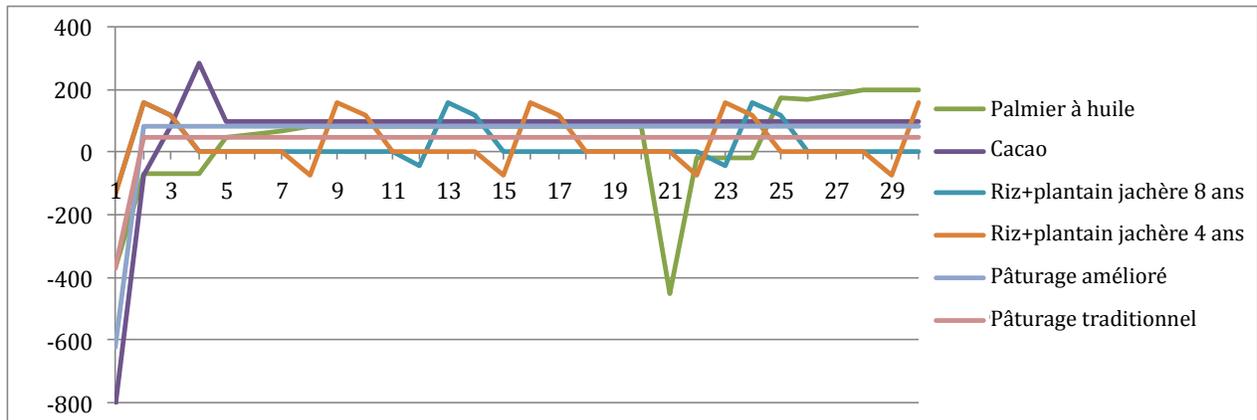


Figure 6.6. Analyse des profits pluriannuels d'un exemple (valeurs non actualisées, dollars/ha)

Tableau 6.5. Résultats d'une analyse pluriannuelle des profits, Pérou (valeurs non actualisées ; années 1 à 15 et 30)

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	30
Huile de palme	-264	-70	-70	-70	46	57	69	81	81	81	81	81	81	81	81	200
Cacao	(815)	(75)	84	284	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Riz+plantain, jachère 8 ans	-133	158	115	0	0	0	0	0	0	0	0	-45	158	115	0	0
Riz+plantain, jachère 4 ans	-133	158	115	0	0	0	0	-73	158	115	0	0	0	0	-73	158
Pâturage amélioré	-633	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Pâturage traditionnel	-384	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Charbon de bois	378															
Charbon de bois + Huile de palme	114	-70	-70	-70	46	57	69	81	81	81	81	81	81	81	81	200
Charbon de bois+riz+plantain, jachère 8 ans	245	158	115	0	0	0	0	0	0	0	0	-45	158	115	0	0
Bois d'œuvre	450															
Bois d'œuvre + pâturage amélioré	-183	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Collecte de PFNL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Valeur actualisée nette

98. Les analyses pluriannuelles des profits présentées ci-dessus illustrent comment le niveau des profits évolue annuellement au cours d'un horizon temporel. Malgré tous ces résultats, il n'est pas simple de déterminer l'utilisation des terres la plus attrayante du point de vue de la rentabilité globale. Une utilisation peut générer les profits les plus élevés, mais ceux-ci peuvent n'apparaître que vers la fin de l'horizon temporel.

99. La valeur actualisée nette (VAN), parfois raccourcie en valeur actualisée, est le résultat d'un calcul couramment utilisé pour estimer la rentabilité d'une utilisation des terres sur de nombreuses années. La VAN prend en compte la valeur de l'argent au cours du temps. Comme attendre des profits est moins souhaitable que d'en obtenir rapidement, la « valeur » des profits futurs est actualisée à l'aide d'un pourcentage, le plus souvent situé entre 2 et 20 %.

100. Dans une analyse pluriannuelle, la VAN est un flux de profits actualisé (recettes moins dépenses en capital, terres et apports de main-d'œuvre).

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{\Pi_t}{(1+r)^t}$$

Où t = année, T = durée de l'horizon temporel, Π = profits annuels de l'UT (dollars/ha), r = taux d'actualisation. Les principales hypothèses introduites lors du calcul de la VAN sont le taux d'actualisation (r) et l'horizon temporel (T).

Quel taux d'actualisation utiliser ?

101. Les taux d'actualisation utilisés dans les analyses de la VAN sont généralement les taux d'intérêt des emprunts, établis par une banque nationale ou l'État. Ils peuvent se situer entre 10 et 30 %. Bien que les prêts agricoles soient rarement disponibles, en particulier dans les régions reculées des lisières des forêts, les taux d'intérêt bancaires n'en constituent pas moins un bon indicateur de la valeur temporelle de l'argent.⁶⁵ Le taux d'intérêt reflète le coût d'opportunité de l'obtention de profits – non pas maintenant, mais dans le futur.

102. Les taux d'actualisation élevés peuvent très fortement réduire la viabilité et l'attractivité des investissements à long terme, notamment pour les entreprises telles que les systèmes d'exploitation forestière, d'agroforesterie et d'élevage de bétail, où des investissements sont nécessaires au cours des premières années et ne commenceront à être rentabilisés qu'entre 5 et 20 ans plus tard. Les coûts sont peu actualisés, alors que la valeur des gains futurs peut être sensiblement plus faible.

⁶⁵ De plus, les petits exploitants agricoles détiennent rarement des titres fonciers pour leurs terres ou des actifs matériels à utiliser comme garantie afin de pouvoir emprunter des fonds.

103. Une autre interprétation de l'effet d'actualisation des taux élevés est que les valeurs futures n'ont aucun intérêt. Comme les profits futurs sont fortement actualisés, ils ne sont pas importants. Autrement dit, les avantages pour les générations futures ne comptent pas. Les résultats obtenus avec des taux d'actualisation élevés incitent à générer des profits et des avantages à court terme puisqu'attendre le long terme n'apporte pratiquement rien. Par exemple, l'application de taux d'actualisation élevés remet en question le point de vue des conservationnistes qui considèrent que les valeurs présentes et futures de la biodiversité sont élevées. Par conséquent, afin d'évaluer la valeur des services écosystémiques, un taux d'actualisation plus bas (social) semble plus justifié que les taux élevés pratiqués dans un environnement commercial à risque (privé).

104. En résumé, il est important de choisir un taux d'actualisation qui reflète la transaction au sein du marché et du contexte des politiques. Les programmes REDD+ ne sont pas basés sur le contexte des petits exploitants conservationnistes ou des entreprises. Le système national de comptabilité d'un pays est probablement le contexte financier intermédiaire approprié pour un programme REDD+. C'est pourquoi nous utiliserons un taux d'actualisation de 5 % dans ce manuel. Pour voir comment la VAN peut être calculée dans des feuilles de calcul informatisées, consultez le document **30-year analysis** de notre exemple. La combinaison d'entreprises comprise dans chaque utilisation des terres est définie là-dedans. Dans la feuille VAN, une fonction est utilisée pour calculer la VAN d'un flux de profits pour chaque entreprise d'une trajectoire donnée. La sensibilité des résultats à cette hypothèse est examinée en détail ci-dessous et dans le chapitre 7

Résultats de l'analyse de rentabilité

105. Les résultats de l'analyse de rentabilité de l'exemple sont repris dans le Tableau 6.6. Les estimations de la VAN pour l'horizon temporel de 30 ans avec un taux d'actualisation de 5 % vont de 15 dollars EU pour la collecte des PFNL à 1 047 dollars EU pour une trajectoire d'utilisation des terres basée sur le bois d'œuvre et les pâturages améliorés. La deuxième trajectoire la moins performante est le pâturage traditionnel. La faible productivité et les coûts d'investissement initial réduisent les estimations de la VAN. En revanche, ces estimations augmentent de manière significative lorsqu'on inclut les profits tirés de la vente de bois d'œuvre ou de charbon de bois. Les profits tirés du charbon de bois multiplient par plus de deux la VAN du système itinérant riz-banane plantain. De même, la VAN d'un système de pâturage amélioré double pratiquement lorsque les profits tirés du bois d'œuvre sont pris en compte.⁶⁶

⁶⁶ Au Brésil, la loi impose un cycle de récolte minimal de 25 ans pour les forêts tropicales. Bien qu'aucune forêt n'y ait été gérée (et ait survécu) aussi longtemps pour nous permettre d'évaluer la faisabilité d'une autre récolte au cours de l'année 25, la VAN pourrait être plus élevée si elle se basait sur une deuxième récolte ; voir van Gardingen et coll., (2006) pour des modèles de repousse de la forêt.

106. Tous ces résultats dépendent fortement des rendements, des prix et du coût des intrants. Il est possible d'ajuster les paramètres de certaines utilisations des terres dans les feuilles de calcul correspondantes.

107. La Figure 6.7 illustre le profit actualisé d'une trajectoire sur un horizon temporel de trente ans. Contrairement aux valeurs non actualisées de ce même horizon, les valeurs actualisées des dernières années sont proches de zéro. Ceci est vrai pour les profits aussi bien positifs que négatifs (investissements) générés dans un futur lointain.

Tableau 6.6. Rentabilités des trajectoires d'utilisation des terres (taux d'actualisation de 5 %, analyse sur 30 ans, dollars/ha)

Palmier à huile	245
Cacao	604
Riz+plantain jachère 8 ans	302
Riz+plantain jachère 8 ans	409
Pâturage amélioré	618
Pâturage traditionnel	336
<hr/>	
Avec charbon de bois	360
Charbon de bois+palmier à huile	605
Charbon de bois+riz+plantain 8 ans	662
Avec bois d'œuvre	429
Bois d'œuvre+pâturage amélioré	1047
Récolte de PFNL	15

Source : Auteurs.

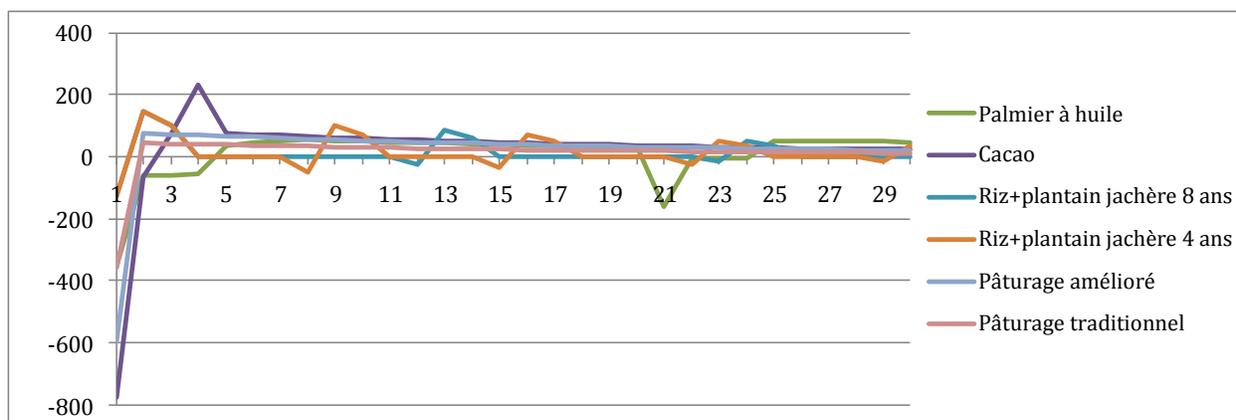


Figure 6.7. Analyse pluriannuelle des profits de l'exemple (taux d'actualisation de 5 %, dollars/ha)

Source : Auteurs.

Questions finales – autres méthodes et hypothèses

108. Comme les résultats des analyses de rentabilité dépendent toujours d'une série d'hypothèses (ex. : sources des données ou taux d'actualisation), ils peuvent et doivent être remis en question. Il est donc crucial d'examiner les estimations des profits et les étapes suivies pour les produire. Dans cette section, nous revenons sur plusieurs éléments importants de l'analyse de rentabilité et discutons des implications des hypothèses.

Comment traiter les intrants partagés et de longue durée

109. Si un intrant agricole est utilisé pour plus d'une entreprise, son coût doit être partagé et imputé à chacune. Si le coût n'apparaissait que dans le budget d'une seule entreprise, le profit de celle-ci serait incorrectement réduit tandis que les autres activités deviendraient indument plus rentables.

110. Pour prendre en compte les intrants partagés, il est recommandé d'utiliser les taux de location par hectare ou par jour pour évaluer de manière approximative le coût des outils et des machines (ex. : tronçonneuses, machettes, tracteurs, etc.). Pour les actifs de longue durée, les prix et les valeurs moyennes sur la durée de vie peuvent être utilisés pour imputer un coût d'utilisation annuel par hectare. L'analyse peut également déprécier la valeur de l'intrant selon un plan d'amortissement dégressif (pour en savoir plus, voir Gittinger, 1982).

Comment estimer le budget des utilisations hypothétiques des terres

111. Les pays peuvent vouloir estimer des pratiques hypothétiques d'utilisation des terres dans le cadre d'une analyse de rentabilité. Certaines pratiques peuvent ne pas être actuellement observées, mais s'accompagner d'avantages carbone plus élevés que ceux des pratiques actuelles (ex. : exploitation à faible impact). De plus, d'autres nouvelles utilisations potentielles des terres pourraient apparaître (ex. : production de biocarburants).

112. L'estimation des situations hypothétiques requiert une grande prudence. Les budgets prospectifs s'appuient souvent sur des hypothèses peu réalistes afin d'obtenir des fonds pour la recherche et la mise en œuvre. Il est recommandé d'examiner attentivement la littérature relative aux rendements prévus et aux économies de coûts associées. De plus, les conditions tant socio-économiques que biophysique des études de cas doivent être comparables à celles des lieux proposés.

Comment prendre en compte l'inflation

113. Les estimations doivent être calculées en termes réels. Autrement dit, l'inflation doit être prise en compte dans les analyses de la VAN, qui devront donc combiner le taux d'actualisation et le taux d'inflation (Taux d'intérêt réel = Taux d'intérêt nominal – Inflation). Les analyses basées sur les taux réels sont importantes dans la mesure où elles

donnent l'augmentation réelle de la valeur et la portion du profit qui n'est due qu'à l'inflation.

Horizon temporel d'une analyse de la valeur actualisée nette

114. Pour que les estimations de la VAN restent comparables entre les différentes entreprises et utilisations des terres, le même horizon temporel doit être fixé pour toutes les analyses. Ce manuel utilise un cadre temporel de trente ans. Comme nous sommes intéressés par le coût d'opportunité lié à l'engagement dans un contrat REDD+, le choix de l'horizon temporel peut avoir d'importantes implications pour les acheteurs et les vendeurs des crédits d'émission. Si l'horizon temporel utilisé pour le calcul de la VAN excède la durée du contrat REDD+ concerné, les coûts d'opportunité peuvent être surestimés, et vice versa.

115. L'utilisation d'un taux d'actualisation plus élevé et d'un horizon temporel plus long peut aider à rendre la méthodologie plus cohérente lors de l'estimation des profits d'une utilisation des terres. Comme les cycles de récolte de différentes utilisations des terres sont susceptibles d'avoir des durées différentes, des décalages peuvent apparaître au sein d'un horizon temporel. Par exemple, certaines utilisations des terres peuvent se terminer au milieu ou à la fin d'une phase productive alors que d'autres sont en période de jachère. (Notons que dans la Figure 4.6, les cycles agriculture-jachère ne sont pas achevés dans le cadre de l'horizon temporel.) Heureusement, le taux d'actualisation peut minimiser l'importance de la contribution des dernières années aux profits.

116. Si un horizon temporel court est utilisé, des valeurs résiduelles substantielles peuvent apparaître pour de nombreuses utilisations des terres. Il peut être plus facile d'utiliser un horizon temporel long (suffisamment long pour que, quel que soit le taux d'actualisation choisi, toute perte ou tout profit survenant au-delà de l'horizon temporel n'ait plus aucune importance) qu'un horizon court qui impliquerait de calculer et de prendre en compte des valeurs résiduelles.

Références et lectures complémentaires

Almeida, O.T., C. Uhl. 1995. Developing a quantitative framework for sustainable resource-use planning in the Brazilian Amazon. *World Development* (23):1745-1764.

Angelsen, A., D. Kaimowitz. 2001. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Éditions CABI Wallingford, Royaume-Uni.

Arima, E., A. Veríssimo. 2002. *Preços de Madeira em Pólos Madeireiros Próximos de Cinco Florestas Nacionais na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente - Programa Nacional de Florestas, Brasília, Brésil.

Bauch, S.C., G.S. Amacher, F.D. Merry. 2007. Costs of harvesting, transportation and milling in the Brazilian Amazon: Estimation and policy implications. *Forest Policy and Economics*. (9): 903-915.

- Bauch, S. 2010. *Logging, Laws and Lower Volumes: Underreporting of Timber Production in the Amazon*. Document de travail North Carolina State University, Raleigh, USA.
- Belcher, B., M. Ruiz-Perez, R. Achdiawan. 2005. Global Patterns and Trends in the Use and Management of Commercial NTFPs: Implications for Livelihoods and Conservation. *World Development*. 33(9):1435–1452.
- Binswanger, H., J. McIntire. 1987. Behavioral and Material Determinants of Production Relations in Land-abundant Tropical Agriculture. *Economic Development and Cultural Change* 36:73-99.
- Börner, J., S. Wunder. 2008. Paying for avoided deforestation in the Brazilian Amazon: From cost assessment to scheme design. *International Forestry Review* 10(3): 496-511.
- Boserup, E. 1965. *The Conditions for Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*. Aldine Publishing Co., Chicago.
- Chomitz, K. 2006. *At Loggerheads? Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and Environment in Tropical Forests*. Banque mondiale, Washington, DC. 234p.
<http://siteresources.worldbank.org/INTTROPICALFOREST/Resources/PRR207.pdf>
- Colán, V., J. Catpo, B. Pokorny, C. Sabogal. 2007. *Costos del Aprovechamiento Forestal para Seis Empresas Concesionarias en la Región Ucayali, Amazonía Peruana*. p. 117-134. In: Monitoreo de Operaciones de Manejo Forestal en Concesiones con Fines Maderables de la Amazonía Peruana. Ministerio de Agricultura, CIFOR, INRENA. Lima, Pérou. 134p.
- Coomes, O. T., & Burt, G. J. 2001. Peasant charcoal production in the Peruvian Amazon: Rainforest use and economic reliance. *Forest Ecology and Management* (140): 39–50.
- Dykstra, D.P. and R. Heinrich. 1996. *FAO Model Code of Forest Harvesting Practice*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 85 pp.
- FAO. 2002. *Financial and economic assessment of timber harvesting operations in Sarawak, Malaysia*. Étude de cas no 17 sur l'exploitation forestière. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
<http://www.fao.org/docrep/004/Y2699E/y2699e00.htm#Contents>
- FAO. 2001. *Forest Harvesting Practice in Concessions in Suriname*. Étude de cas no 16 sur l'exploitation forestière. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <http://www.fao.org/DOCREP/003/Y2698E/y2698e00.htm#TopOfPage>
- Gittinger, J. P. 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Geist, H. and E. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*. 52(2): 143-150.
- Gerwing, J.J., J.S. Johns, E. Vidal. 1996. Reducing waste during logging and log processing: Forest conservation in eastern Amazonia. In: *Unasylva* (187) 64p.
<http://www.fao.org/docrep/w2149e/w2149e00.htm>
- Gregersen, H., H. El Lakany, A. Karsenty, A. White. 2010. Does the Opportunity Cost Approach Indicate the Real Cost of REDD+ ? Rights and Realities of Paying for REDD. Rights and Resources Initiative: Washington DC 30p.

Grieg-Gran, M. 2007. *The Cost of Avoiding Deforestation*. Institut international pour l'environnement et le développement (IIED). Présentation à la conférence : Régime international, déforestation évitée et évolution des politiques publiques et privées affectant les forêts dans les pays du Sud. Paris. 21-23 novembre.

Grieg-Gran, M. 2008. *The Cost of Avoiding Deforestation: Update of the Report prepared for the Stern Review of the Economics of Climate Change*. Institut international pour l'environnement et le développement (IIED). Londres. 26p.

Hofstad, O. 1997. Woodland deforestation by charcoal supply to Dar es Salaam. *Journal of Environmental Economics and Management* 33(1), 17–32.

Holmes, T. P., G.M. Blate, J.C. Zweede, R. Pereira, P. Barreto, F. Boltz and R. Bauch. 1999. *Financial Costs and Benefits of Reduced-Impact Logging Relative to Conventional Logging in the Eastern Amazon*. Forest Service International Programs de l'USDA et Tropical Forest Foundation, Washington D.C.

Kotto-Same J, Moukam A, Njomgang R, Tiki-Manga T, Tonye J, Diaw C, Gockowski J, Houser S, Weise S, Nwaga D, Zapfack L, Palm C, Woomer P, Gillison A, Bignell D and Tondoh J, 2000. *Summary Report and Synthesis of Phase II in Cameroon*. ASB Country Report. Alternatives to Slash-and-Burn, Nairobi, Kenya.

Kragten, M., T. P. Tomich, S. Vosti, J. Gockowski. 2001. *Evaluating Land Use Systems from a Socioeconomic Perspective*. ASB Lecture Note 8. Alternatives to Slash-and-Burn: Nairobi, Kenya.

Kydd, J, R. Pearce, and M. Stockbridge. 1997. The economic analysis of commodity systems: Extending the policy analysis matrix to account for environmental effects and transactions costs. *Agricultural Systems*. (55) 323-345

Labarta, R., D. White, S. Swinton. Does Charcoal Production Slow Agricultural Expansion into the Peruvian Amazon Rainforest? *World Development* 36 (3):527–540.

Merry, F., Pokorny, B., Steinbrenner, M., Souza, J., Silva, I., 2005. *Contabilidade de custo e eficiência de produção na indústria madeireira na Amazônia Brasileira*. Rapport du projet IPAM pour la Banco da Amazônia, Belem, Brésil. 115 pp.

Monke, E., S.R. Pearson. 1989. *The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development*. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Nepstad, D., A. Veríssimo, A.A. Alencar, C. Nobre, E. Lima, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, P. Moutinho, E. Mendoza, M. A. Cochrane, V. Brooks. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* (398):505-508.

Pearce, D., F. Putz, J.K. Vanclay. 2003. Sustainable forestry in the tropics: panacea or folly? *Forest Ecology and Management* (172):229-247.

Pfaff, A. 1996. *What drives deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from Satellite and Socioeconomic Data*. Document de travail consacré à la recherche sur les politiques. Banque mondiale.

- Pokorny, B., M. Steinbrenner. 2005. Collaborative monitoring of production and costs of timber harvest operations in the Brazilian Amazon. *Ecology and Society* 10(1): 3. [en ligne] <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art3/>
- Ruthenberg, H. 1976. *Farming Systems in the Tropics*. Oxford University Press, Oxford. pp. 365.
- Sheil, D. and S. Wunder. 2002. The value of tropical forest to local communities: complications, caveats, and cautions. *Conservation Ecology* 6(2): 9. [en ligne] <http://www.consecol.org/vol6/iss2/art9>
- Seroa da Motta, Ronaldo. 2002. *Estimativa do Custo Econômico do Desmatamento na Amazônia*. Texto para Discussão N° 910, Instituto de Pesquisa Economica Aplicada. 29p.
- Souza Jr., C., A. Veríssimo, E. Lima, R. Salomão. 2000. *Alcance econômico da exploração madeireira na Amazônia*. IMAZON. Belém.
- Southgate, D. 1998. *Tropical forest conservation: an economic assessment of the alternatives in Latin America*. Oxford University Press, New York, USA
- Stone, S.W., 1998. Evolution of the timber industry along an aging frontier: the case of Paragominas (1990–1995). *World Development* (26):433-445.
- Tomich, T.P., M. van Noordwijk, S. Budidarsono, A. Gillison, T. Kusumanto, D. Murdiyarso, F. Stolle and A.M. Fagi. (eds.) 1998. *Alternatives to Slash-and-Burn in Indonesia: Summary Report & Synthesis of Phase II*. Rapport ASB no 8 sur l'Indonésie. Bogor, Indonésie : ASB-Indonésie et CIRAF-Asie du Sud-Est
- Tomich, T.P., M. van Noordwijk, S.A. Vosti and J. Witcover. 1998. Agricultural Development with Rainforest Conservation Methods for seeking Best Bet Alternatives to Slash-and-Burn, with Applications to Brazil and Indonesia. *Agricultural Economics*. 19:159-174.
- CCNUCC, 2010. Views related to carbon dioxide capture and storage in geological formations as a possible mitigation technology. SBSTA. Session de trente secondes, Bonn, 31 mai. 8p. <http://unfccc.int/resource/docs/2010/sbsta/eng/misc02a01.pdf>
- Van der Hout, P. 1999. *Reduced impact logging in the tropical rain forest of Guyana: ecological, economic and silvicultural consequences*. Tropenbos-Guyana Series 6, Wageningen, Pays-Bas
- van Gardingen, P.R., D. Valle, I. Thompson, I. 2006. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajos National Forest, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 231: 184-195. <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/paulvg/publications/tapajos.pdf>
- Vedeld, P., A. Angelsen, E. Sjaastad, G. Kobugabe Berg. 2004. *Counting on the Environment: Forest Incomes and the Rural Poor*. Document 98 de la série Économie environnementale. Banque mondiale : Washington, DC. 114 p.
- Vera Diaz, M.C. and S. Schwartzman, 2005. Carbon offsets and land use in the Brazilian Amazon. In Moutinho and Schwartzman (eds.) *Tropical Deforestation and Climate Change*. IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental de Amazonia), Parà, Brésil ; Environmental Defense Fund, Washington, D.C.

Veríssimo, A., P. Barreto, M. Mattos, R. Tarifa, and C. Uhl. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management* 55: 169-199.

Veríssimo, A., P. Barreto, R. Tarifa, C. Uhl. 1995. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. *Forest Ecology and Management* (72):39–60.

Veríssimo, A., E. Lima, M. Lentini. 2002. *Pólos Madeireiros do Estado do Pará*. Belém, Brazil: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), 74p.

<http://www.imazon.org.br/downloads/index.asp?categ=1>

Vincent, R. J., C. Clark Gibson, M. Boscolo. 2003. *The Politics and Economics of Forest Reforms in Cameroon*. Banque mondiale : Washington, D.C.

Vosti, S., J. Witcover, J. Gockowski, T.P. Tomich, C.L. Carpentier, M. Faminow, S. Oliviera, C. Diaw. 2000. *Alternatives to Slash-and-Burn. Report on Methods for the ASB Matrix. Working Group on Economic and Social Indicators*. CIRAF : Nairobi.

White, D., S.J. Velarde, J.C. Alegre and T.P. Tomich (Eds.), 2005. *Alternatives to Slash-and-Burn (ASB) in Peru, Summary Report and Synthesis of Phase II*. Monographie. Alternatives to Slash-and-Burn, Nairobi, Kenya.

http://www.asb.cgiar.org/PDFwebdocs/White_et_al_2005_ASB-Peru.pdf

Winkler, N. 1997. *Environmentally Sound Forest Harvesting: Testing the Applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil*. Étude de cas no 8 sur l'exploitation forestière. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 7. Analyse des coûts d'opportunité

Objectifs

Apprendre à :

1. Générer une courbe des coûts d'opportunité liés à la REDD
2. Examiner l'effet de changements dans les politiques, les prix et les coefficients techniques sur une courbe des coûts d'opportunité (analyse de sensibilité)
3. Créer des cartes des coûts d'opportunité

Sommaire

Estimation des coûts d'opportunité	7-2
Analyses de sensibilité.....	7-5
Cartes des coûts d'opportunité.....	7-10
Références et lectures complémentaires.....	7-12



1. Ce chapitre reprend les résultats des chapitres précédents. Nous y combinons différents types d'information sur l'utilisation des terres : changement d'affectation des terres, stocks de carbone et rentabilité.

Estimation des coûts d'opportunité

2. Le coût d'opportunité est un type de compromis. Pour la REDD+, le coût d'opportunité est la mesure d'un changement d'affectation des terres exprimée en termes d'unités monétaires et physiques, et non pas uniquement d'unités physiques, étant donné que les compromis sont souvent comparés. Les coûts d'opportunité liés à la REDD+ sont exprimés en dollars EU ou en euros par tonne d'équivalent dioxyde de carbone (eqCO₂).

Courbe des coûts d'opportunité

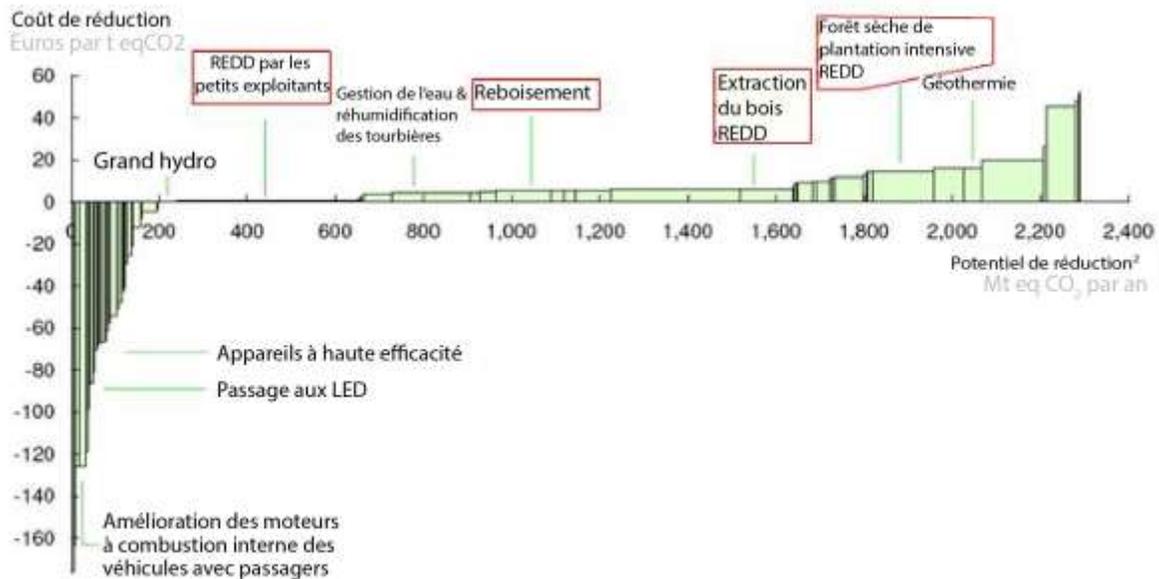
3. La courbe des coûts d'opportunité liés à la REDD+ compare les coûts d'opportunité de différents types de changement d'affectation des terres. La hauteur représente le coût d'opportunité de chaque changement d'affectation des terres. La courbe montre également le volume de la réduction potentielle des émissions par type de changement d'affectation des terres. C'est la largeur des différents segments.

4. Dans une « courbe de réduction » nationale établie par *Dewan Nasional Perubahan Iklim* et McKinsey & Co. (

), qui est en fait une courbe des coûts d'opportunité (voir Figure 1.6 et la discussion du texte correspondant), les options mises en évidence sont liées à l'utilisation des terres. Dans cet exemple, certains coûts d'opportunité sont négatifs, ce qui signifie que la réduction de l'activité correspondante génère des bénéfices nets et non des coûts. Ces options sont situées à gauche du graphique et en dessous de l'axe horizontal. Toutefois, compte tenu de l'étroitesse de ces rectangles, l'ampleur du potentiel de réduction est relativement faible.

6. D'autres options de réduction ont des coûts positifs. Les exemples relatifs à l'utilisation des terres comprennent quatre options de réduction REDD+ issues des petits exploitants, du reboisement, de l'extraction du bois et de l'agriculture intensive dans les forêts de terres arides. Bien que la fourchette des coûts aille de moins de 1 à 15 euros, le volume potentiel de réduction est plus important que pour des options de réduction moins coûteuses.

7. Une telle analyse nationale est une étape utile pour comprendre les coûts de la réduction du carbone. Les résultats constituent toutefois une simplification d'une réalité diverse. Un large éventail de contextes nationaux et infranationaux révèle habituellement des différences considérables par rapport aux résultats généralisés.



1. La perspective sociétale implique l'utilisation d'un taux d'actualisation de 4 %

2. La largeur de chaque barre représente le volume de la réduction potentielle. La hauteur représente le coût nécessaire à l'obtention de chaque initiative de réduction

Figure 7.1. Une courbe nationale des coûts d'opportunité

Source : Dewan Nasional Perubahan Iklim (Conseil national pour le changement climatique) et McKinsey & Co. 2009.

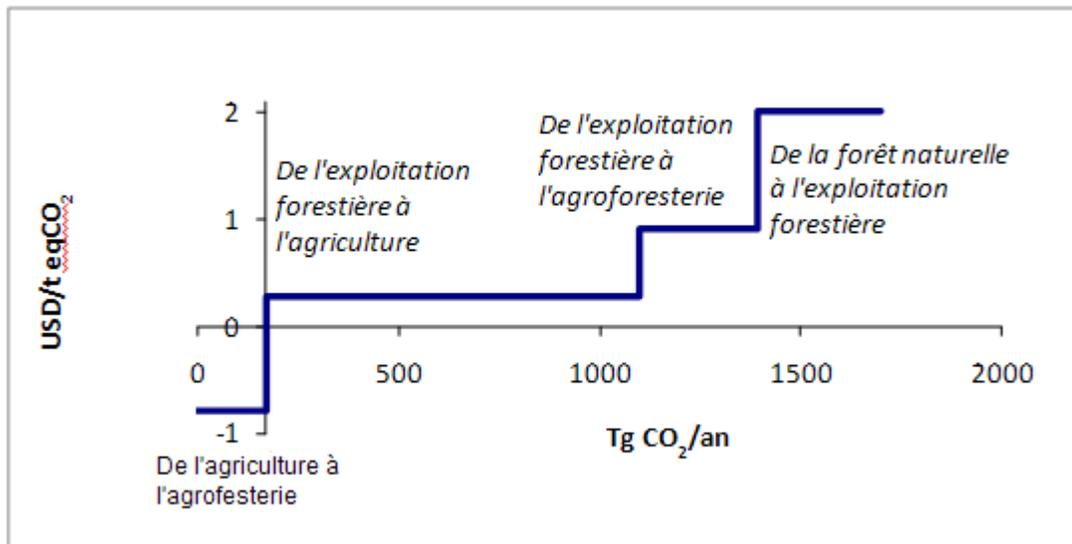
Analyse de la feuille de calcul

8. Le fichier intitulé **OppCost** contenant la feuille de calcul est un exemple simplifié d'une analyse des coûts d'opportunité (voir à **l'Annexe F** les sections des feuilles de calcul décrites et le site Web du manuel pour télécharger le fichier **SpreadsheetExercisesREDDplusOppCosts.xlsm** avec ses macros).

9. Il est important de souligner que l'analyse des coûts d'opportunité est basée sur les changements d'affectation des terres. C'est pourquoi, en plus de la légende d'utilisation des terres, des informations sur les utilisations des terres et les changements d'affectation des terres actuels au niveau national sont nécessaires.

10. Dans cet exemple, l'information sur l'utilisation des terres est basée sur des pourcentages. La répartition initiale de l'utilisation des terres figure dans une seule

colonne de cellules. La ligne indiquant l'utilisation future des terres est le résultat de nombreux changements d'affectation des terres correspondant à une matrice de cellules. Les changements d'affectation des terres produisent des émissions de carbone dans trois



cas (

11. Figure 7.2). Le coût d'opportunité obtenu lorsque l'on évite la transition de l'exploitation forestière vers l'agriculture est le plus bas, à 0,44 dollar EU/t eqCO₂. Un changement d'affectation des terres passant de l'exploitation forestière à l'agroforesterie a un coût d'opportunité de 1,14 dollar EU/t eqCO₂, et la transformation d'une forêt naturelle en une forêt exploitée a le coût d'opportunité le plus élevé, à 1,36 dollar EU/t eqCO₂. Un changement d'affectation des terres correspondant au passage de l'agriculture à l'agroforesterie impliquerait un coût d'opportunité négatif (autrement dit, un bénéfice potentiel) de 0,84 dollar EU/t eqCO₂. Ce type de changement d'affectation des terres reflète la façon dont les bénéfices plus élevés peuvent également correspondre à la séquestration de plus de carbone.

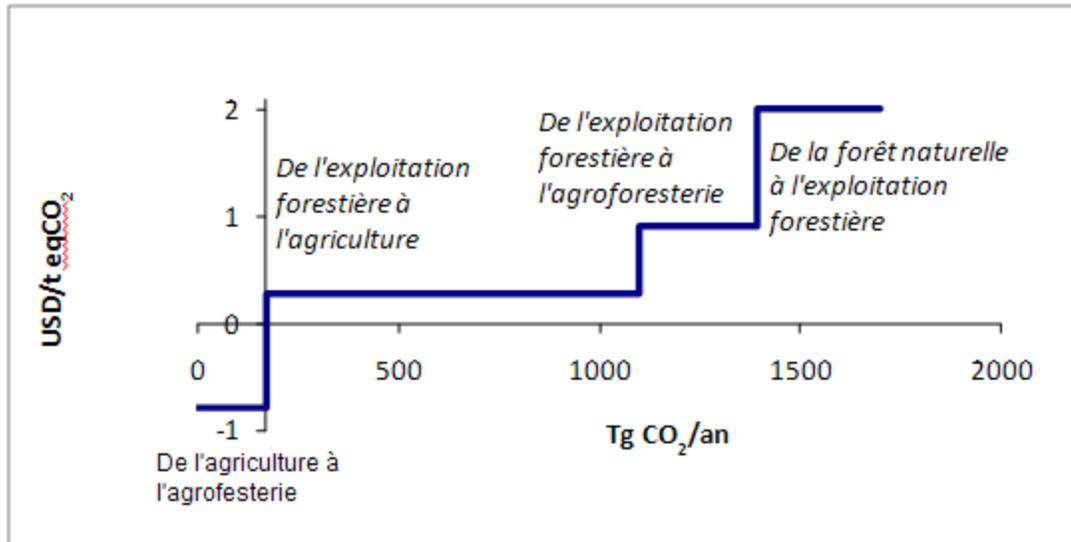


Figure 7.2. Exemple de résultats pour les coûts d'opportunité, tirés de la feuille de calcul

12. Plus le nombre des utilisations des terres considérées dans une analyse augmente, plus il devient difficile de discerner les facteurs qui ont le plus d'importance. Les analyses de sensibilité constituent un moyen pratique d'identifier les principaux déterminants. Un ou plusieurs paramètres (ex. : coûts des intrants, salaires, prix des produits) peuvent être modifiés dans une analyse, successivement ou simultanément, afin d'évaluer leur impact sur les résultats. En outre, une analyse de sensibilité structurée, réalisée en augmentant et en diminuant la valeur d'un paramètre d'un certain pourcentage, est un moyen utile d'évaluer les implications potentielles de paramètres incertains.

Analyses de sensibilité

13. Les analyses de sensibilité sont effectuées pour vérifier la robustesse d'un modèle analytique quantitatif, tel que le modèle des coûts d'opportunité présenté dans ce manuel. Une telle approche permet d'identifier les paramètres qui ont le plus d'effet sur les résultats du modèle. En bref, le processus d'analyse de sensibilité consiste à modifier la valeur des paramètres d'entrée du modèle pour déterminer et comprendre l'impact que ces changements peuvent avoir sur les résultats. Les principales étapes comprennent donc :

- L'identification des paramètres d'entrée et hypothèses clés susceptibles d'affecter les résultats,
- La détermination des priorités des paramètres pour l'analyse de sensibilité (ex. : données d'entrée, rendements, prix),
- La détermination de la plage réaliste de variation du paramètre ou de l'hypothèse,

- L'examen des résultats des estimations inférieures et supérieures de chaque paramètre,
- La documentation, la comparaison et l'interprétation des résultats,
- L'identification des scénarios à envisager en priorité dans les discussions sur les politiques,
- La prise en compte de catégories d'utilisation des terres supplémentaires afin d'améliorer la précision,
- L'identification des domaines d'étude prioritaires pour clarifier l'éventail des paramètres spécifiques (ex. : données d'entrée, rendements, prix).

14. Dans le cas de l'analyse des coûts d'opportunité, les paramètres clés à prendre en considération sont les profits et la teneur en carbone des utilisations des terres. Les profits peuvent varier à la suite de changements dans les prix ou les rendements. Les estimations de la teneur en carbone des différentes utilisations des terres peuvent varier au sein d'un pays ou à mesure que de nouveaux résultats d'étude deviennent disponibles.

15. Nous allons examiner ici les variations de deux paramètres pour déterminer leur effet sur les coûts d'opportunité.

Analyse de sensibilité A. L'exploitation forestière génère une VAN de 400 dollars EU au lieu de 300 dollars EU.

Dans la feuille de calcul OppCost, un changement dans la rentabilité de l'utilisation des terres exploitées affecte trois des quatre coûts d'opportunité (

Figure 7.3).

1. *De l'exploitation forestière à l'agriculture.* L'estimation du coût d'opportunité descend de 0,44 dollar EU à 0,29 dollar EU. En d'autres termes, une augmentation de 100 dollars EU de la VAN réduit de 34 % le coût d'opportunité du changement d'utilisation des terres.
2. *De l'exploitation forestière à l'agroforesterie.* L'estimation du coût d'opportunité descend de 1,14 dollar EU à 0,91 dollar EU. Ici, une augmentation de 100 dollars EU de la VAN réduit de 23 % le coût d'opportunité du changement d'affectation des terres.
3. *De la forêt naturelle à l'exploitation forestière.* L'estimation du coût d'opportunité augmente de 1,47 dollar EU à 2,02 dollars EU. Dans ce cas, une augmentation de 100 dollars EU de la VAN accroît de 37 % le coût d'opportunité du changement d'affectation des terres.
4. *De l'agriculture à l'agroforesterie.* Aucun effet.

Notons que la quantité des émissions ne varie dans aucune des hypothèses décrites ci-dessus.

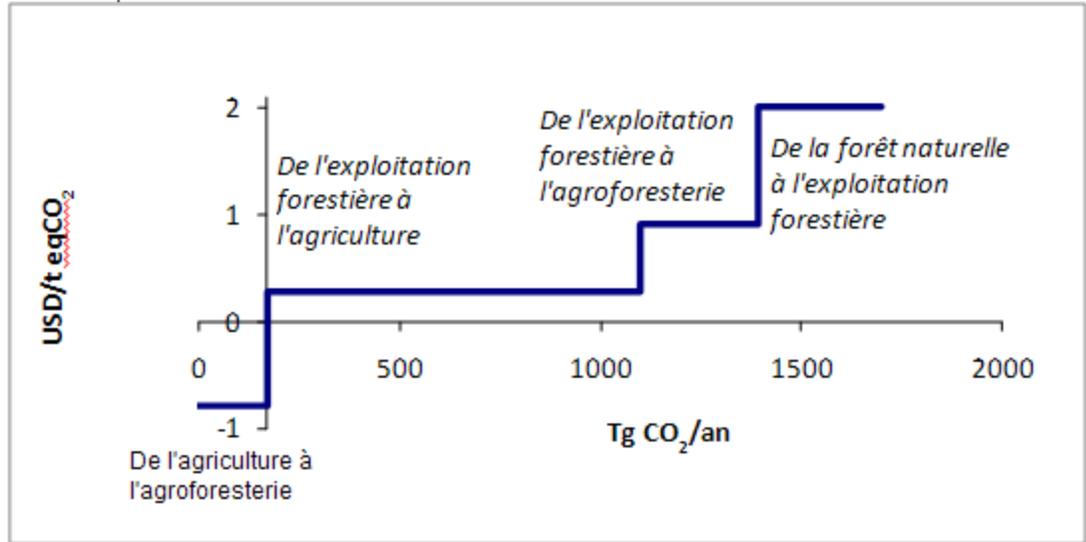


Figure 7.3. Analyse de sensibilité A (avec une VAN de 400 dollars EU pour l'exploitation forestière)

Analyse de sensibilité B. L'exploitation forestière a une teneur en carbone de 150 tonnes par hectare au lieu de 200 tonnes par hectare.

Dans l'exemple de la feuille de calcul **OppCost**, un changement dans la teneur en carbone de l'utilisation des terres exploitées affecte trois des quatre coûts d'opportunité et les émissions correspondantes (Figure 7.4).

1. *De l'exploitation forestière à l'agriculture.* L'estimation du coût d'opportunité augmente de 0,44 dollar EU à 0,58 dollar EU par tonne d'eqCO₂. En d'autres termes, une réduction de 50 tonnes de carbone par hectare augmente de 32 % le coût d'opportunité du changement d'affectation des terres. Les émissions correspondantes passent de 928 à 855 tonnes d'eqCO₂.
2. *De l'exploitation forestière à l'agroforesterie.* L'estimation du coût d'opportunité diminue de 1,14 dollar EU à 0,74 dollar EU par tonne d'eqCO₂. Ici, une diminution de 50 tonnes de carbone par hectare réduit de 35 % le coût d'opportunité du changement d'affectation des terres. Les émissions correspondantes passent de 293 à 171 tonnes d'eqCO₂.
3. *De la forêt naturelle à l'exploitation forestière.* L'estimation du coût d'opportunité augmente de 1,47 dollar EU à 1,95 dollar EU par tonne d'eqCO₂. Dans ce cas, une réduction de 50 tonnes de carbone par hectare augmente de 33 % le coût d'opportunité du changement d'affectation des terres. Les émissions correspondantes augmentent de 305 à 611 tonnes d'eqCO₂.
4. *De l'agriculture à l'agroforesterie.* Aucun effet.

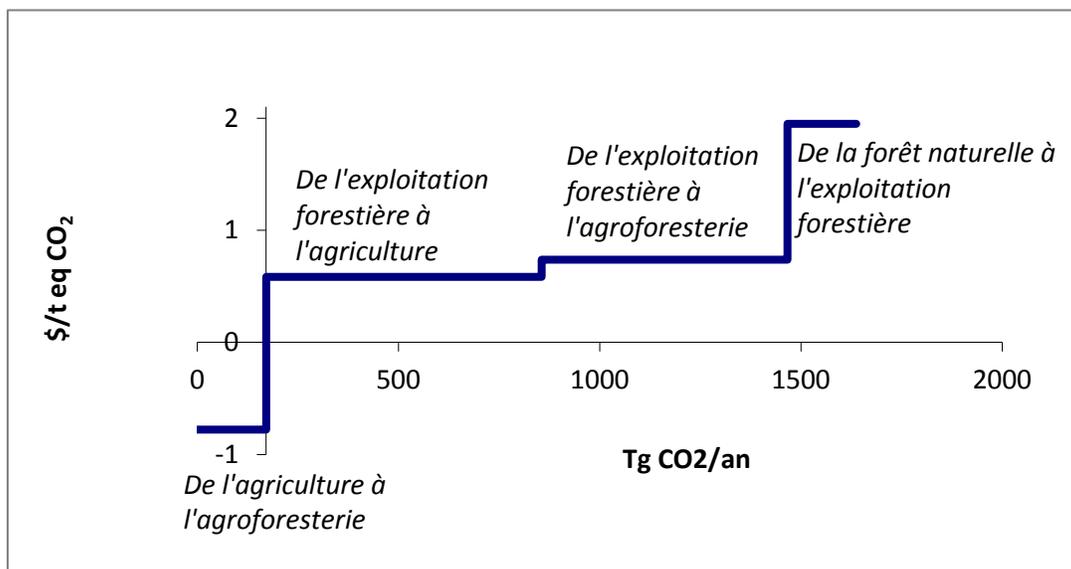


Figure 7.4. Analyse de sensibilité B (avec une teneur en carbone des forêts exploitées de 150 tonnes par hectare)

16. En outre, une évaluation des tendances, des lieux et de la dynamique de comportement relatifs aux changements dans un pays donné peut aussi aider à identifier les paramètres à examiner en priorité. De cette manière, les analyses de sensibilité sont reliées à l'analyse de différents scénarios correspondant à des conditions et trajectoires futures (Chapitre 9).

17. Les analyses de sensibilité requièrent une interprétation et un examen critique des résultats. Des changements dans les résultats peuvent refléter une différence « normale », où la « normale » est déterminée au cours d'une discussion afin de garantir que le résultat a du sens. En d'autres termes, l'analyse de sensibilité nécessite des compétences scientifiques et une connaissance du contexte. Tout modèle étant une simplification d'une réalité plus vaste et plus complexe, l'objectif de l'analyse de sensibilité est de s'assurer que le modèle se comporte comme prévu.

REDD-Abacus

18. Des courbes des coûts d'opportunité ne considérant que quelques utilisations des terres peuvent facilement être estimées à l'aide de feuilles de calcul Microsoft XL. Deux limitations empêchent toutefois d'effectuer des analyses plus larges :

- 1) Les options de réduction des émissions doivent être triées suivant les coûts, avec les coûts inférieurs situés à gauche de la figure et croissant le long de l'axe horizontal. Un sous-programme macro doit être créé pour établir les courbes des coûts

d'opportunité.

- 2) L'identification et l'étiquetage de chaque segment de la courbe avec un chiffre requièrent l'exécution de tâches manuelles séparées, qui ne peuvent pas encore être automatisées.

19. REDD-Abacus est un programme informatique qui facilite la création des courbes de coûts (Centre mondial de l'agroforesterie, et coll., 2010). Les données relatives au carbone et aux bénéfices de nombreuses utilisations des terres et régions infranationales peuvent être introduites dans le programme à des fins d'analyse (Figure 7.5). En divisant un pays en zones infranationales distinctes, différentes caractéristiques affectant la teneur en carbone (ex. : les précipitations ou l'altitude) et les niveaux de profit (ex. : les rendements, les prix à la production) des utilisations des terres peuvent être identifiées afin de générer une analyse plus précise des coûts d'opportunité. Par conséquent, les courbes des coûts d'opportunité obtenues correspondent non seulement à chacun des changements d'affectation des terres possibles, mais aussi à chaque région infranationale (Figure 7.6). La facilité de la gestion des données et des calculs permet d'accélérer le processus des analyses de sensibilité et des scénarios. L'Annexe G présente un exemple d'analyse avec l'interprétation des résultats.

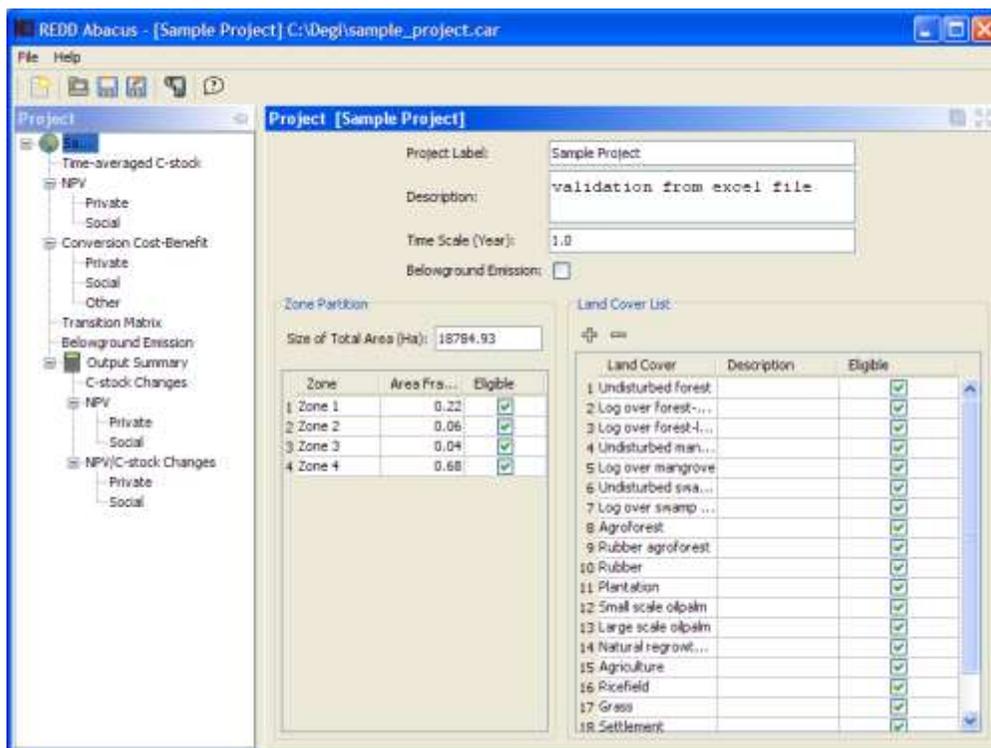


Figure 7.5. Utilisations des terres et régions d'un exemple d'analyse avec REDD-Abacus

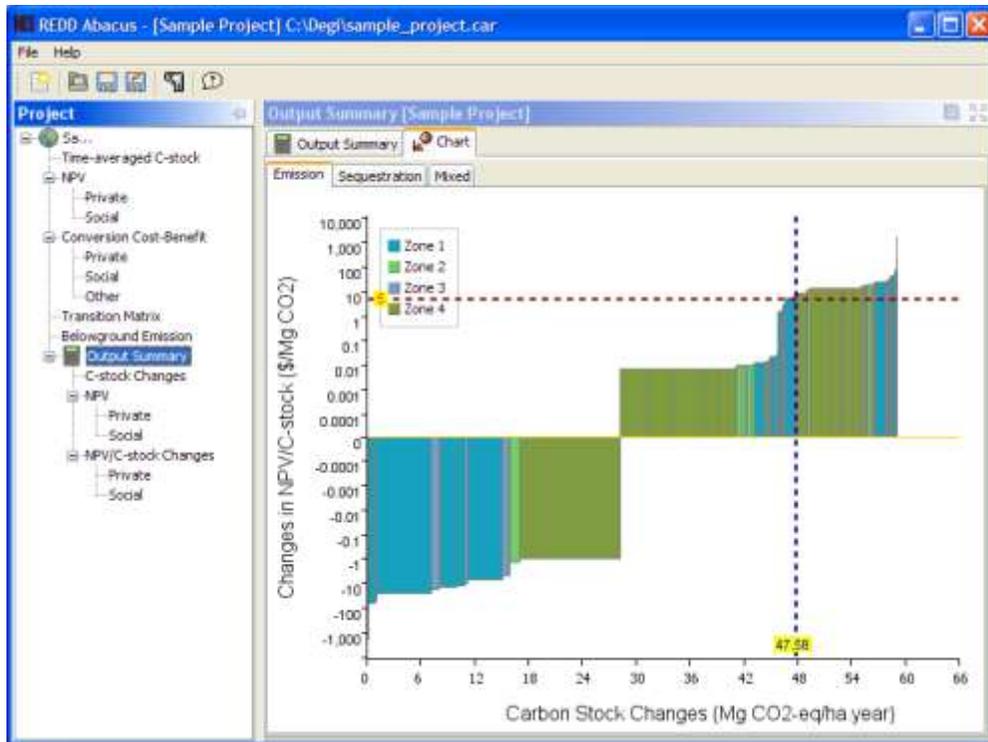
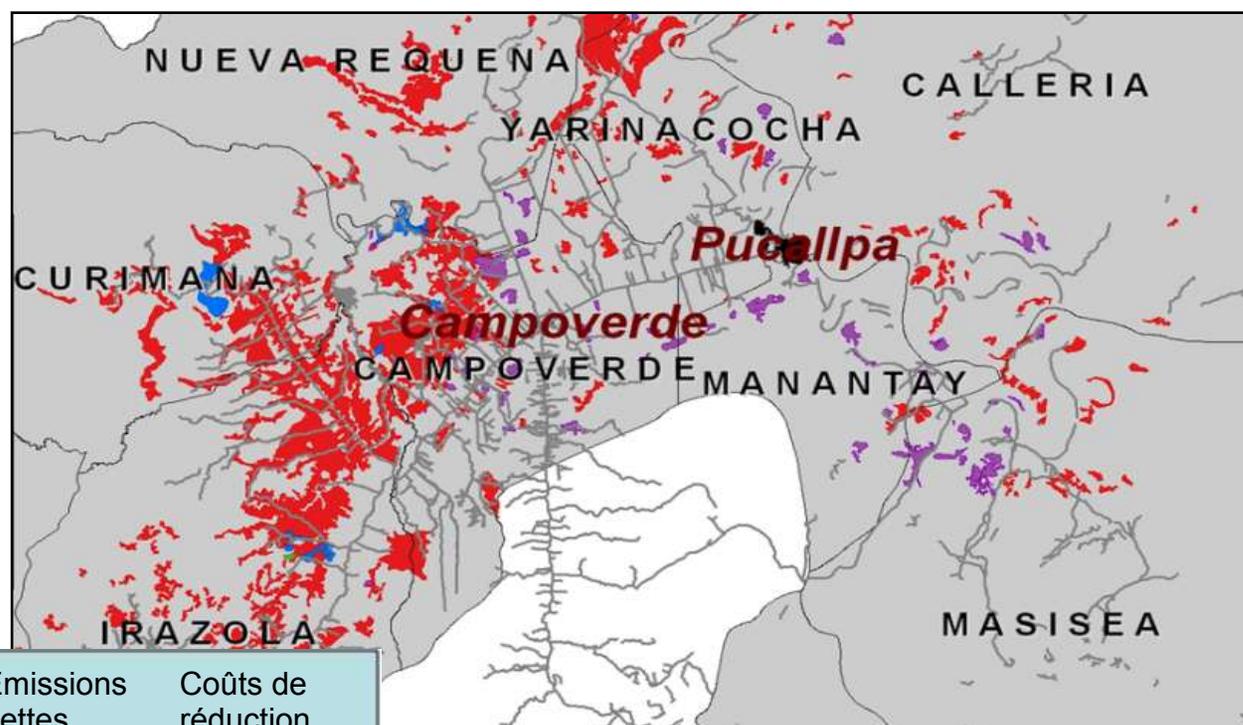


Figure 7.6. Une courbe des coûts d'opportunité par changements d'affectation des terres et régions infranationales

Cartes des coûts d'opportunité

20. Les cartes représentant les estimations des coûts d'opportunité sont utiles pour visualiser le coût économique engagé pour éviter la déforestation et les bénéfices d'un accroissement des stocks de carbone. L'équipe d'analyse peut utiliser les résultats des estimations des coûts d'opportunité pour analyser leur répartition spatiale.

21. La Figure 7.7 : montre les résultats du type de carte qui peut être utile pour déterminer un point de départ au cours de l'élaboration d'un programme de compensation REDD+. Elle montre les quatre plus importantes zones de transition forestière dans un site d'étude de l'Amazonie centrale péruvienne, entre 1990 et 2007. Les valeurs des émissions nettes et des coûts de réduction des émissions, présentées dans l'histogramme, sont issues des calculs de la feuille de calcul relative aux coûts d'opportunité. Ces calculs peuvent être convertis en une base de données ou des fichiers tabulaires qui peuvent ensuite être importés dans un SIG, où ils sont reliés aux cartes de transition des utilisations des terres décrites ci-dessus.



Transitions clés d'utilisation des terres : 1990-2007		Émissions nettes t eqCO ₂ /ha/an	Coûts de réduction USD/t eqCO ₂
	Couv.for. 95% → culture itinérante	2.35	2.0
	Couv.for. 80% → couv.for. 50%	0.30	2.2
	Couv.for. 80% → culture itinérante	0.55	2.4
	Couv.for. 50% → culture itinérante	0.50	2.5

Quatre transitions majeures d'utilisation des terres dans la région d'Aguaytia (Pérou) : émissions nettes et coûts de réduction, 1990-2007

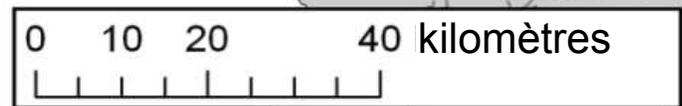


Figure 7.7 : Une carte des coûts d'opportunité, Amazonie centrale péruvienne 1990-2007.

Source : White et Hyman, 2009.

22. L'analyse des résultats des calculs des coûts d'opportunité dans le SIG présente plusieurs avantages :

- Les futures transitions d'utilisation des terres sont susceptibles de se situer à proximité des transitions déjà réalisées. L'équipe d'analyse peut superposer ces zones avec des cartes des aires protégées, des points chauds de la biodiversité, de la distribution de la population, du réseau routier, des réserves autochtones et d'autres cartes.
- Les analystes peuvent alors visualiser où les différentes interventions peuvent être nécessaires dans le cadre d'un programme REDD+.
- Les analyses futures peuvent utiliser les prédictions de déforestation et de changement d'affectation des terres pour mieux cibler les initiatives REDD+.

Références et lectures complémentaires

Centre international pour la recherche en agroforesterie (CIRAF), Direction générale de la planification forestière, ministère des Forêts (Ditjen Planologi), Université de Brawijaya (UB) et Centre indonésien pour la recherche et le développement sur les ressources en terres agricoles (ICALLRD). 2010. *REDD-Abacus : ABAtement Cost cUrves for Reducing Emission from Deforestation, Degradation. Accountability and Local Level Initiative to Reduce Emission from Deforestation and Degradation in Indonesia (ALLREDDI) program. Version 1.0.2.* CIRAF : Bogor Indonésie.
<http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/projects/allreddi/software>

Dewan Nasional Perubahan Iklim (Conseil national sur le changement climatique) et McKinsey & Co. 2009. *Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*, Rapport intérimaire, Jakarta : septembre.

van Noordwijk, M., P. Akong Minang. 2009. If we cannot define it, we cannot save it. In: A.J. Van Bodegom H. Savenije, M. Wit. (eds.) *Forests and Climate Change: Adaptation and Mitigation*. Tropenbos International, Wageningen, Pays-Bas. xvi + 160 pp.

van Noordwijk, M., T.P. Tomich, J. Gockowski, S. Vosti. 2001. Analysis of trade-offs between local, regional and global benefits of land use. Lecture note 10. 14p. In: van Noordwijk, M., S. Williams and B. Verbist (Eds.) *Towards integrated natural resource management in the humid tropics: local action and global concerns to stabilize forest margins*. ICRAF : Nairobi.

White, D., G. Hyman. 2009. *What are the Opportunity Costs of Reducing Carbon Emissions from Deforestation? An Amazon Case study in Ucayali, Peru*. CIAT et ASB : Cali, Colombie.

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 8. Coavantages liés à l'eau et à la biodiversité

Objectifs

1. Expliquer les coavantages liés à l'eau et à la biodiversité ainsi que leur importance dans les mécanismes REDD+
2. Résumer comment aborder les coavantages dans l'analyse des coûts d'opportunité

Sommaire

Qu'est-ce que les coavantages ?.....	8-2
Qu'est-ce que les services écosystémiques ?	8-3
Comment estimer les coavantages ?	8-4
Coavantages liés à l'eau	8-5
Coavantages liés à la biodiversité.....	8-10
Coavantages et coûts d'opportunité	8-22
Conclusion.....	8-28
Références lectures supplémentaires.....	8-29



Qu'est-ce que les coavantages ?

1. Il est important de situer les programmes REDD+ dans leur contexte. Les forêts offrent des services environnementaux ou écosystémiques ayant une importance économique. Ces services, ou coavantages, comprennent la biodiversité et l'eau, qui sont abordés dans le présent chapitre.
2. Lorsqu'il existe des coavantages, les programmes REDD+ peuvent faire plus que réduire les émissions et atténuer les changements climatiques. Dans les forêts ayant des niveaux élevés de coavantages, disons dans les parties supérieures des bassins versants présentant une biodiversité unique, la valeur de tous les avantages peut être nettement supérieure à celle du simple carbone. Lorsque cette valeur forestière plus élevée est prise en compte (un avantage pour le pays et non pour les individus), le coût d'opportunité de l'abandon des utilisations alternatives des terres est plus faible.
3. Les relations entre la biodiversité, les services écosystémiques liés à l'eau et les stocks de carbone sont rarement simples. Tous les niveaux de carbone peuvent être différents dans les forêts, ceux des services écosystémiques liés à la biodiversité et à l'eau offerts par les forêts peuvent également varier au sein des pays. Par ailleurs, les zones prioritaires pour la réduction des émissions peuvent ne pas être les mêmes que celles pour la génération des coavantages forestiers. Par exemple, les forêts plus sèches peuvent contenir une plus grande biodiversité et moins de carbone que les forêts humides (Stickler et coll., 2009). Pour pouvoir tirer des avantages forestiers multiples lors de la mise en œuvre des programmes REDD+, les pays devront identifier les synergies et compromis possibles dans la prestation des avantages.
4. Le présent chapitre a pour objectif de présenter une approche pour la prise en compte des effets de deux des plus importants coavantages environnementaux, à savoir l'eau et la biodiversité, sur les coûts d'opportunité liés à la REDD+.⁶⁷ Il convient de noter que ce chapitre n'est pas une analyse exhaustive de l'eau et de la biodiversité. Il aborde plutôt l'importance éventuelle des services liés à l'eau et à la biodiversité dans le contexte de l'évaluation des coûts d'opportunité.

⁶⁷ La réduction de la pauvreté, l'amélioration de l'équité sociale, les droits de l'homme et des populations autochtones, et la gouvernance sont autant de sujets importants liés à la REDD + qui ont été identifiés en tant que coavantages. Pour plus d'information sur la question, voir Brown et coll., (2008) et le *Meridian Institute* (2009). Par exemple, les crédits *Gold Standard* du MDP mettent l'accent sur les avantages du carbone ainsi que du développement durable. Pour qu'un projet MDP génère des crédits *Gold Standard*, il doit satisfaire des critères spécifiques de développement durable plus stricts que les exigences de la CCNUCC. Ces crédits sont volontaires et bénéficient d'un prix avantageux. Pour en savoir plus, voir: www.cdmgoldstandard.org/

Qu'est-ce que les services écosystémiques ?

5. Les services écosystémiques ou environnementaux sont les « avantages que les populations tirent des écosystèmes ». Les forêts, et les terres en général, offrent de nombreux services écosystémiques bénéfiques, qui peuvent être classés en quatre grands types : approvisionnement, régulation, culture et appui (Tableau 8.1). Ce cadre de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2006) comprend les services visés par :

- *l'analyse des coûts d'opportunité* : principalement les services d'approvisionnement,
- *l'analyse des coavantages* : approvisionnement en eau et autres services de régulation, culturels et d'appui.

6. Les avantages les plus concrets et directs proviennent des services d'approvisionnement et d'appui. Les avantages moins concrets, mais néanmoins importants, sont les services culturels ainsi que les relations sociales et la sécurité des moyens de subsistance qui y sont associés. Ces avantages sont souvent négligés parce qu'indirects. La prise en compte d'un tel éventail d'avantages permet de mieux comprendre les nombreux apports de l'eau aux écosystèmes et à la société.

Tableau 8.1. Services écosystémiques des forêts

Service écosystémique	Exemples
<i>Approvisionnement</i>	<i>Production de nourriture et d'eau (objet de l'analyse des coûts d'opportunité)</i>
Nourriture	Produits forestiers non ligneux tels que les fruits, les baies, les animaux
Eau	Approvisionnement en eau domestique, industrielle et agricole
Fibre	Bois, chanvre, soie, caoutchouc
Combustibles	Bois de chauffage, charbon de bois
<i>Régulation</i>	<i>Contrôle des processus naturels</i>
Climat	Régulation du cycle mondial du carbone ; régulation du climat local et régional (effets albédo, précipitations régionales, etc.)
Inondations/sécheresse	Réduction du ruissellement des eaux de surface
Maladies	Réduction des zones de développement de certains vecteurs de maladie et de la transmission de maladies telles que le paludisme
Eau	Cycle hydrologique
<i>Culturel</i>	<i>Avantages non matériels des écosystèmes</i>
Esthétique	Paysages et décors
Spirituel	Signification spirituelle des forêts
Éducatif	Ressources génétiques, biodiversité
Récréatif	Tourisme
<i>Appui</i>	<i>Processus naturels qui soutiennent d'autres services écosystémiques</i>
Cycle des nutriments	Flux des nutriments à travers l'atmosphère, les plantes et les sols
Formation du sol	Matières organiques, rétention du sol
Pollinisation	

Source : Adapté de ONU-REDD, 2009.

7. Les services écosystémiques sont interdépendants. La quantité d'un type de service écosystémique est souvent liée à d'autres services, en particulier avec la forêt. Les aires de conservation à haute priorité ont tendance à offrir des services multiples, étroitement liés entre eux. Les études ont cependant révélé des degrés variables d'interdépendance entre les services. Dans certains cas, il peut exister une relation mineure ou inverse, suivant les types de services. Par exemple, des coûts connexes ou « désavantages » peuvent résulter de pratiques de gestion des terres qui accroissent la densité du carbone. La biodiversité peut être moindre dans les plantations forestières en monoculture.

8. Il est important d'identifier ces éventuels effets négatifs afin de les prendre en compte dans une stratégie REDD+ nationale. Tout comme les coavantages, les coûts connexes sont des conséquences propres aux sites et peuvent donc mieux être analysés au cas par cas.

Comment estimer les coavantages ?

Une approche pragmatique

9. Aborder efficacement les coavantages écosystémiques au niveau national requiert à la fois de la vitesse et de la précision.

Niveau 1 : Participer et identifier

10. La première étape de l'évaluation des coavantages des écosystèmes forestiers est l'identification des services écosystémiques à examiner. Étant donné le vaste éventail des services potentiels, les priorités seront probablement différentes suivant les pays. Un large ensemble composé d'organismes publics, d'ONG, de milieux académiques et de la société civile doit être impliqué dans le processus d'identification afin d'en assurer une appropriation nationale.

Exemples : analyses nationales des déficits effectuées par les Parties à la Convention sur la diversité biologique.⁶⁸

Niveau 2 : Déterminer les priorités et localiser

11. La deuxième étape de l'évaluation des coavantages est la localisation des zones présentant de hauts niveaux d'avantages écosystémiques. Ce processus requiert la combinaison de plusieurs avis différents et de divers types de données. Les analyses mondiales et régionales, présentées ci-dessous, peuvent compléter les analyses nationales ou y être adaptées.

Exemples : points chauds de la biodiversité, bassins hydrographiques en amont des centres urbains.

⁶⁸ The CBD Program of Work on Protected Areas (PoWPA) Gap Analysis: a tool to identify potential sites for action under REDD+ (un outil pour identifier les sites potentiels d'action au titre de la REDD+) <http://cdn.www.cbd.int/doc/programmes/cro-cut/pa/pa-redd-2008-12-01-en.pdf>

Niveau 3 : Estimation quantitative des valeurs économiques

12. La troisième étape de l'évaluation des coavantages est l'estimation de leur valeur économique. Cette information permettra une comparaison directe des différents services écosystémiques. Les valeurs économiques ne reflètent toutefois pas la totalité des valeurs de ces services. De plus, la valeur des compromis est souvent difficile à déterminer. Si les valeurs économiques peuvent orienter les décisions en matière de politiques, d'autres valeurs non économiques sont susceptibles d'avoir une influence.

Exemples : Estimation de la valeur des services environnementaux et mécanismes de compensation

Coavantages liés à l'eau

13. L'utilisation des terres affecte de différentes manières l'eau et les avantages associés. Le Tableau 8.2 résume une série d'avantages de l'eau, tirés de deux cadres d'analyse : la coopération fluviale internationale (Sadoff et Gray, 2005) et les services écosystémiques (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2003). Le concept d'écosystème apporte une approche globale permettant d'analyser et d'agir sur les liens entre les populations et les services environnementaux.

Tableau 8.2. Services et avantages liés à l'eau

Types d'avantages	Services/avantages liés à l'eau	Type de service environnemental (contribution au bien-être)
Accroissement des avantages pour l'eau	Quantité et qualité de l'eau, régulation, conservation des sols, écologie/biodiversité	Appui/régulation
Accroissement des avantages de l'eau	Hydroélectricité, agriculture, pêche, gestion des inondations/sécheresses, navigation, eau potage à usage domestique Spirituel et religieux, récréatif et touristique, esthétique, inspirateur, éducatif, sentiment d'appartenance, patrimoine	Approvisionnement Culturel
Réduction des coûts grâce à l'eau	Coopération au lieu de conflit, développement économique, sécurité alimentaire, stabilité politique	Culturel (Relations sociales et sécurité)
Augmentation des avantages au-delà d'eau	Intégration de l'infrastructure régionale, des marchés et du commerce, stabilité régionale	

Source : White et coll. (2008), adapté de Sadoff et Grey (2005) et MEA (2003).

Identifier les avantages

14. Un autre point de vue sur l'eau est celui du bassin hydrographique. Une telle approche aide à associer les services environnementaux générés par une utilisation des terres, en

particulier les forêts. Les décisions d'utilisation des terres peuvent affecter la prestation des services environnementaux des bassins hydrographiques. Bruijnzeel (2005) a effectué un examen des liens entre les forêts et l'eau. Il subsiste néanmoins de nombreux désaccords quant à la portée et à la nature des effets (Calder, 2005 ; van Noordwijk, 2005). Les liens entre les forêts et l'eau ont également été souvent examinés, avec de nombreux résultats scientifiques allant à l'encontre de croyances populaires.⁶⁹

15. L'utilisation des terres affecte les services fournis par les bassins hydrographiques, notamment :

- la quantité ou l'apport d'eau total (débit) ;
- la régularité du débit (régulation) ;
- la qualité de l'eau :
 - l'absence de sédiments dus à l'érosion ;
 - l'absence de pollution due aux déchets agricoles (ex. : fumier) et à l'écoulement d'engrais.

16. L'importance relative des services d'un bassin hydrographique dépend des conditions propres au site, du type de changement d'affectation des terres, et du type de consommateur d'eau vivant dans le bassin hydrographique. Des consommateurs d'eau différents ont des besoins différents, ce qui détermine le type de services liés à l'eau qui est requis. Par exemple, un système d'alimentation en eau domestique a besoin d'une eau saine et d'un débit régulier. Par contre, la qualité de l'eau pose beaucoup moins de problèmes pour une installation hydroélectrique. Mais, pour un réservoir de stockage, la réduction de la charge sédimentaire est importante.

Quantité ou apport d'eau total

17. Les forêts peuvent réduire *les débits ou la quantité annuels de l'eau*. Des expériences fondées sur des observations et des raisonnements théoriques confirment que l'évapotranspiration des forêts réduit les débits annuels (Calder, 1999). Les forêts perdent plus d'eau par évaporation que d'autres végétations de plus petite taille, notamment les cultures. Dans des conditions de sécheresse, les racines profondes des arbres permettent aux forêts d'accéder à l'eau dans le sol. C'est pourquoi les pertes d'eau dues aux forêts sont plus élevées sous les climats secs. Des expériences ont montré que l'évaporation des forêts d'eucalyptus peut être deux fois supérieure à celle des cultures agricoles.

18. Les forêts peuvent également accroître les flux d'eau totaux. Dans le cas des forêts d'altitude, il est prouvé que l'apport d'eau accru dû à l'interception des nuages (gouttelettes de brouillard sur la végétation, souvent appelé pluie horizontale) compense les taux d'évapotranspiration plus élevés (Bruijnzeel, 2001)

⁶⁹ Cette section repose en grande partie sur Porras et coll. (2008) et Pagiola (2010), communication personnelle.

Régularité du débit

19. L'impact des forêts sur la *régulation du débit de l'eau* est également peu clair. Une opinion très répandue veut que les forêts agissent comme des « éponges », en absorbant puis libérant progressivement de l'eau, même si le fait n'est pas étayé par de nombreuses preuves. Les forêts ont théoriquement deux effets opposés sur les niveaux de base des débits : 1) l'infiltration de l'eau a tendance à être plus importante dans les forêts naturelles, ce qui permet une meilleure recharge des eaux du sol et des débits accrus en saison sèche, et 2) une interception et une transpiration accrues en période sèche augmentent le déficit d'humidité du sol et réduit les débits en saison sèche.

20. Les cas de déforestation réduisant l'approvisionnement saisonnier en eau ont tendance à être propres aux sites et dus à différents facteurs. Les types d'espèces d'arbres, de nouvelles utilisations des terres et de pratiques de gestion associées influent sur les liens entre les forêts et le débit de l'eau. L'interception des nuages dans les bassins supérieurs peut également contribuer à une augmentation des débits en saison sèche (Bruijnzeel, 2001). Toutefois, des recherches au Costa Rica montrent que le captage supplémentaire peut être relativement faible par rapport à d'autres utilisations des terres (Bruijnzeel, 2005).

21. Les pratiques courantes de gestion des utilisations des terres non boisées sont la principale cause de réduction des services liés à l'eau. Par exemple, lorsque la déforestation est associée à un fort compactage du sol (dû aux routes, chemins ou pâturages), le ruissellement de l'eau peut augmenter beaucoup plus que l'évapotranspiration ne se réduit. De même, les sols exposés suite au travail du sol ou au surpâturage accroissent souvent le ruissellement ainsi que l'érosion des sols et la sédimentation en aval.

22. Les forêts peuvent aider à *réduire les risques d'inondation* lors d'événements pluvieux « d'une intensité régulière ». Le public associe aux forêts des avantages importants en termes de réduction des inondations. En théorie, les forêts peuvent aider à réduire les inondations en absorbant une partie des précipitations et en permettant la création de déficits d'humidité dans le sol grâce à l'évapotranspiration et à l'interception des pluies. Les effets escomptés sont considérés comme les plus importants pour les petites chutes de pluie et les moins importants pour les plus grandes.

23. D'autre part, les activités d'abattage des arbres peuvent augmenter les inondations à cause de l'impact élevé des récoltes, pratiques de drainage et construction de routes, qui accroissent la densité des écoulements ainsi que le compactage du sol. Certaines des premières études hydrologiques révèlent quelques liens entre l'utilisation des terres et le débit des crues. Des éléments probants récents étayaient l'idée qu'il n'existe une relation positive que dans les bassins hydrographiques plus petits et qu'au cours d'événements de petite envergure. Le type et la gestion des forêts influencent le degré auquel les forêts absorbent l'excédent d'eau au cours des périodes pluvieuses. Dans les grands bassins hydrographiques, les crues se produisent dans de nombreux bassins plus petits permettant

ainsi une répartition des eaux. Pour les chutes de pluie violentes et prolongées, même les grands bassins hydrographiques connaîtront des inondations, mais celles-ci sont susceptibles de se produire même dans les bassins hydrographiques boisés (Bruijnzeel et Bremmer, 1989).

Qualité de l'eau

24. La relation entre les forêts et la *réduction de l'érosion* n'est pas non plus évidente. Selon la croyance générale, les taux élevés d'infiltration de l'eau associés aux forêts naturelles et mixtes permettent de réduire le ruissellement des eaux de surface, et donc l'érosion. De plus, les racines des arbres peuvent maintenir les sols, réduisant ainsi leur vulnérabilité par rapport à l'érosion, surtout le long des pentes abruptes. Les arbres contribuent également à réduire l'impact des pluies sur les sols et, ainsi, le déplacement des particules du sol. Des éléments probants montrent également que dans la détermination des taux d'érosion, les forêts comptent moins que d'autres facteurs, tels que le couvert végétal, la composition du sol, le climat, la taille des gouttes de pluie, le terrain et le degré d'inclinaison des pentes.

25. Néanmoins, pour un ensemble donné de conditions, une parcelle boisée provoquera entraînera généralement une moindre érosion. Il est également important de noter que la qualité de l'eau peut également être affectée par d'autres facteurs non liés à l'utilisation des terres. Les effluents non traités des centres urbains ou des industries constituent une source majeure de contamination non liée à la conservation des forêts.

26. Les forêts *réduisent la sédimentation* dans certaines circonstances. La production de sédiments dépend d'une série de facteurs propres aux sites, dont la taille des bassins hydrographiques, la géologie locale, la topologie, la stabilité des berges des cours d'eau, les utilisations des terres et les réseaux routiers (Chomitz et Kumari, 1998). Les forêts ont deux rôles potentiels. Premièrement, elles ont tendance à être moins érosives que la plupart des autres utilisations des terres. Mais, lorsqu'elles sont dégradées, elles peuvent également être une importante source de sédiments. Deuxièmement, les forêts situées le long des cours d'eau peuvent intercepter les sédiments arrachés ailleurs, avant qu'ils n'atteignent les eaux.⁷⁰ Même si les changements d'affectation des terres peuvent avoir des impacts importants sur la sédimentation, une comparaison doit être effectuée entre les niveaux existants et ceux antérieurs aux changements. Très peu d'études empiriques ont tenu compte de toutes les variables concernées.

27. Les grands réseaux racinaires des forêts sont communément supposés aider à maintenir fermement le sol en place et lui permettre de *résister aux glissements de terrain*. Mais, cette notion ne vaut principalement que pour les glissements de terrain superficiels.

⁷⁰ Ce deuxième rôle n'est pas mentionné dans l'examen de Porras et coll. (2008), mais il peut être très important (Pagiola, communication personnelle).

Les glissements de terrain importants ne sont pas nécessairement corrélés avec l'existence des forêts.

28. Les écosystèmes naturels sains, y compris les forêts, aident à *maintenir les habitats aquatiques*. Les forêts ont un impact positif sur la santé des populations aquatiques des cours d'eau, des lacs et le long des côtes, en contrôlant la sédimentation, la charge en nutriments, la température et la turbidité de l'eau (Calder, 2005). En revanche, les fortes charges en sédiments et en nutriments dues à certaines utilisations agricoles des terres sont particulièrement préjudiciables, provoquant une eutrophisation et une prolifération d'algues, qui privent le milieu aquatique d'oxygène et de la lumière du soleil.

Quantifier les avantages

29. Cette section doit s'achever sur une note beaucoup plus positive, en signalant les types de services généralement attendus des forêts par rapport aux alternatives les plus courantes que sont les pâturages et les terres agricoles. La réduction de l'érosion et la meilleure qualité de l'eau sont à placer en haut de la liste, suivies de la réduction des risques d'inondation au niveau local et d'un meilleur débit en période sèche (avec un point d'interrogation).

30. Les avantages des services écosystémiques liés à l'eau peuvent être estimés de plusieurs façons. Elles vont des approches participatives locales aux analyses mondiales nécessitant une grande quantité de données. L'outil d'évaluation hydrologique rapide (Jeanes et coll. 2006 ; Van Noordwijk, 2006) combine les deux. Son approche associe la connaissance des liens entre la terre et l'eau tirée de modèles informatisés de simulation hydrologique des paysages, avec les perceptions qu'ont les parties prenantes des fonctions des bassins hydrographiques. À l'aide de techniques d'évaluation rurale participative, l'outil étudie les perceptions des parties prenantes sur :

- la gravité des problèmes des bassins hydrographiques, associés à l'utilisation des terres
- les apports positifs dus à certaines pratiques d'utilisation des terres
- le potentiel de la compensation en ce qui concerne l'appui aux actions positives en amont.

31. L'évaluation porte sur une période de six mois et compte cinq étapes :

- mois 1 : démarrage et reconnaissance des parties prenantes et des problèmes ;
- mois 2-4 : recueil des données de référence (analyse de la documentation) à partir de la littérature et des rapports existants ;
- mois 3-4 : recueil des données de référence (travail de terrain) : analyse spatiale, analyse participative des paysages, enquêtes sur les connaissances écologiques au niveau local et auprès des décideurs ;
- mois 3-5 : traitement des données dans des modèles et préparation de scénarios ;
- mois 6 : communications et affinement des conclusions.

Coavantages liés à la biodiversité

32. Qu'arrive-t-il aux coûts d'opportunité liés à la REDD+ lorsque les forêts sont très riches en biodiversité ? La biodiversité des forêts pouvant générer des avantages économiques, la différence entre les profits tirés de l'utilisation des terres boisées et non boisées est moindre. Les coûts d'opportunité d'un programme REDD+ sont donc plus faibles. En supposant que les propriétaires terriens tirent profit de la biodiversité, moins de fonds doivent être investis pour leur offrir une compensation pour la conservation de la forêt (et de la biodiversité).

33. La biodiversité peut atténuer le besoin de projets REDD+. Dans certaines forêts très riches en biodiversité, la valeur de l'habitat boisé peut excéder celle générée par les autres utilisations des terres.⁷¹ Les touristes, par exemple, sont souvent prêts à payer pour voir les gorilles de montagne ou la faune de la jungle dans les parcs nationaux. Si les avantages de la biodiversité sont pris en compte dans les rendements tirés d'une zone donnée par les propriétaires terriens, ils ne sont néanmoins pas considérés comme des coavantages parce qu'ils peuvent être inclus dans l'évaluation des coûts d'opportunité. Toutefois, le système foncier peut compliquer ces calculs étant donné que de nombreuses forêts sont des aires protégées sur lesquelles les locaux n'ont que peu ou pas de droit d'utilisation.

34. Un pays doit-il ou non considérer la biodiversité comme un coavantage pour lui-même ? Les améliorations associées aux services liés à l'eau générés en évitant le déboisement constituent des avantages pour le pays (ex. : une eau plus propre, une réduction du risque d'inondation, etc.).⁷² Il est donc logique qu'un pays s'efforce d'optimiser ces avantages. La biodiversité est, par contre, différente. La plupart de ses avantages profitent à l'extérieur du pays. Sa situation beaucoup plus proche de celle de la séquestration du carbone en fait essentiellement un avantage mondial. C'est pourquoi un pays peut être peu enclin à consacrer des efforts à l'obtention de ces avantages, à moins de recevoir une compensation pour le faire.

35. Heureusement, la plupart des pays ont déjà analysé les priorités en matière de conservation de la biodiversité dans le cadre de leurs Plans d'action nationaux pour la biodiversité et d'autres programmes. Les planificateurs du REDD+ peuvent donc utiliser ces plans, en adaptant les cartes qu'ils contiennent aux analyses d'utilisation des terres REDD+.

36. L'étendue et la complexité des végétaux et animaux d'une forêt créent des problèmes d'identification et de quantification de la biodiversité. Depuis les années 1950, les débats sur la mesure de la biodiversité sont au cœur d'une grande partie de la littérature écologique. Cette absence de consensus a également des implications importantes pour l'estimation de la valeur de la conservation de la biodiversité. Toute mesure de rentabilité

⁷¹ Dans ces cas, les coûts d'opportunité liés à la REDD+ pourraient théoriquement être négatifs.

⁷² Et parfois, dans d'autres pays, comme dans le cas des cours d'eau transfrontaliers.

utilisée pour éclairer les investissements dans la conservation doit comprendre un indice ou un ensemble d'indices d'évolution de la biodiversité (Pearce et Moran, 1994). De même, sans des mesures correctes des coavantages liés à la biodiversité, les investissements REDD+ basés sur les coûts d'opportunité peuvent ne pas être justifiés. Les problèmes de mesure et d'évaluation de la biodiversité sont abordés ci-dessous.

Identifier la biodiversité : qu'est-ce que la biodiversité ?

37. La *diversité biologique*, ou *biodiversité*, est la variété des plantes, animaux et micro-organismes vivant sur la planète. La biodiversité est utilisée pour décrire un large éventail de formes de vie, allant des gènes jusqu'aux écosystèmes. La biodiversité est différente du stock mondial des ressources biologiques, un terme plus anthropocentrique désignant les forêts, les terres humides et les habitats marins. Les ressources biologiques sont généralement des éléments connus de la biodiversité qui soutiennent des utilisations humaines actuelles ou potentielles.

38. La biodiversité est importante pour la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes. La stabilité des écosystèmes a deux composantes : la résistance et la résilience. La résistance d'un écosystème est sa capacité à « absorber les chocs », son aptitude à résister aux changements environnementaux. De son côté, la résilience d'un écosystème est son aptitude à revenir à son état antérieur ou à « rebondir » après qu'il a été sérieusement perturbé. La perte de la biodiversité affecte généralement à la fois la résistance et la résilience des écosystèmes.

39. L'altération des habitats naturels ou leur conversion en terres agricoles est la principale cause de perte rapide de la biodiversité.⁷³ La conversion des forêts modifie profondément ou simplifie sérieusement les écosystèmes. Les pratiques agricoles modernes, souvent des monocultures, constituent un cas extrême de simplification.

40. Les impacts potentiels de l'extinction et de l'appauvrissement accélérés de la biodiversité peuvent, tôt ou tard, être perceptibles. À long terme, les processus de la sélection et de l'évolution naturelles peuvent être affectés par une diminution de la base de ressources, tout simplement à cause de la naissance de moins d'espèces. Les implications de la raréfaction des espèces pour l'intégrité de nombreux écosystèmes vitaux sont inconnues. L'éventuelle existence de seuils d'épuisement, l'effondrement du système qui y est associé, et les énormes répercussions sur le bien-être social correspondant sont

⁷³ Les pertes peuvent également être causées par :

- la collecte excessive de certaines espèces, notamment celles à grande valeur économique,
- les conséquences d'un envahissement par des espèces étrangères, y compris les maladies
- les impacts des polluants,
- l'extinction d'espèces compagnes essentielles (ex. : les pollinisateurs, les agents de dispersion des graines ou fruits),
- le changement climatique.

Ces causes à l'origine des pertes sortent du champ de la REDD.

potentiellement les pires résultats, quelle que soit l'échelle de temps. Dans un avenir plus immédiat, l'appauvrissement des ressources biologiques dans de nombreux pays pourrait également être considéré comme l'annonce d'un déclin de la diversité communautaire ou culturelle (Harmon, 1992).

Quantifier la biodiversité

41. Trouver des mesures de biodiversité pouvant servir à la prise de décision en matière de politiques reste un défi. Un certain nombre de facteurs posent problème. La détermination de la présence d'une espèce ou d'un écosystème dans un endroit donné est loin d'être une tâche aisée. Ni les espèces ni les écosystèmes n'ont des frontières clairement établies. Même si de nombreuses espèces ont été et continuent d'être identifiées,⁷⁴ la définition de certaines espèces particulières ou des limites entre les espèces est parfois l'objet de discussions et sujette à révision (Gaston et Spicer, 1998). Des difficultés semblables existent pour les écosystèmes. Même si l'identification des écosystèmes s'est améliorée grâce aux systèmes d'information géographique (Institut des ressources mondiales, 2009), les écosystèmes peuvent rester difficiles à distinguer. De plus, les écosystèmes peuvent être des cibles mobiles dans la mesure où le changement climatique peut avoir de vastes effets (PNUE, 2008).

42. En résumé, la mesure de la biodiversité est complexe. La biodiversité concerne des échelles très variables (allant des gènes aux écosystèmes), et a de multiples caractéristiques ou attributs. Trois caractéristiques de la biodiversité sont souvent utilisées pour la mesurer : sa structure, sa composition et sa fonction, chacune à une échelle différente (Encadré 8.1). La structure est le modèle ou l'organisation physique des composantes biologiques. La composition est leur identité ou variété. Les fonctions renvoient aux processus écologiques et d'évolution.

Encadré 8.1. Approches de mesure de la biodiversité à différentes échelles

(adapté de Putz *et coll.*, 2000)

Échelle	Approche de mesure		
	Structure	Composition	Fonction
Paysage Mosaiques régionales d'utilisations des terres, types d'écosystèmes	Zones composées de différentes parcelles d'habitats ; liens entre parcelles ; relations périmètre -superficie	Identité, proportions et répartition des différents types d'habitat	Persistance (ou renouvellement) des parcelles ; flux entre parcelles des espèces, de l'énergie et autres ressources

⁷⁴ Environ 1,5 à 1,75 million d'espèces ont été identifiées (Lecointre et Le Guyader, 2001). Les scientifiques suspectent que les espèces scientifiquement décrites ne représentent qu'une fraction du nombre total des espèces de la planète. De nombreuses espèces restent à découvrir ou sont connues des scientifiques sans avoir été formellement décrites. Les scientifiques estiment que le nombre total des espèces de la planète pourrait être de l'ordre de 3,6 à 117,7 millions, dont 13 à 20 millions seraient les plus fréquemment citées (Hammond, 1995 ; Cracraft, 2002).

Écosystème Interactions entre les membres d'une communauté biotique et l'environnement	Biomasse végétale, propriétés structurelles du sol	Réserves biogéochimiques	Processus, y compris les cycles biogéochimiques et hydrologiques
Communauté Groupes fonctionnels (ex. : guildes) et types de parcelles dans la même zone, avec de fortes interactions à travers les relations biotiques	Végétation et structure trophique *	Abondance relative des espèces et groupes fonctionnels	Flux entre les types de parcelles, perturbations (telles que les incendies et les inondations), processus de succession, interactions entre espèces
Espèces/population Variété des espèces vivantes et populations de leurs composantes à l'échelle locale, régionale ou mondiale	Structure des âges de la population ou répartition de l'abondance des espèces	Espèces particulières **	Processus démographique, décès et recrutement compris.
Gène Variabilité au sein d'une espèce : variation dans les gènes au sein d'une espèce, sous-espèce ou population donnée	Hétérozygocité et distances génétiques entre les populations	Allèles et leurs proportions	Flux de gènes, dérive génétique ou perte de diversité allélique.

* Position qu'un organisme occupe dans une chaîne alimentaire.

** Peut concerner des questions de norme minimale de sécurité.

Indices de mesure

43. La richesse et la régularité des espèces sont couramment utilisées comme mesures de la diversité (Magurran, 1988). Ces deux indices reposent sur l'identification et le comptage des espèces. En plus des difficultés d'identification mentionnées plus haut, l'utilisation de l'indice suppose que toutes les espèces présentes sur une parcelle peuvent être décomptées. Le nombre total des espèces est toutefois trop élevé et rien ne garantit qu'elles aient toutes été découvertes. À titre d'exemple, un centimètre cube de sol contient tellement de microbes que des années d'analyse seraient nécessaires pour les caractériser tous.

44. Puisqu'une mesure complète de la biodiversité n'est pas réalisable, un débat permanent entoure la question des groupes d'organismes à inclure dans l'échantillonnage. Ces sous-ensembles de la biodiversité sont considérés comme des substituts de l'ensemble de la biodiversité. Les plantes sont importantes, dans la mesure où elles sont les principales productrices dans un écosystème et où les animaux en dépendent pour leur nourriture,

abri, etc. Les espèces de plantes vasculaires⁷⁵ sont relativement bien connues (ex. : comparativement aux champignons).

45. Certains groupes d'animaux (ex. : oiseaux et papillons) ont été bien étudiés et sont couramment utilisés comme taxons indicateurs. Le choix de ces animaux a généralement été guidé par des considérations pratiques telles que leur visibilité (et audibilité dans le cas des oiseaux), et par le fait que leurs taxonomie et biologie ont été relativement bien étudiées. Il faut faire très attention lors du comptage des espèces animales au sein d'une parcelle, quel que soit le groupe choisi. Certains individus peuvent être des visiteurs temporaires et non de véritables résidents de la parcelle. De plus, la visibilité peut ne pas être la même dans des utilisations des terres comportant des types de végétation différents (ex. : plus d'oiseaux peuvent être vus dans une plaine herbeuse que dans un système agroforestier complexe couvert d'une végétation dense).

Diversité dans la composition

46. La richesse (ou diversité) des espèces est la mesure la plus simple de la biodiversité. Elle renvoie à la présence ou à l'absence d'espèces sur une parcelle et au nombre total d'espèces dans un groupe donné. L'Encadré 8.2 présente les analyses de la richesse des espèces pour trois sites ASB. L'indice de Simpson est une mesure qui prend en compte la richesse et le pourcentage de chacune des sous-espèces d'un échantillon de biodiversité dans une zone. Il suppose que la proportion d'individus dans une zone correspond à leur importance pour la diversité.

Encadré 8.2. Richesse des espèces végétales à la lisière des forêts tropicales

Les scientifiques d'ASB ont adopté une norme minimale pour les données recueillies sur tous les sites : le nombre d'espèces végétales par parcelle standard (40 x 5 m). Les résultats pour des occupations du sol forestières et dérivées des forêts de trois continents sont donnés dans le Tableau 8.3.

Tableau 8.3. Richesse des espèces végétales des utilisations des terres sur trois sites ASB

Utilisation des terres	Nombre d'espèces végétales sur une parcelle de 200 m ²		
	Brésil	Cameroun	Indonésie

⁷⁵ Plantes supérieures à tissus lignifiés (ex. : fougères, broussailles, arbres).

Forêts naturelles	63	103	111
Forêts gérées	-	-	100
Forêts exploitées	66	93	108
Agroforêts extensives	47	71	112
Agroforêts intensives	-	63	66
Systèmes arborés simples	25	40	30
Agriculture à longue jachère	36	54	43
Agriculture à courte jachère	26	14	39
Cultures annuelles permanentes	33	51	15
Prairies/pâturages	23	25	11
Pâturage intensif	12	-	-

47. Les forêts sont habituellement plus riches en espèces végétales. Des perturbations des forêts peuvent néanmoins augmenter la diversité. Après l'abattage des arbres, des espèces nouvelles venues peuvent entraîner des estimations de la biodiversité supérieures à celles des forêts vierges (Cannon et coll., 1998).

Diversité structurelle

48. La régularité des espèces est une mesure de la structure. Elle est l'abondance relative de la représentation de chaque espèce dans une zone donnée. L'indice de Shannon-Wiener prend en compte la richesse et la proportion de chaque sous-espèce. Il augmente soit lorsqu'on a des espèces uniques supplémentaires, soit lorsque la régularité des espèces est plus grande. Cet indice est également appelé indice de Shannon ou de Shannon-Weaver.

49. L'indice de richesse d'une espèce peut tenir compte des différences évolutives entre les espèces, en attribuant des poids différents aux taxons. Les différences dans la composition génétique sont déterminées par l'arbre généalogique. L'analyse taxonomique est toutefois exigeante en données et peut ne pas être réalisable pour les évaluations de la biodiversité.

Diversité fonctionnelle

50. La seule mesure des espèces est souvent jugée insuffisante pour évaluer la biodiversité. L'examen des fonctions ou de la manière dont les plantes et les animaux se sont adaptés à leur environnement est un moyen utile pour mesurer la biodiversité. Les végétaux et les animaux sont classés suivant leurs fonctions : ce qu'ils font et comment ils le font. Par exemple, la classification des organismes du sous-sol peut reposer sur des groupes d'animaux qui assument des fonctions de décomposition au sein d'un écosystème, en transformant les feuilles tombées en d'autres matières organiques du sol. Les oiseaux peuvent être classés en groupes fonctionnels (guildes) en fonction de leurs habitudes alimentaires (interactions trophiques). Les espèces appartiennent à certaines « guildes alimentaires » en fonction de ce qu'elles mangent (ex. : fruits, nectar, insectes ou graines) ou à des « guildes de recherche de la nourriture » en fonction de l'endroit où elles mangent (ex. : dans le feuillage des arbres, la végétation des sous-bois, ou sur le sol). Les utilisations

des terres peuvent être comparées selon le pourcentage des espèces appartenant à chaque guildes.

51. Les végétaux peuvent également être classés en groupes fonctionnels. Quel que soit le continent, les caractéristiques adaptatives (c'est-à-dire les caractéristiques développées par les plantes pour exploiter les conditions d'un environnement donné ou s'y adapter) ont des chances d'être similaires dans des écosystèmes semblables. Des groupes fonctionnels similaires peuvent donc avoir les mêmes activités (et occuper le même type de niche) dans les forêts d'Afrique, d'Asie ou d'Amérique latine. Par exemple, sur tous les continents, les premiers arbres (pionniers) qui poussent sur des terrains découverts et ont de très grandes feuilles, appartiennent à familles de plantes différentes. Les groupes fonctionnels de plantes sont donc comparables d'un continent à l'autre, dans différentes parties des plaines tropicales.

Une approche composite de l'évaluation de la biodiversité

52. L'indice V évalue la similarité d'une utilisation des terres par rapport à la forêt naturelle. Il s'agit d'un indice de végétation calculé à l'aide d'un ensemble de variables basées sur les plantes, fortement corrélées aux utilisations des terres, aux richesses végétales et animales ainsi qu'à la disponibilité des nutriments dans le sol (Gillison, 2000b). Il peut également servir d'indicateur de l'impact de l'utilisation des terres sur la biodiversité. Il repose sur les principaux types structurels de végétation, des types taxonomiques et des types fonctionnels des plantes (TFP). Cet indice ne donne pas une mesure directe de la biodiversité, mais est plus un indicateur permettant de caractériser des habitats ou sites. L'indice V ne comprend pas les mesures de la structure de la végétation qui est importante pour la détermination de la biodiversité. Les mesures des composantes utilisées dans le calcul de l'indice V sont les suivantes :

- hauteur moyenne de la canopée des arbres,
- surface terrière (m^2/ha),
- nombre total d'espèces de plantes vasculaires,
- nombre total de TFP ou modes fonctionnels
- ratio de la richesse en espèces végétales par rapport à la richesse en TFP (ratio_espèces/modes)

53. L'indice est calculé à l'aide d'une technique dite d'analyse multidimensionnelle des similarités. Les résultats sont situés sur une échelle allant de 0,1 à 1, la valeur de la forêt naturelle étant de 1. Ainsi, la valeur de l'indice représentant chaque utilisation des terres indique combien celle-ci diffère de la forêt naturelle locale, qui sert de point de référence. L'un des avantages de l'approche utilisée pour l'indice V est que les mesures sont faciles à prendre sur le terrain (sans équipement de haute technologie). Un ordinateur est cependant nécessaire pour déterminer la valeur de l'indice à partir des mesures individuelles. Les instructions étape par étape relatives aux données à recueillir et à la

manière de les collecter et de les analyser à l'aide du logiciel figurent dans le manuel VegClass (Gillison, 2000b).

54. L'indice V a été calculé pour une série d'utilisations des terres à la lisière des forêts, au Cameroun, en Indonésie et au Brésil. L'indice correspond de près aux impacts observés de l'utilisation des terres sur la biodiversité, la production agricole et le temps associé depuis le défrichage des arbres. Par exemple, sur tous les sites, l'indice V a tendance à être plus élevé pour les forêts primaires, puis à aller en décroissant depuis les forêts secondaires et exploitées, les systèmes complexes d'agroforesterie, les plantations d'arbres et les systèmes de jachères, pour atteindre son niveau le plus bas dans les systèmes agricoles de cultures annuelles, les prairies et les pâturages. Les systèmes complexes d'agroforesterie basés sur des cultures arbustives économiquement intéressantes ont une similarité nettement plus marquée avec les forêts qu'avec les plantations en monoculture des mêmes espèces. Au Cameroun, le cacao sauvage cultivé dans la jungle a un indice V plus important que le cacao cultivé en plantation (Figure 8.1). De même, en Indonésie, la valeur de l'indice V de l'hévéa sauvage est supérieure à celle de l'hévéa cultivé dans les champs (Figure 8.2).

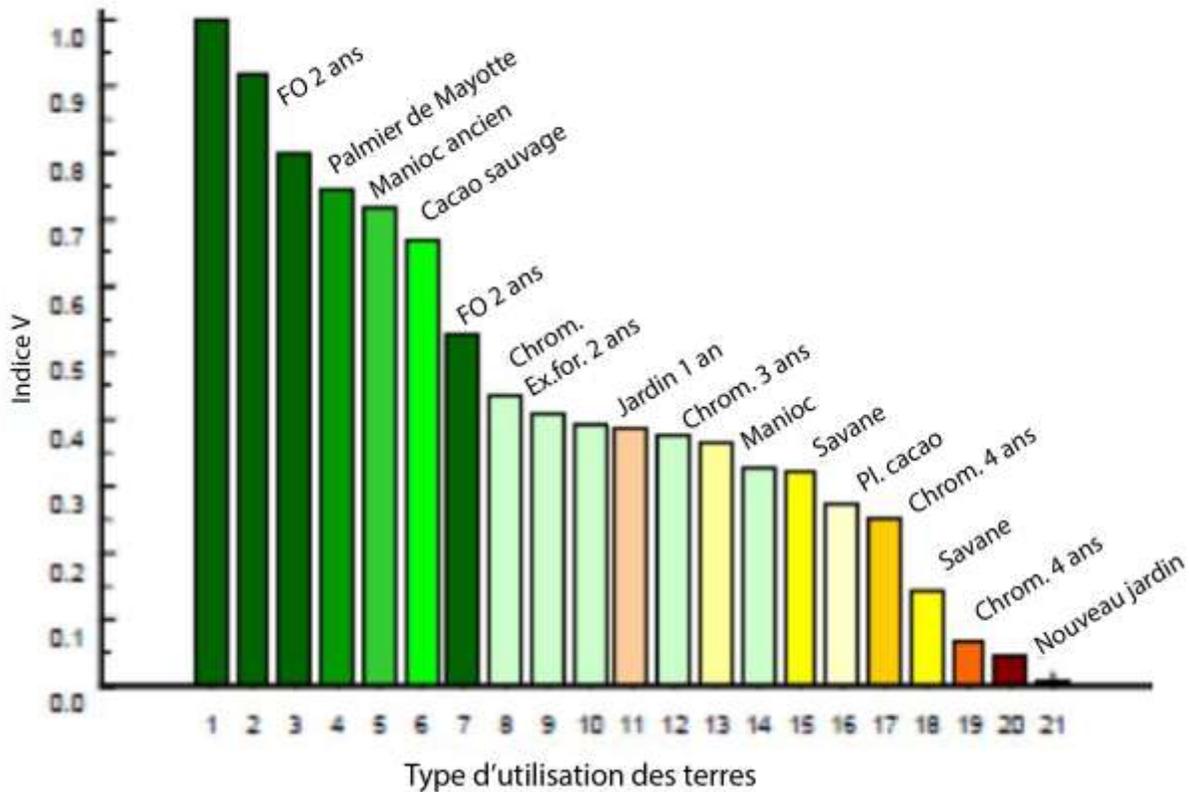


Figure 8.1. Valeur de l'indice V des utilisations des terres au Cameroun.

FO : Forêt ombrophile ; Chrom. : *Chromolaena odorata* (jachère) ; Pl. cacao : plantation de cacao (monoculture).

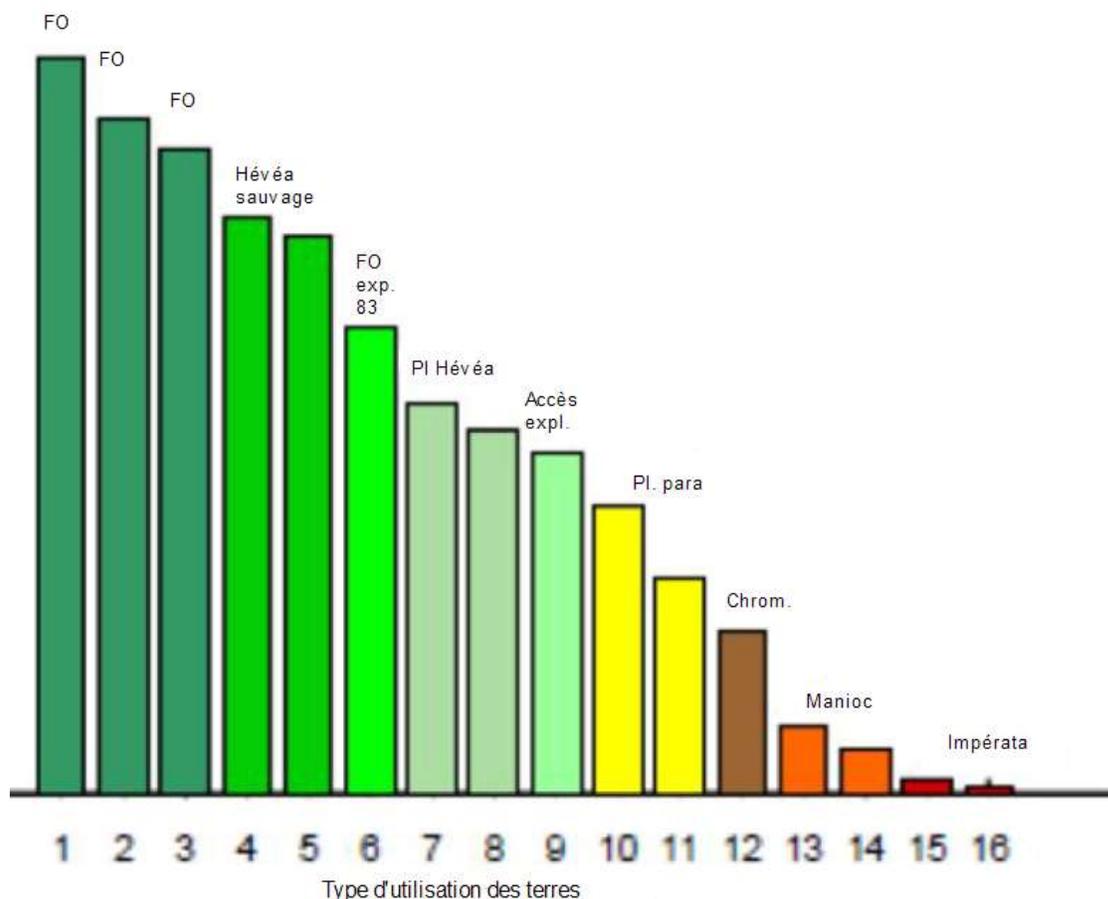


Figure 8.2. Valeur de l'indice V des utilisations des terres en Indonésie.

RF : Forêt ombrophile ; FO exp. '83 : Forêt ombrophile exploitée en 1983 ; Pl. hévéa : Plantation d'hévéas ; Accès expl. : voie d'accès aux exploitations forestières ; Pl. para. : Plantation de *paraserianthes falcataria* ; Chrom.: *Chromolaena odorata*.

55. En résumé, l'indice V est une mesure de la complexité de la végétation. La biodiversité est positivement corrélée à la complexité structurelle et au nombre de niches écologiques existant pour les végétaux et les animaux.

Comparer les estimations de la biodiversité à différentes échelles

56. Si les mesures de la diversité peuvent être exprimées par surface unitaire, elles ne peuvent pas facilement être converties en d'autres unités de surface (Rosenzweig, 1995). En d'autres termes, les estimations de la biodiversité au niveau du paysage ne sont pas calculées par la simple addition des estimations d'une série de placettes. Une même espèce peut se retrouver dans un certain nombre de placettes et cette procédure donnerait lieu à un comptage multiple. L'échantillonnage de la biodiversité se faisant sur des zones de plus

en plus vastes d'un écosystème donné, le nombre d'espèces supplémentaires observées augmentera, mais à un rythme décroissant (Figure 8.3). Finalement, la courbe finira par atteindre un palier marquant le niveau où la taille pourra augmenter sans que de nouvelles espèces soient découvertes.

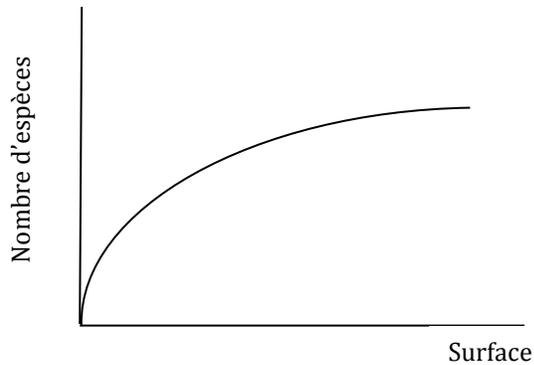
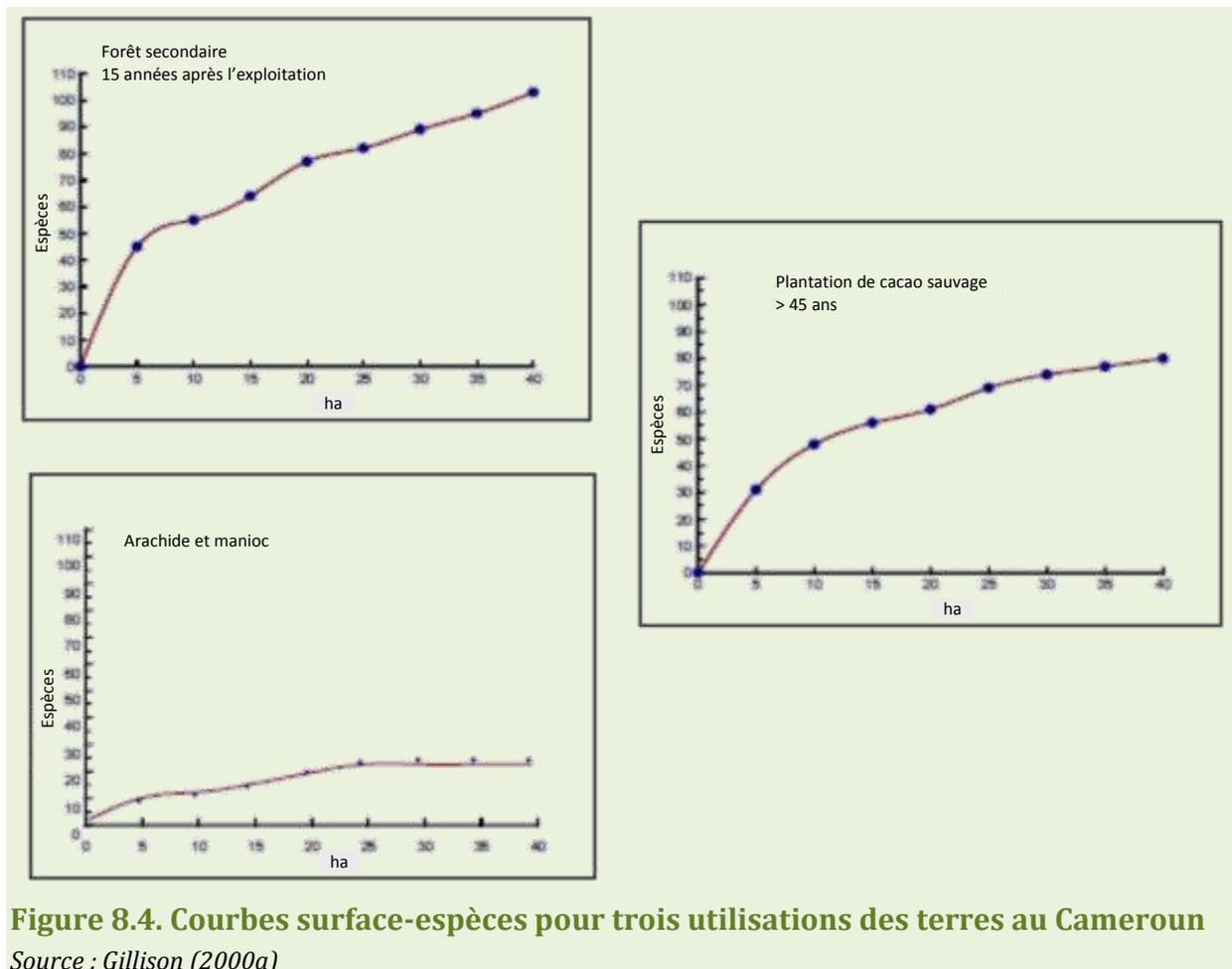


Figure 8.3. Courbe surface-espèces

Encadré 8.3. Mise en garde contre les courbes aires-espèces

Les relations d'échelle (la forme de la courbe aires-espèces) peuvent différer entre les types de végétation (Figure 8.4) ou entre les types d'espèces. Cela peut être dû à des différences fondamentales dans l'écologie des espèces ou le type de végétation. Par conséquent, la comparaison entre la richesse en espèces de chaque parcelle n'est valide que pour les parcelles de la même taille dans deux systèmes différents d'utilisation des terres.



57. Une autre façon d'examiner les relations scalaires de la biodiversité est d'associer trois types de diversité (Figure 8.5).

- Diversité Alpha – richesse en espèces dans une zone, une communauté ou un écosystème donné, mesurée en comptant le nombre de taxons au sein de l'écosystème (généralement les espèces).
- Diversité Beta – diversité des espèces à travers les écosystèmes, comparant le nombre de taxons uniques de chacun des écosystèmes.
- Diversité Gamma – richesse en espèces des différents écosystèmes d'une région.

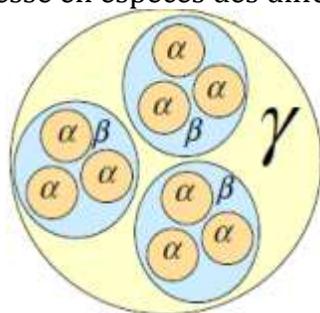


Figure 8.5. Biodiversité à différentes échelles

58. Pour l'analyse des lisières de la forêt tropicale, ASB a comparé la biodiversité des utilisations des terres. Des protocoles normalisés ont été utilisés afin d'obtenir des résultats comparables entre les sites. La méthode de sélection des placettes peut être trouvée dans Gillison (2000b). Les études ont été complétées par une étude de référence menée en Indonésie, qui a collecté des informations détaillées sur la végétation, les oiseaux, les insectes, les animaux du sol et les espèces vivant dans la canopée (Gillison, 2000a).

Ressources biologiques et priorités de conservation

59. Étant donné les exigences en matière de données et la difficulté de mesurer la biodiversité, les ressources biologiques (ex. : espèces et écosystèmes) sont souvent utilisées comme substitut dans la détermination des stratégies et priorités de conservation. La relation surface-espèces dans les régions très riches en espèces est une approche rapide d'identification des priorités de conservation (Brooks et coll., 2006). Lorsque ces points chauds sont menacés par une conversion des terres, les priorités peuvent se transformer en urgences. Néanmoins, le coût des efforts de conservation peut être élevé et les chances de succès faibles, rendant ainsi plus déroutants les défis liés à la conservation de la biodiversité.

60. L'analyse des déficits est une autre méthode d'identification de la biodiversité (c'est-à-dire des espèces, écosystèmes et processus écologiques) mal conservée au sein d'un réseau d'aires protégées ou à l'aide d'autres mesures de conservation à long terme. Bien que nombre et de la taille des aires protégées continuent d'augmenter, beaucoup d'espèces, d'écosystèmes et de processus écologiques ne sont pas correctement protégés. Les déficits se manifestent sous trois formes de base :

- Les déficits de représentation : une espèce ou un écosystème donné n'existe pas dans une aire protégée, ou les exemplaires de l'espèce ou de l'écosystème ne suffisent pas pour assurer une protection à long terme.
- Les déficits écologiques : bien que l'espèce ou l'écosystème soit représenté dans une zone, sa situation écologique est inadéquate, ou bien l'aire protégée n'arrive pas à faire face aux changements ou à offrir, à long terme, les conditions particulières nécessaires à la survie de l'espèce ou au fonctionnement de l'écosystème.
- Les déficits de gestion : les aires protégées existent, mais leur gestion (objectifs, gouvernance ou efficacité) n'offre pas une sécurité suffisante à une espèce ou un écosystème particulier.

61. L'analyse des déficits est un processus qui commence par la définition des objectifs de conservation. Ensuite, la répartition et l'état de la biodiversité sont évalués et comparés avec la répartition et l'état des aires protégées. L'analyse des déficits du Programme de travail sur les aires protégées (PoWPA) de la CDB peut fournir des données et des outils de cartographie utiles pour la REDD. Pour plus d'informations sur l'analyse des déficits et les

résultats récents de la recherche, voir Dudley et Parish (2006), Langhammer et coll. (2007) et les publications de l'UICN.

Déterminer la valeur de la biodiversité

62. Malgré l'importance de la biodiversité, la valorisation économique est souvent complexe, coûteuse et probablement imprécise. Pour remédier à ces problèmes, il existe des méthodes non économiques qui aident à examiner les préoccupations du public à l'égard de la biodiversité. Les renseignements tirés de la participation du public peuvent venir en complément d'approches coûts-avantages pour la prise de décision en matière de politiques. L'**Annexe E** contient des détails sur l'estimation de la valeur de la biodiversité. Les références ci-dessous contiennent également de nombreuses sources.

Coavantages et coûts d'opportunité

63. Les avantages des forêts peuvent être classés en trois catégories :

- Avantages sur site (ex. : bois de chauffage, bois, produits forestiers non ligneux, tourisme)
- Avantages hors site
 - À l'intérieur du pays (ex. : protection des services liés à l'eau).
 - À l'extérieur du pays (ex. : séquestration du carbone et habitat de la biodiversité).

64. Dans les discussions sur la REDD+, les avantages hors site à l'intérieur du pays sont généralement appelés « coavantages liés à la conservation, amélioration ou création des forêts ».

65. Nous présentons ici deux exemples d'études de « Niveau 2 ». Pagiola, et coll. (2006) identifient les zones des hauts plateaux du Guatemala qui sont importantes pour les services liés à l'eau et à la biodiversité. Ces informations peuvent être combinées aux estimations des coûts d'opportunité pour déterminer si la priorité doit être accordée à certaines de ces zones dans un programme REDD+ (Encadré 8.4). Le deuxième exemple de carte des coavantages vient de la Tanzanie (Encadré 8.5).

Encadré 8.4. Une analyse nationale des avantages de l'eau et de la biodiversité

L'analyse spatiale de l'eau et de la biodiversité peut aider à identifier les priorités de conservation. Par exemple, Pagiola et coll. (2007) ont établi des cartes des zones prioritaires pour l'approvisionnement en eau et la conservation de la biodiversité au Guatemala. Ces cartes contiennent des quantifications simples, mais utiles, et elles pourraient être rendues plus complexes si les données devenaient disponibles. La

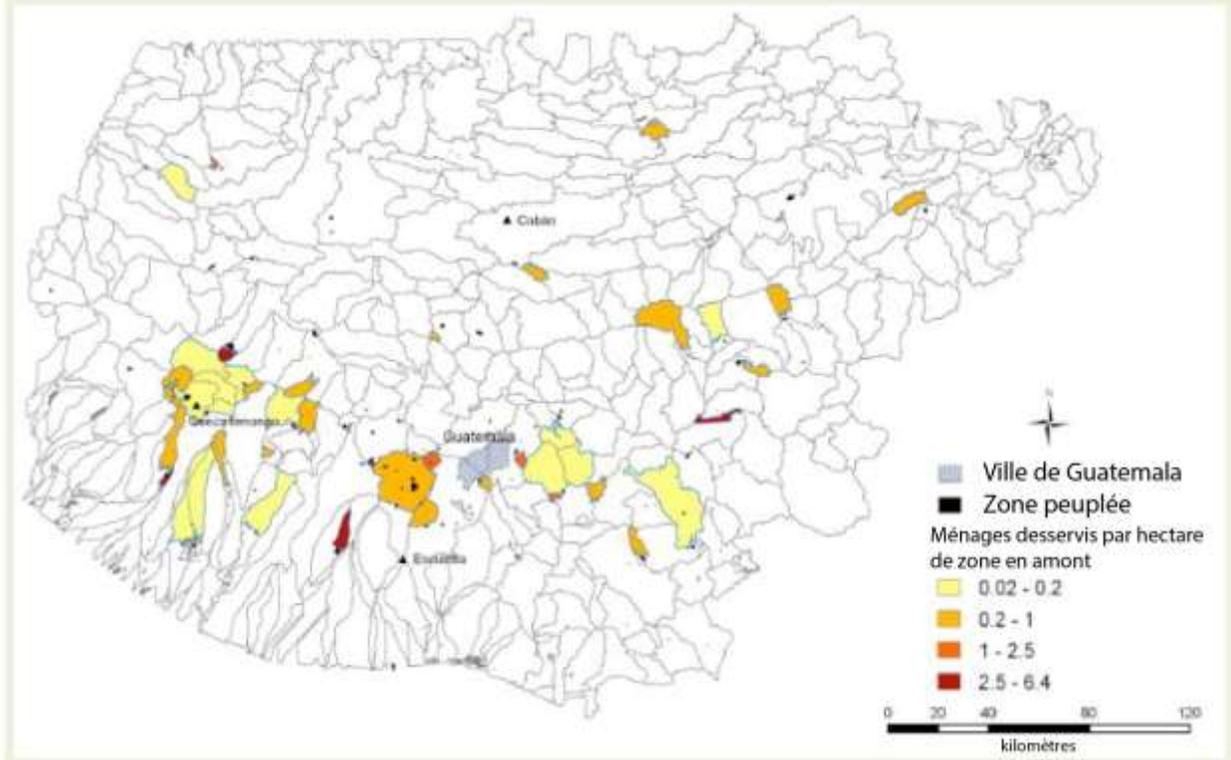


Figure 8.6 montre une relation entre les systèmes municipaux d'alimentation en eau et les zones d'approvisionnement associées. Les zones en rouge foncé sont celles qui desservent le plus de ménages par unité de surface du bassin hydrographique. Ce calcul peut servir d'indicateur potentiel pour les coavantages liés à l'eau.

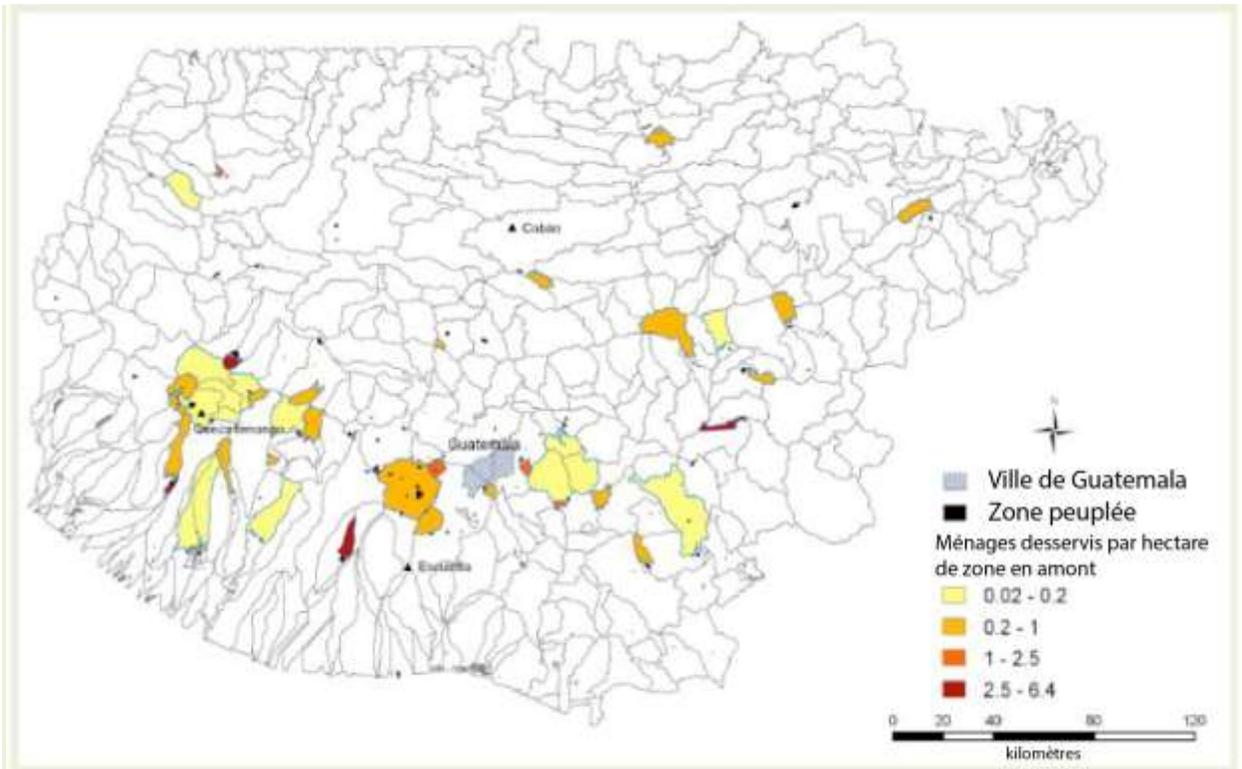


Figure 8.6. Systèmes municipaux d'alimentation en eau et zones d'approvisionnement au Guatemala.

Source : Pagiola et coll., 2007.

Encadré 8.5. Analyse nationale des avantages multiples : Un exemple tiré de l'ONU-REDD

Un moyen efficace d'identifier et documenter les coavantages est d'utiliser des cartes. Un exemple d'effort récent vient du programme ONU-REDD+ mené au Centre mondial de surveillance de la conservation de la nature (WCMC) du PNUE, et du ministère tanzanien des Ressources naturelles et du Tourisme. Des analyses des coavantages et autres facteurs ont été réalisées à l'échelle nationale, portant notamment sur la densité de population, la production de miel, cire d'abeille et gomme arabique, ainsi que sur la richesse en espèces de mammifères et amphibiens (Figure 8.7). De plus, une carte révisée combinant le carbone du sol et de la biomasse a été produite en Tanzanie (Programme ONU-REDD+, 2009).

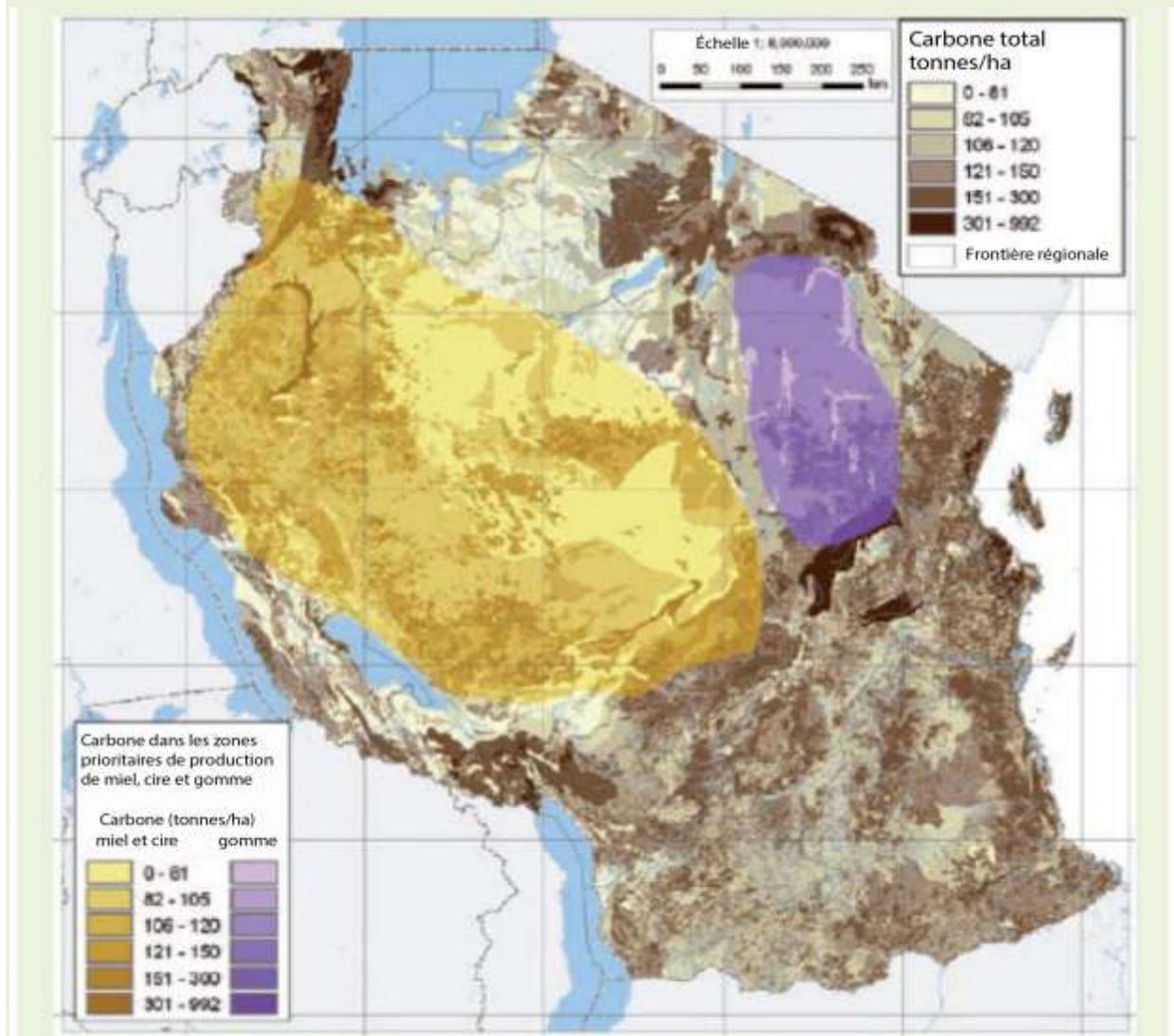


Figure 8.7. Carte combinant le carbone de la biomasse du sol et les zones prioritaires de produits forestiers non ligneux en Tanzanie

Source : Miles et coll., 2009.

66. Naidoo et coll. (2008) ont passé en revue la théorie, les données et les analyses nécessaires à la production de cartes des services écosystémiques. La disponibilité des données a permis de quantifier des variables de remplacement mondiales imprécises pour quatre services écosystémiques : la séquestration du carbone,⁷⁶ le stockage du carbone,⁷⁷ la production de bétail en pâturage et l'approvisionnement en eau. En utilisant cet ensemble incomplet à titre d'exemple, les cartes des services écosystémiques ont été comparées aux répartitions mondiales des cibles traditionnelles de la conservation de la biodiversité.

67. Les résultats préliminaires montrent que les régions choisies pour maximiser la biodiversité ne fournissent pas plus de services écosystémiques que celles sélectionnées de façon aléatoire. De plus, la concordance spatiale varie largement entre les différents services ainsi qu'entre les services écosystémiques et les priorités de conservation établies. Néanmoins, les zones gagnant-gagnant de services écosystémiques et de biodiversité peuvent être identifiées tant parmi les écorégions qu'à des échelles plus fines. Un ambitieux effort de recherche interdisciplinaire est nécessaire pour évaluer complètement les synergies et les compromis dans la conservation de la biodiversité et des services écosystémiques. Les comparaisons de ces attributs des changements d'affectation des terres peuvent mettre en évidence des compromis et synergies utiles à la compréhension du rôle potentiel de la politique REDD+ dans l'atteinte des résultats souhaités.

Un exemple d'analyse des coavantages

68. Même si la valeur des coavantages est très difficile à estimer et encore plus difficile à exprimer par hectare, l'analyse des coûts d'opportunité peut apporter des indications utiles lorsque :

- a. les efforts de quantification et peut être de valorisation constituent une priorité,
- b. les utilisations des terres à inclure dans un programme REDD+ doivent être identifiées.

69. La Figure 8.8 compare cinq situations de réduction des émissions ayant des coûts de réduction et des coavantages liés à l'eau différents. Dans le cadre de cet exemple, ces situations correspondent à une conversion de forêts à une utilisation agricole des terres, avec des coavantages liés à la qualité et à la disponibilité de l'eau en aval. Afin de comparer directement les deux avantages liés au carbone et à l'eau, la même unité d'analyse doit être utilisée. Dans l'exemple, l'estimation habituelle des coavantages en dollar EU/hectare est convertie en dollar EU/t eqCO₂ (par division des coavantages liés à l'eau par les t eqCO₂ associées de l'utilisation des terres). Les coavantages liés à l'eau peuvent être considérés comme des réductions du coût lié à la REDD+, matérialisées par des zones en vert clair.

⁷⁶ Le taux annuel net de carbone atmosphérique ajouté aux réservoirs de carbone de la biomasse existants.

⁷⁷ Quantité de carbone stockée dans la végétation tant aérienne que souterraine.

70. Les options A, B et C ont des coûts REDD+ inférieurs au prix du carbone (Pc), tandis que le coût REDD+ de l'option E lui est supérieur. Seules les options A, B, D et E ont des coavantages liés à l'eau. Même sans coavantage lié à l'eau, les options A, B et C seraient les priorités à inclure dans le programme REDD+, compte tenu de leurs faibles coûts REDD+. Avec leurs grands coavantages liés à l'eau, les options B et D devraient encore plus être une priorité que l'option A.

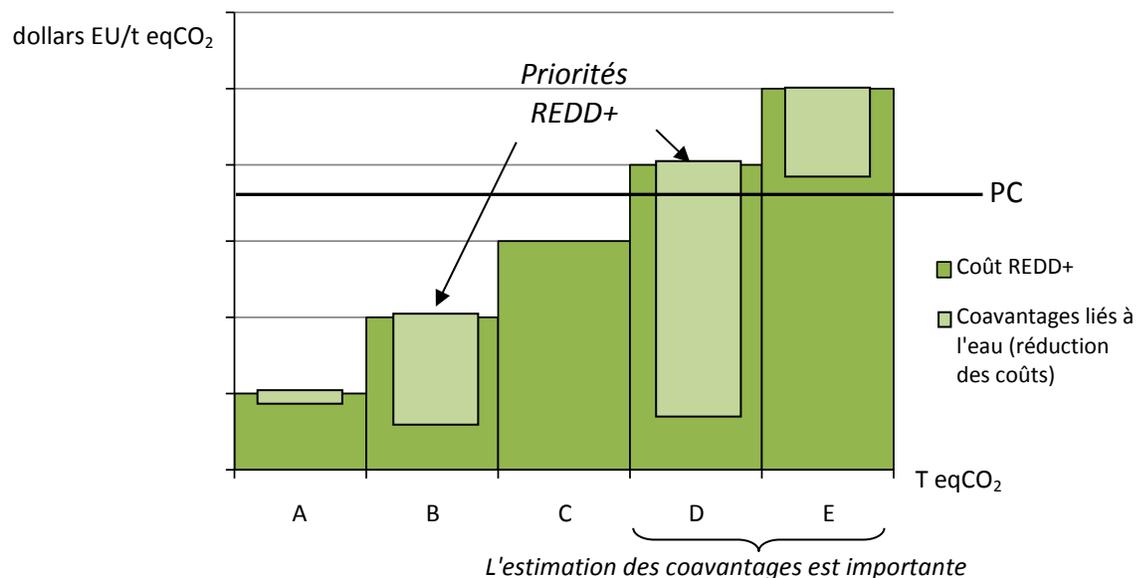


Figure 8.8. Identification des analyses des coavantages prioritaires

Adapté de : Pagiola, 2010 ; communication personnelle.

71. Les options D et E ont des coûts REDD+ plus élevés que le prix du carbone et ne devraient normalement pas figurer dans un programme REDD+. Toutefois, en prenant en compte les coavantages liés à l'eau, l'option D serait viable. L'estimation des avantages est plus importante lorsque les coûts liés à la REDD+ dépassent le prix du carbone. Dans les cas où les coûts sont inférieurs au prix du carbone (options A, B, C, D), l'estimation des coavantages est moins prioritaire.

72. En ce qui concerne les coavantages liés à la biodiversité, l'analyse serait semblable – sauf que ces avantages profitent rarement au pays. La protection des hauts lieux de la biodiversité génère habituellement des avantages en dehors du pays (surtout quand le tourisme n'est pas associé à la biodiversité). Dans la Figure 8.8, la suppression de la déforestation dans la zone E grâce aux crédits carbone et aux coavantages liés à l'eau peut ne pas être dans le meilleur intérêt du pays. L'utilisation alternative des terres offre plus d'avantages. Néanmoins, le pays pourrait essayer d'attirer des bailleurs de fonds intéressés par la biodiversité pour compléter les crédits carbone afin de rendre la conservation viable.

Conclusion

73. La valeur des coavantages peut être considérable et affecter fortement l'estimation du coût d'opportunité des projets REDD+. La possibilité ou la manière de reconnaître les avantages liés à l'eau et à la biodiversité dans les politiques REDD+ est toujours en cours de discussion (Ebeling et Fehse, 2009; Pagiola et Bosquet, 2009). Même si un mécanisme REDD+ offre des possibilités d'obtenir des coavantages liés au carbone ou autres, n'y voir qu'un remède universel à la perte de biodiversité ou aux problèmes liés à l'eau n'est pas une bonne approche. Une attention excessive portée à des objectifs de changement non climatique dans le cadre d'un mécanisme REDD+ risque d'accroître les coûts de transaction, tout en réduisant éventuellement l'aptitude à conserver les forêts.

74. Les suggestions spécifiques destinées aux décideurs comprennent ce qui suit :

- *Biodiversité*⁷⁸
 - Créer une base de données nationale sur la biodiversité du pays afin d'accroître la probabilité de réaliser et maximiser une série de coavantages liés à la biodiversité dans le cadre de la REDD. Elle permettra aux financements ciblant la biodiversité de mieux comprendre celle-ci et de venir compléter le financement REDD+ pour pouvoir, par exemple, se concentrer sur des zones ayant une grande biodiversité, mais peu d'avantages liés au carbone.
 - Relier les activités de démonstration REDD+ en cours aux évaluations des performances de la biodiversité issues des activités de suivi, notification et vérification. Cela permettra l'analyse, la comparaison et l'évaluation des différentes approches et méthodes utilisées pour promouvoir les coavantages liés à la biodiversité dans un contexte REDD+. Les leçons tirées de la mise en œuvre de ces activités de démonstration REDD+ peuvent également éclairer les processus nationaux et internationaux d'élaboration des politiques.
 - Mettre en place un groupe de travail technique sur les coavantages REDD+ liés à la biodiversité afin d'élaborer des directives et des principes de bonnes pratiques, y compris les indicateurs de biodiversité. Ce groupe pourrait également aider à orienter les décisions stratégiques et la mise en œuvre des activités REDD+ aux niveaux national, régional et/ou local.
- *Eau*
 - Créer une base de données nationale (ex. : inventaires, cartes) des ressources en eau pour accroître la probabilité de réaliser et d'optimiser une série de coavantages liés à l'eau dans le cadre de la REDD. Elle permettra aux financements ciblant l'eau d'agir dans un contexte REDD+, en se concentrant sur des zones offrant d'importants services liés à l'eau (ex. : partie des bassins située en amont).

⁷⁸ Adapté de Karousakis (2009).

- Appuyer et examiner les efforts de modélisation des services écosystémiques liés à l'eau, et relier les décisions des pouvoirs publics à l'élaboration et à la mise en œuvre des politiques REDD+ au niveau national. La clarification des différents services liés à l'eau (ex. : régulation des débits, qualité de l'eau, etc.) aidera les décideurs à déterminer la priorité des investissements et actions de l'État.
- Mettre en place un groupe de travail technique sur les coavantages REDD+ liés à l'eau afin d'élaborer des directives et des principes de bonnes pratiques, y compris les indicateurs pour les services liés à l'eau. Ce groupe pourrait également aider à orienter les décisions stratégiques et la mise en œuvre des activités REDD+ aux niveaux national, régional et/ou local.

Références et lectures complémentaires

Anderson, J., P. Hazell (1989) ; *Variability in Grain Yields*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Arrow, K., R. Solow, P.R. Portney, E.E. Leamer, R. Radner, H. Schuman (1993) ; *Report of the NOAA panel on contingent valuations*, US Federal Register, 15 janvier, (58)10 : 4602-4614.

Banque mondiale (2002) ; *Biodiversity Conservation in Forest Ecosystems : World Bank Assistance 1992-2002*, Banque mondiale, Washington, DC.

Barton. D.N., G.M. Rusch (2009) ; *Environmental Service Payments: Evaluating Biodiversity Conservation Trade-Offs and Cost-Efficiency in the Osa Conservation Area, Costa Rica*, Norwegian Institute for Nature Research (NINA).

http://www.katoombagroup.org/documents/newsletters/sea/sa_edition3en.htm

Bengtsson, J. (1998) ; « Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function » in : Wolters (ed.) *Functional aspects of animal diversity in soil. Applied Soil Ecology* 10: 191-199.

Blom, M., G. Bergsma, M. Korteland (2008) ; *Economic instruments for biodiversity: Setting up a Biodiversity Trading System in Europe*, Delft, CE Delft: Pays-Bas, 77 p.

http://www.landecon.cam.ac.uk/research/eeprg/ceed/pdf/Blom_et_al.pdf

Bosque, B. (2009) ; *Communication personnelle*, Banque mondiale, Washington D.C.

Brauman, K.A., G.C. Daily, T.K. Duarte, H.A. Mooney (2007) ; *The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services Annual Review of Environment and Resources*, 32:67-98

Brooks, T.M., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, J. Grlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim, A. S. L. Rodrigues (2006) ; *Global Biodiversity Conservation Priorities. Science* 313 (5783), 58-61.

Brown, D., F. Seymour, L. Peskett (2008) ; « How do we achieve REDD+ co-benefits and avoid doing harm? » in: A. Angelsen (ed.) *Moving Ahead with REDD: Issues, Option and Implications*. CIFOR : Bogor, Indonésie.

- Bruijnzeel, L. A. (2004) ; Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* , 104:185-228.
- Calder, I.R. (2005) ; *The Blue Revolution – integrated land and water resources Management*, 2nd edition, Earthscan Publications, London.
- Cannon, C.H., D.R. Peart, M. Leighton (1998) ; Tree species diversity in commercially logged Bornean rainforest, *Science* 281: 1366-68
- Chomitz, K., K. Kumari (1998) ; The domestic benefits of tropical forests: a critical review, *World Bank Res. Obs.* 13:13–35.
- Convention sur la diversité biologique (CDB), 2009 ; *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation*. Rapport du Deuxième groupe spécial d'experts technique sur la diversité biologique et les changements climatiques. Montréal, Série technique n° 41, 126 p. www.cbd.int
- Convention sur la diversité biologique (CDB), 2010 ; *Atelier d'experts mondiaux sur les avantages pour la biodiversité de la réduction des émissions provenant de la déforestation et de la dégradation des forêts dans les pays en développement (REDD-PLUS)*. Nairobi, 20-23 septembre. UNEP/CBD/WS-REDD/1/1/Add.1. 7 septembre 2010 9 p.
- Cracraft, C. (2002) ; The seven great questions of systematic biology: an essential foundation for conservation and the sustainable use of biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* (89) 127-144.
- Douglas, E.M., S. Wood, K. Sebastian, C.J. Vörösmarty, K.M. Chomitz, T.P. Tomich (2007) ; Policy implications of a pan-tropic assessment of the simultaneous hydrological and biodiversity impacts of deforestation, *Water Resources Management* 21:211–232.
- Dudley, N., J. Parish (2006) ; *Closing the Gap. Creating Ecologically Representative Protected Area Systems: A Guide to Conducting the Gap Assessments of Protected Area Systems for the Convention on Biological Diversity*, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal, Série technique n° 24, 108 p.
- Ebeling, J., J. Fehse (2009) ; *Challenges for a business case for high-biodiversity REDD+ projects and schemes*, Rapport Ecosecurities pour le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique , Version 1.2, février.
- Ebeling, J., M. Yasué (2008) ; Generating carbon finance through avoided deforestation and its potential to create climatic, conservation and human development benefits, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London Ser. B 363, 1917-1924.
- Ecosecurities 2009 ; *The forest carbon offsetting survey 2009*, Ecosecurities, Conservation International, Alliance Climat, communauté et biodiversité, et ClimateBiz. 33 p. <http://www.ecosecurities.com/Registered/ECOForestrySurvey2009.pdf>
- Évaluation des écosystèmes pour le millénaire – MEA (2003) ; *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*, World Resources Institute, Island Press : Washington D.C.
- FAO, 2008 ; FAOSTAT – Production – ForesSTAT <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=381&lang=en>

Gassman P.W., Williams J.R., Benson V.R., Izaurralde R.C., Hauck L.M., Jones C.A., Altwood J.D., Kiniry J.R. & Flowers J.D. (2004) ; *Historical development and applications of the EPIC and APEX models* (document ASAE, no. 042097), PSt. Joseph, MI : American Society of Agricultural Engineers. <http://asae.frymulti.com>

Giller K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.N. Izac, M.J. Swift (1997) ; « Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function » in: M.J. Swift (ed.), *Soil biodiversity, agricultural intensification and agroecosystem function*, Applied Soil Ecology 6 (1): 3-16

Gillison, A.N. (2000a) ; Alternatives to Slash and Burn Project: Phase II Aboveground biodiversity assessment working group summary report, ICRAF : Nairobi.

Gillison, A.N. (2000b) ; VegClass Manual: A Field Manual for Rapid Vegetation Classification and Survey for General Purposes, CIFOR: Bogor, Indonésie.

Gillison, A.N., G. Carpenter (1997) ; A plant functional attribute set and grammar for dynamic vegetation description and analysis, *Functional Ecology*, 11:775-783.

Greenhalgh, S., A. Sauer (2003) ; *Awakening the dead zone: An investment for agriculture, water quality, and climate change*, Washington, DC: World Resources Institute http://pubs.wri.org/pubs_description.cfm?PubID=3803

Hammond, P. (1995) ; « The current magnitude of biodiversity » in : V.H. Heywood, R.T. Watson (Eds.), *Global Biodiversity Assessment.* p. 113-138, Cambridge, U.K: Cambridge University Press.

Harmon, D. (1992) ; *Indicators of the World's Cultural Diversity*, The George Wright Society, Michigan, USA

Ingolf Steffan-Dewente I., M. Kessler, J. Barkmann, M.M. Bos, D. Buchori, S. Erasmi, H. Faust, G. Gerold, K. Glenk, S. R. Gradstein, E. Guhardja, M. Harteveld, D. Hertel, P.Höhn, M. Kappas, S. Köhler, C. Leuschner, M. Maertens, R. Marggraf, S. Migge-Kleian, J. Mogeia, R. Pitopang, M. Schaefer, S. Schwarze, S.G. Sporn, A. Steingrebe, S.S. Tjitrosoedirdjo, S. Tjitrosoemito, A. Twele, R. Weber, L. Woltmann, M. Zeller, T. Tschardtke, (2007) ; Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification, *PNAS*, 20 mars, 104 (12) : 4973-4978.

IUFRO (1995) ; *Forest work study, Nomenclature, Test Edition valid 1995-2000*. International Union of Forestry Research Organizations Working Party 3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden. 16p.

James, A., K. J. Gaston, A. Balmford (2001) ; Can we afford to conserve biodiversity? *Bioscience* 51 : 43-52

Jeanes K., M. van Noordwijk, L. Joshi, A. Widayati Farida, B. Leimona (2006) ; *Rapid Hydrological Appraisal in the Context of Environmental Service Rewards*, World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia Regional Office, Bogor, Indonésie.

Kapos V., C. Ravilious, A. Campbell, B. Dickson, H. Gibbs, M. Hansen, I. Lysenko, L. Miles, J. Price, J.P.W. Scharlemann, K. Trumper (2008) ; *Carbon and Biodiversity: A Demonstration Atlas*, UNEP World Conservation Monitoring Centre: Cambridge, UK.

- Karousakis, K. (2009) ; *Promoting Biodiversity Co-Benefits in REDD+* OECD Environment Working Papers, No. 11, Publication de l'OCDE. doi:10.1787/220188577008
- Kenny, A. (2010) ; *Theory and Practice Collide in Efforts to Stack Multiple Ecosystem Values on One Piece of Land*, Ecosystem Marketplace, 2 mai, Katoomba Group.
http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/article.page.php?page_id=7544§ion=news_articles&eod=1#close
- Kiss, A. (2002) ; *Making Biodiversity Conservation A Land Use Priority*, World Bank, Africa Environment and Social Development Unit, Columbia University Press.
- Langhammer P.F., M. I. Bakarr, L. Bennun, T. M. Brooks. et coll. (2007) ; Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas : Targets for Comprehensive Protected Area Systems (Best Practice Protected Area Guidelines), Gland Switzerland: IUCN. 117p.
- Lecointre, G., H. Le Guyader (2001) ; *Classification phylogénétique du vivant*, Paris, France : Belin.
- Magurran, A. (1988) ; *Ecological Diversity and its Measurement*, Princeton University Press.
- Matthews S., R. O'Connor, A.J. Plantinga (2002), Quantifying the impacts on biodiversity of policies for carbon sequestration in forests, *Ecological Economics* 40(1), 71-87.
- McCarl B.A., U.A. Schneider (2001), Greenhouse gas mitigation in U.S. agriculture and forestry, *Science*, 294(5551), 2481-82.
- Meridian Institute (2009) ; *Reducing Emissions from Deforestation and Degradation (REDD): An Options Assessment Report*. Préparé pour le Gouvernement de la Norvège, par A. Angelsen, S. Brown, C. Loisel, L. Peskett, C. Streck, D. Zarin. Disponible à l'adresse : www.REDD-OAR.org
- Miles L., K. Kabalimu, B. Bahane, C. Ravilious, E. Dunning, M. Bertzky, V. Kapos, B. Dickson (2009) ; *Carbon, biodiversity and ecosystem services: exploring co-benefits. Tanzanie*. Préparé par le PNUE-WCMC, Cambridge, la UK & Forestry and Beekeeping Division, le ministère des Ressources naturelles et du Tourisme, Dar es-Salaam. Programme ONU-REDD+, Tanzanie. 16 p. http://www.unep-wcmc.org/climate/pdf/copenhagen/Tanzania%20brochure%20final%20091208_finalfinal.pdf
- Miles L., V. Kapos (2008) ; Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Forest Degradation : Global Land-Use Implications, *Science* 320, 1454. DOI : 10.1126/science.1155358
- Mitchell P.D., P.G. Lakshminarayan, B.A. Babcock, T. Otake (1998) ; « The impact of soil conservation policies on carbon sequestration in agricultural soils of Central U.S. 125-142 » in: R. Lal et coll. (ed.) *Management of Carbon Sequestration in Soil*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Myers, N. R. A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca, J. Kent. (2000) ; Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature* 403 : 853-858
- Naidoo R., A. Balmford, R. Costanza, B. Fisher, R.E. Green, B. Lehner, T.R. Malcolm, T.H. Ricketts (2008) ; Global mapping of ecosystem services and conservation priorities, *PNAS*. 105 (28) : 9495-9500.

- Naidoo R., T. Iwamura (2007) ; Global-scale mapping of economic benefits from agricultural lands: Implications for conservation, *Biological Conservation* 140(1-2): 40-49
- Nelson, A., K. Chomitz (2009) ; *Protected Area Effectiveness in Reducing Tropical Deforestation: A Global Analysis of the Impact of Protection Status*, Groupe d'évaluation indépendant, Note d'évaluation 7, Banque mondiale, Washington D.C., 40 p.
- OECD (2002) ; *Manuel d'évaluation de la biodiversité : Guide à l'intention des décideurs*. Paris, France.
- ONU-REDD+ Programme 2009. *Year in Review*. Secrétariat du programme ONU-REDD+ : Genève, Suisse, 24 p. <http://cdn.www.cbd.int/doc/meetings/for/wscb-fbdcc-01/other/wscb-fbdcc-01-oth-03-en.pdf>
- Pagiola S., A. Colom, W. Zhang (2007) ; *Mapping Environmental Services in Guatemala*, Département Environnement, Banque mondiale, Washington DC. 40p.
- Pagiola S., B. Bosquet (2009) ; *Estimating the Costs of REDD+ at the Country Level*. Version 2.2, 24 février, Fonds de partenariat pour la réduction des émissions de carbone forestier, Banque mondiale, Washington D.C.
- Pagiola S., J. Bishop, N. Landell-Mills (2002), «Market-based mechanisms for conservation and development » dans : S. Pagiola, J. Bishop, N. Landell-Mills, (eds.). *Selling Forest Environmental Services Market-Based Mechanisms for Conservation and Development*, Earthscan Publications, Londres.
- Pagiola S., K. von Ritter, J. Bishop (2004) ; *How Much is an Ecosystem Worth? Assessing the Economic Value of Conservation*, Banque mondiale, Washington, DC.
- Pagiola S., K. von Ritter, J. Bishop (2004b) ; *Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation*, Environment Department Paper No. 101. Elaboré par la Banque mondiale en collaboration avec Nature Conservancy et l'IUCN : Washington D.C.
- Pagiola S., P. Agostini, J. Gobbi, C. de Haan, M. Ibrahim, E. Murgueitio, E. Ramirez, M. Rosales, J.P. Ruiz (2004a) ; *Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes*, Environmental Economics Series Paper No. 96, Banque mondiale, Washington D.C.
- Pattanayak S.K., A. Sommer, B.C. Murray, T. Bondelid, B.A. McCarl, D. Gillig (2002) ; *Water quality co-benefits of greenhouse gas reduction incentives in U.S. agriculture* (final report), Environmental Protection Agency, Washington DC.
<http://foragforum.rti.org/documents/Pattanayak-paper.pdf>
- Pearce D., D. Moran (1994) ; *The Economic Value of Biodiversity*, IUCN, World Conservation Union and Earthscan Publications Ltd, London
- Pearce D.W. (1993) ; *Economic values and the natural world*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Perrings C., K.G. Maler, C. Folke, C.S. Holling, B.O. Janssen (1995), *Biodiversity Loss : Economic and Ecological Issues*, Cambridge University Press, Cambridge, 332 pp.
- Peterson, A., L. Gallagher, D. Huberman, I. Mulder (2007) ; *Seeing REDD: Reducing Emissions and Conserving Biodiversity by Avoiding Deforestation*. Version provisoire appelée à servir

de base à des discussions plus poussées au cours de la conférence BIOECON IX prévue les 20 et 21 septembre à Cambridge, au Royaume-Uni.

Plantinga A.J., J. Wu (2003) ; Co-benefits from carbon sequestration in forests: Evaluating reductions in agricultural externalities from an afforestation policy in Wisconsin, *Land Economics* 79(1), 74-85.

PNUE (2008) ; *Africa: Atlas of Our Changing Environment*.
www.unep.org/dewa/africa/AfricaAtlas

PNUE (2009) ; *Ecosystem Management*. 4 p. Consulté le 20 mai 2010.
<http://www.unep.org/ecosystemmanagement/LinkClick.aspx?fileticket=D7j0r1iBuwg%3D&tabid=163&language=en-US>

PNUE-WCMC. (2008) ; *Carbon and Biodiversity. A Demonstration Atlas*, (eds.) V. Kapos, C. Ravilious, A. Campbell, B. Dickson, H. Gibbs, M. Hansen, I. Lysenko, L. Miles, J. Price, J.P.W. Scharlemann, K. Trumper, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

Porras I., M. Grieg-Gran, N. Neves (2008) ; *All that glitters : A review of payments for watershed services in developing countries*, Natural Resource Issues No. 11, Institut international pour l'environnement et le développement, London, UK.

Putz F.E., Redford K.H., Robinson J.G., Fimbel R. et Blate G.M. (2000) ; *Biodiversity conservation in the context of tropical forest management*, Paper No. 75, Biodiversity Series-Impact Studies, Département Environnement de la Banque mondiale, Washington DC.

Ramírez M.C. (2007) ; *Environmental services application: The CPWF projects evidence in the Andean Catchments*, Andean System of Basins Coordination, Challenge Program on Water and Food, Contribution for the Sustainable Development of the Andes, Issue 8, 28p.

Reid W., S.A. Laird, C.A. Meyer, R. Gámez, A. Sittenfeld, D.H. Janzen, M.A. Gollin, C. Juma (1993) ; *Biodiversity Prospecting: Using Genetic Resources for Sustainable Development*, World Resources Institute, Washington DC

Research Triangle Institute (RTI), (2000) ; *National Water Pollution Control Assessment Model (NWPCAM)*, Version 1.1. Préparé pour l'U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy, Economics and Innovation, Washington DC.

Rosenzweig M. (1995), *Species Diversity in Space and Time*, Cambridge University Press, 460p.

Rubiano J., M. Quintero, R.D. Estrada, A. Moreno (2006) ; Multiscale Analysis for Promoting Integrated Watershed Management, *Water International* 31(3), 398-411.

Sadoff C. W., D. Grey (2005) ; Cooperation on International Rivers: A Continuum for Securing and Sharing Benefits, *Water International* 30(4)1-8.

Schneider S.H., W.E. Easterling, L.O. Mearns (2004) ; Adaptation : Sensitivity to Natural Variability, Agent Assumptions and Dynamic Climate Changes, *Climate Change* 45(1):203-221.

Scoones I. (2005) ; *Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis*, IDS Working Paper 72, Institute of Development Studies (IDS): Sussex, UK www.ids.ac.uk

- Searle B., S. Cox. (2009) ; *The State of Ecosystem Services*, The Bridgespan Group : Boston, 32p. <http://www.bridgespan.org/state-of-ecosystem-services.aspx>
- Stickler C.M., D.C. Nepstad, M.T. Coe, D.G. McGrath, H. Rodrigues, W.S. Walker, B.S. Soares - Filho, E. Davidson (2009) ; The potential ecological costs and co-benefits of REDD: a critical review and case study from the Amazon region, *Global Change Biology* 15:2803-2824.
- Swift M.J., A.M.N. Izac, M. van Noordwijk (2004) ; Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes - are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104 : 113-134
- Tomich T. P., K. Chomitz, H. Francisco, A.M.N. Izac, D. Murdiyarso, B. D. Ratner, D. E. Thomas, M. van Noordwijk (2004) ; Policy analysis and environmental problems at different scales: asking the right questions, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104:5-18.
- van Noordwijk M. (2005) ; *RUPES typology of environmental service worthy of reward*, World Agroforestry Centre, Southeast Asia Regional Office, Bogor, Indonésie.
- van Noordwijk M. (2006) ; Rapid Hydrological Appraisal (RHA) of potential for Environmental Service Rewards: procedure and application in Lake Singkarak, West Sumatra, Indonesia. *ETFRN- European Tropical Forest Research Network Newsletter Forests, Water and Livelihoods*, 45-46 Winter 2005/06
www.etfrn.org/etfrn/newsletter/news4546/index.html
- Vandermeer J., M. van Noordwijk, C. Ong, J. Anderson, Y. Perfecto (1998) ; Global change and multi-species agro-ecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 67 : 1-22
- Vente O., E. Meijaard, H. Possingham, R. Dennis, D. Sheil, S. Wich, L. Hovani, K. Wilson (2009) ; Carbon payments as a safeguard for threatened tropical mammals, *Conservation Letters* 2:123-129.
- Von Kooten (1998), *The Economics of Conservation Biology: A Critical Review. Environmental Science and Policy.* (1)13-25.
- Wendland K.J., M. Honzák, R. Portela, B. Vitale, S. Rubinoff, J. Randrianarisoa (2009) ; Targeting and implementing payments for ecosystem services: Opportunities for bundling biodiversity conservation with carbon and water services in Madagascar, *Ecological Economics* (dans la presse) [doi:10.1016/j.ecolecon.2009.01.002](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.002)
- White D., F. Wester, A. Huber-Lee, C.T. Hoanh, F. Gichuki (2008) ; *Water Benefits Sharing for Poverty Alleviation and Conflict Management: Topic 3 Synthesis Paper*, CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo, 15 pp.
- Williams S., A. Gillison, M. van Noordwijk (2001) ; « Biodiversity: issues relevant to integrated natural resource management in the humid tropics » , ASB Lecture Note 5. 35p. in: van Noordwijk, M., S. Williams et B. Verbist (Eds.) *Towards integrated natural resource management in the humid tropics: local action and global concerns to stabilize forest margins*, Alternatives to Slash-and-Burn, Nairobi.
- Wilson K. A., M. F. McBride, M. Bode, H. P. Possingham (2006) ; Prioritizing global conservation efforts, *Nature* 440, 337-340.

World Resources Institute (2009), *Ecosystem data, maps, and tools*. Site Internet :
<http://www.wri.org/ecosystems/data-maps-and-tools>

Wünscher T., S. Engel, S. Wunder (2008) ; Spatial targeting of payments for environmental services: a tool for boosting conservation benefits *Ecological Economics* 65 (4) (2) 822–833.

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 9. Compromis et scénarios

Objectifs

1. Examiner les compromis et les synergies associés à la politique REDD+
2. Présenter les méthodes d'analyse des scénarios visant à aborder l'incertitude des futures politiques et situations économiques.

Sommaire

Compromis	9-2
Scénarios	9-5

Conclusions et étapes suivantes



Compromis

1. Un compromis est une situation impliquant la perte d'un élément accompagnée du gain d'un autre. Les situations gagnant-perdant sont des compromis. Ceux-ci sont souvent représentés dans des graphiques à deux dimensions, par une relation inverse (ou courbe décroissante). Les axes du graphique représentent généralement des quantités physiques d'un bien ou d'un service.

2. La relation entre le stock de carbone et les profits liés aux différentes utilisations des terres est un exemple de compromis (Figure 9.1). L'axe horizontal représente la teneur en carbone de l'utilisation des terres (en t/ha), tandis que l'axe vertical correspond aux profits associés à cette utilisation des terres (en dollars EU/ha). Les forêts naturelles (en bas à droite du graphique) ont des stocks de carbone élevés, mais une faible rentabilité. Par contre, la production agricole a une rentabilité importante, mais un faible contenu en carbone. Certaines utilisations des terres (l'agriculture extensive et l'élevage bovin dans notre exemple) ont à la fois un faible contenu en carbone et une rentabilité limitée, et ne constituent par conséquent pas un compromis. Notons qu'apparemment aucune utilisation des terres ne correspond à une situation gagnant-gagnant (contenu de carbone élevé et rentabilité importante), comme le montre l'absence d'exemple en haut à droite du graphique.

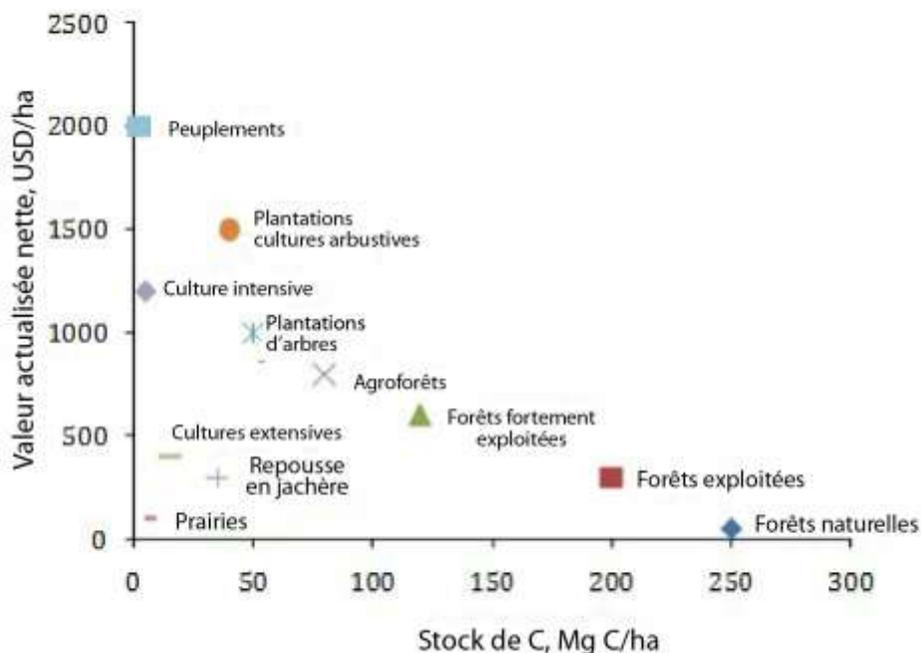


Figure 9.1. Exemple de compromis liés aux utilisations des terres : VAN des profits par rapport au stock de carbone

3. Beaucoup d'autres compromis sont possibles dans le cadre de la REDD, par exemple entre les profits et les coavantages de la biodiversité, et entre les profits et les coavantages de l'eau. Le Tableau 9.1 résume les relations probables – compromis (-) ou complémentarités (+) – entre les profits, l'emploi, le carbone, la biodiversité et l'eau. Les relations entre le carbone, l'eau et la biodiversité sont généralement positives et ne correspondent donc pas à un compromis. Il en est de même des relations entre les profits et l'emploi. Une augmentation de l'un de ces biens et services est supposée correspondre à une augmentation de l'autre. Pour les biens et services humains, les profits ont généralement une corrélation négative avec le carbone, la biodiversité et l'eau.

Tableau 9.1. Compromis et complémentarités probables des biens et services associés aux utilisations des terres

	Emploi	Carbone	Biodiversité	Eau
Profit	+	-	-	-
Emploi		-	-	-
Carbone			+	+
Biodiversité				+

4. Le compromis entre la rentabilité et la conservation de la biodiversité est bien connu. Les efforts des exploitants agricoles pour accroître la productivité des cultures entraînent souvent une diminution de la biodiversité. Les exploitants agricoles sont donc peu enclins à tolérer une diversité végétale, et détruisent les arbres et les mauvaises herbes afin d'améliorer leurs marges bénéficiaires. Ce constat est fréquent à la fois dans les monocultures et les systèmes mixtes d'utilisation des terres. Par exemple, dans le cas de la culture agroforestière de l'hévéa en Indonésie, le nombre d'hévéas par unité de surface a accru la production de caoutchouc. Mais cette augmentation s'est traduite par une diminution du nombre des autres espèces d'arbres (Lawrence, 1996). La monoculture de produits agricoles ou d'espèces d'arbres économiquement importants est un cas extrême mais fréquent.

5. Au niveau du paysage, les objectifs de conservation et de développement peuvent être moins clairs. L'aménagement spatial des types d'utilisations des terres soulève la question de la manière de conserver des niveaux optimaux de biodiversité dans un paysage. Un exemple permet d'illustrer cette idée. La biodiversité d'un paysage entièrement consacré à la monoculture du palmier à huile est inférieure à celle d'un paysage composé d'un mélange de forêts d'espèces indigènes d'âges différents au sein d'une mosaïque de petites exploitations agricoles.

6. Une option possible est la ségrégation complète de l'agriculture et de la forêt : la forêt reste intacte (avec une grande biodiversité), et l'agriculture est intensive grâce à la monoculture par exemple, du palmier à huile, de l'hévéa, ou de cultures vivrières à haute intensité d'intrants (comportant très peu de biodiversité). Une autre option est

l'intégration qui introduit ou préserve autant de biodiversité que possible dans les exploitations agricoles du paysage, par exemple dans les jachères, les agroforêts cacao complexes ou des systèmes agroforestiers multistrates (noix du Brésil, acajou, péjibaie, etc.).

7. La nature des conséquences pour la biodiversité des options de ségrégation et d'intégration est variable (Tableau 9.2). Du point de vue de l'agriculture, dans un système de ségrégation, les principaux avantages de la biodiversité agricole sont liés à la prévention et au contrôle de la prolifération des organismes nuisibles et des maladies répandues par la pollinisation. D'un autre côté, les animaux des forêts peuvent endommager les cultures.

Tableau 9.2. Avantages de la biodiversité : ségrégation versus intégration des paysages

Ségrégation – agriculture	Ségrégation – forêt naturelle	Ségrégation – agriculture et forêt	Intégration – Mosaique agroforestière
La biodiversité agricole est principalement intéressante pour la lutte contre les organismes nuisibles et les mauvaises herbes	Le maintien de populations viables nécessite de vastes réserves	Une délimitation nette (clôtures) réduit les conflits, mais crée des populations isolées et potentiellement non viables	L'agrodiversité présente des avantages ou a relativement peu de conséquences négatives sur les activités humaines

Source : basé sur Williams, et coll., 2001.

8. En plus des compromis entre les aspects économiques et environnementaux, la comparaison de l'ampleur des pertes et des gains peut faire apparaître des possibilités de compromis avantageux, voire optimaux. Dans certains cas, il est possible de réaliser des gains substantiels avec des pertes limitées. Une telle connaissance des relations peut aider à détecter les conséquences de différentes options de politiques.

Analyse à l'aide d'une feuille de calcul

9. Examinons un certain nombre de compromis et de complémentarités. La feuille de calcul **Compromis** (dans le fichier **SpreadsheetExercicesREDDplusOppCosts.xlsm**, dont un aperçu est visible dans l'**Annexe F**) est une version simplifiée comparant trois attributs (profits, carbone et emploi) de quatre utilisations des terres. Le contexte de l'étude est l'Amazonie péruvienne. Les données introduites pour chaque utilisation des terres sont les estimations par hectare du carbone, du profit et des jours de travail. Il en résulte trois graphiques des compromis : rentabilité versus carbone, rentabilité versus emploi, et emploi versus carbone. L'ajustement des données dans la légende des utilisations des terres affecterait les graphiques correspondants.

10. Alors que la rentabilité et l'emploi ont une relation de complémentarité, la comparaison à la fois de la rentabilité avec le carbone et de l'emploi avec le carbone indique des compromis. L'agriculture et l'agroforesterie génèrent plus de profits et moins de carbone que les forêts naturelles ou exploitées. Dans cet exemple, l'agroforesterie

correspond à la fois à de meilleurs profits et à un contenu en carbone plus élevé que les utilisations agricoles des terres. Compte tenu de ces critères, l'agroforesterie apparaît donc comme la meilleure option. Toutefois, ces grandes conclusions ne sont basées que sur deux critères particuliers. Beaucoup d'autres critères font de l'agriculture un choix valable, tels que l'importance des cultures vivrières et la capacité de générer des revenus sans une longue attente. (Pour plus d'information, voir le Chapitre 6.)

Scénarios

11. En termes simples, un scénario est la description cohérente, logique et réaliste d'une situation future. Ils peuvent prendre en compte tout un éventail de situations futures potentielles et les incertitudes qui les accompagnent. Ils nous incitent à ouvrir notre esprit afin d'imaginer l'ensemble des changements et des surprises que l'avenir pourrait nous réserver, et de réfléchir à leurs conséquences. Ils permettent d'aller au-delà d'un simple maintien du statu quo où l'avenir est anticipé en se fondant sur le passé. Les scénarios peuvent donc aider les décideurs à comprendre les conséquences possibles des décisions prises aujourd'hui.

12. Alors que l'analyse de sensibilité (Chapitre 7) considère les effets de changements marginaux dans certains paramètres de l'utilisation des terres, tant biophysiques (ex. : la teneur en carbone) qu'économiques (prix des produits, efficacité de la production, coûts des intrants et valeur actualisée nette, par exemple), l'analyse des scénarios considère l'évolution de groupes de paramètres, résultant de changements globaux dans l'économie, de l'introduction ou de l'interdiction de certaines utilisations des terres, ou de règles différentes en matière d'admissibilité des utilisations des terres et des changements d'allocation des terres au paiement de compensations. Les scénarios possibles peuvent refléter :

- **D'importantes modifications dans les prix relatifs, résultant de changements sur les marchés mondiaux des produits de base.** On peut par exemple comparer des scénarios correspondant à des prix élevés (2008) et à des prix faibles (2006). De tels scénarios doivent être traduits en des ensembles de paramètres liés aux prix ajustés.
- **Des modifications dans les prix relatifs, dues aux politiques nationales ou internationales.** Par exemple, les politiques de biocarburants peuvent avoir une incidence sur les prix du palmier à huile ou de la canne à sucre.
- **Des changements dans les droits de propriété.** L'analyse de la VAN peut prendre en compte les incertitudes dans les droits de propriété, à travers des ajustements explicites de l'évaluation de la VAN, intégrant la capacité de l'utilisateur des terres à investir et à accroître ses futurs revenus. Par exemple, les

exploitants agricoles de la région de Sumberjaya en Indonésie n'ont aucune certitude qu'ils pourront bénéficier de leurs investissements dans les terres.

- **Des changements, induits par les politiques, dans la rentabilité d'autres utilisations des terres.** Les politiques peuvent encourager les changements technologiques, et influencer ainsi l'efficacité de la production. À titre d'exemple, on peut citer l'accès amélioré aux engrais en Afrique, les taxes à l'exportation (sur le cacao au Ghana) et les subventions (ex. : les programmes de subvention des intrants agricoles au Malawi).
- **Des possibilités liées au marché du carbone.** Il est possible que les exploitants agricoles reçoivent des compensations pour la valeur du carbone de l'ensemble ou de certains des types d'utilisation des terres. (ex. : AFOLU)
- **Des différences dans les politiques nationales d'utilisation des terres et des forêts.** Les politiques visant à éviter la déforestation peuvent décréter et mettre en application la protection de certains types d'utilisation des terres (les forêts primaires, par exemple), qui peut se traduire par des changements dans la matrice de transition de l'utilisation des terres.
- **Des différences dans les estimations du carbone.** Une amélioration de la précision ou l'élimination de biais systématiques dans les mesures du carbone (ex. : LIDAR, équations allométriques améliorées, ou meilleures estimations de la densité du bois,).
- **Des changements dans le prix du carbone.** Le prix du carbone peut être affecté par le risque de non-permanence, et les prix du marché peuvent varier.

13. Les scénarios encouragent une réflexion créative sur les moteurs du changement d'affectation des terres, et sur leur impact potentiel. Ils peuvent sensibiliser aux utilisations présentes et futures des terres, et servir d'outil de synthèse où différents types de connaissances sont combinés sous différents formats, à l'aide d'informations ou de méthodes aussi bien quantitatives que qualitatives. Par exemple, la connaissance locale des moteurs de la déforestation est essentielle pour la crédibilité et la vraisemblance des scénarios. Ceux-ci aident également à identifier les menaces, incertitudes, conflits ainsi qu'opportunités potentiels auxquels une communauté peut être confrontée dans le futur. Les étapes clés de l'analyse des scénarios sont :

- L'identification des acteurs concernés (parties prenantes) et la sélection des participants à la construction participative des scénarios ;
- Le démarrage du processus de construction participative des scénarios : identification des principales questions à aborder, notamment les buts et objectifs de l'analyse ;

- L'identification du contexte et des moteurs du changement ;
- L'élaboration des scénarios (synopsis) ;
- La description du scénario : causes possibles et implications pour les valeurs des paramètres (modifications du C, P, ou des éléments de la matrice de transition de l'utilisation des terres) ;
- L'analyse des différents scénarios :
 - Estimation des coûts d'opportunité associés aux différents scénarios
 - Comparaison des résultats avec le scénario de base ;
- La cartographie des résultats du scénario et la comparaison avec la cartographie du scénario de base.
- L'interprétation des résultats et de leurs implications.

14. Chacune de ces étapes de l'élaboration des scénarios peut utiliser une combinaison d'outils et de méthodes quantitatifs et qualitatifs. Le processus peut être fondé sur le savoir de spécialistes ou sur un processus participatif impliquant tous les acteurs concernés. Au Niveau 1, le recours à des spécialistes des paramètres peut être plus facile, moins cher et plus rapide. Par contre, au Niveau 3, une modélisation exhaustive mais onéreuse des scénarios peut être préférable. Dans certains cas, un processus participatif peut être le meilleur moyen de déterminer les paramètres prioritaires et leurs domaines de valeurs. Le choix des méthodes dépend des pays, et tient compte des compétences, capacités et ressources disponibles.

Exercice : Effets de différentes règles d'admissibilité à la REDD+

15. La feuille de calcul **Filtre pour l'admissibilité** (dans le fichier **SpreadsheetExercicesREDDplusOppCosts.xlsm**) présente une analyse rapide de la manière dont les règles de la REDD agissent sur l'admissibilité des différents changements d'affectation des terres. Les modifications apportées aux cellules colorées en jaune montrent les effets de la politique REDD+ sur 11 catégories d'utilisation des terres.

16. Étant donné l'absence de règles claires pour la REDD+, l'examen de leurs effets potentiels est utile pour la planification des politiques nationales. Bien que les débats semblent se diriger vers un consensus considérant la conservation, la gestion durable des forêts et l'amélioration des stocks de carbone forestiers comme admissibles dans le cadre de la REDD+, il est encore toujours nécessaire de clarifier l'admissibilité des utilisations des terres.

17. Il n'a pas encore été décidé si la REDD+ fera ou non partie des Mesures d'atténuation adaptées au contexte national (MAAN). Si tel était le cas, la politique REDD+ serait équivalente à la REDD++, à l'Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres (AFOLU), ou à la Réduction des émissions de toutes les utilisations des terres (REALU), décrites dans la littérature.

18. Quatre types d'approches, RED, REDD, REDD+ et REALU, peuvent par conséquent émerger d'un accord sur les politiques dans le cadre de la CCNUCC. Les effets des conditions d'admissibilité dans le cadre de ces quatre versions peuvent être mis en évidence à l'aide d'une matrice d'occupation du sol (Figure 9.2).

1. RED = Réduction des émissions dues à la déforestation (brute) : ne comprend que le passage du type d'occupation du sol « forêt » au type « terres non forestières ». Les détails dépendent de la définition opérationnelle de la « forêt »
2. REDD = RED + dégradation (des forêts) ou passage à des densités plus faibles des stocks de carbone *au sein* des forêts. Les détails dépendent de la définition opérationnelle de la « forêt ».
3. REDD+ = REDD + reconstitution des stocks de carbone dans et vers les « forêts » ; dans certaines versions, la REDD+ comprend également les tourbières, qu'elles aient ou non le statut de forêt. Les détails dépendent ici aussi de la définition opérationnelle de la « forêt ».
4. REDD++ = REALU = AFOLU ; concerne tous les changements d'affectation des terres qui influencent le stockage du carbone, qu'il s'agisse de tourbières ou de sols minéraux, d'arbres en dehors des forêts, d'agroforêts, de plantations ou de forêts naturelles. Ne dépend pas de la définition opérationnelle de la « forêt ».

19. L'approche d'estimation des coûts d'opportunité suivie dans ce manuel peut être appliquée à chacune de ces quatre versions. Le filtre d'admissibilité fonctionne en combinaison avec la matrice de changement d'occupation du sol utilisée dans l'estimation des coûts d'opportunité.

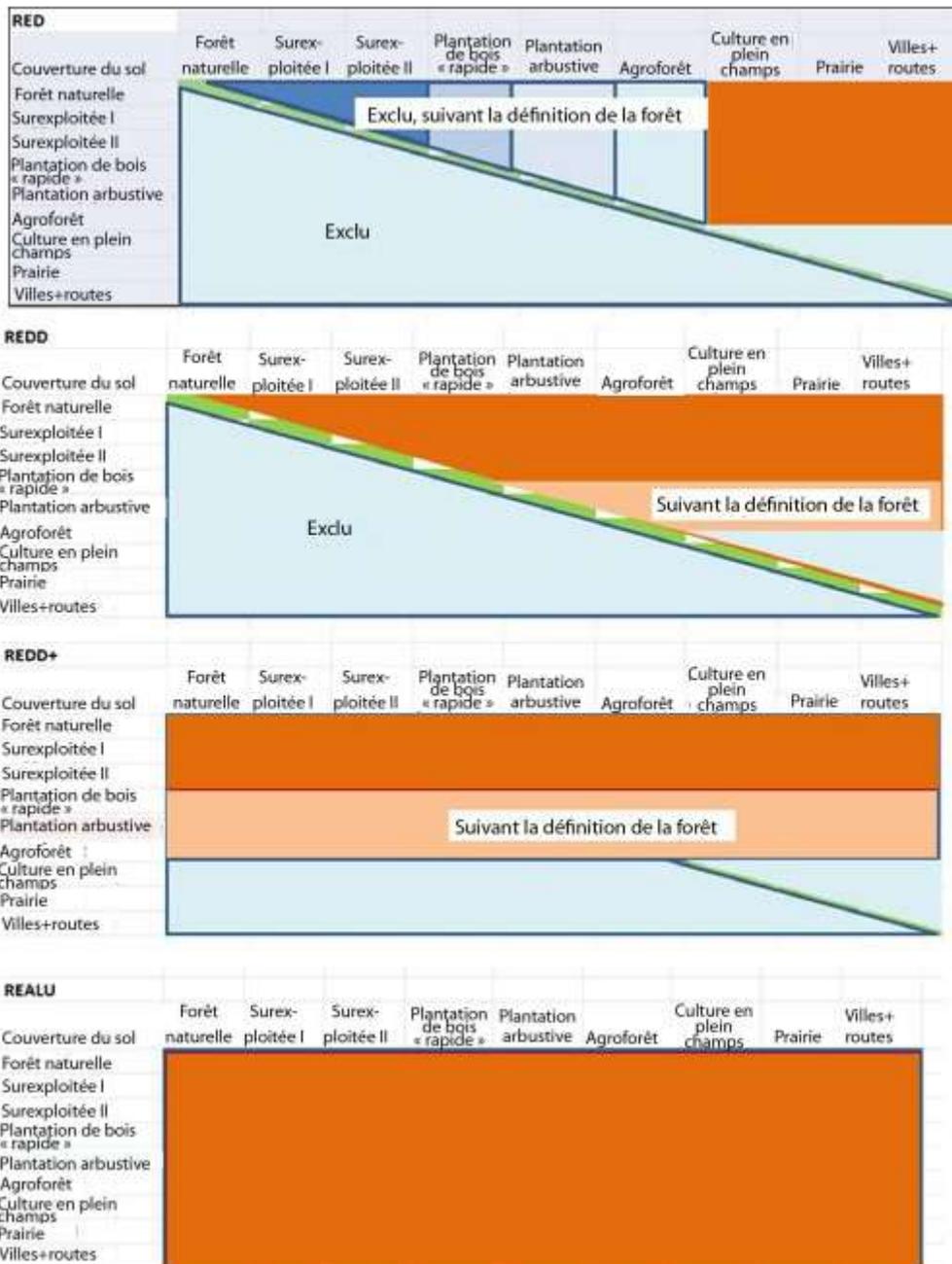


Figure 9.2. Comparaison de l'admissibilité des changements d'affectation des terres, suivant les règles de la RED à la REALU

Note : Un changement d'affectation des terres part de l'état initial (première colonne) vers une des utilisations des terres figurant dans les autres colonnes. Les couleurs représentent l'admissibilité des changements (orange : autorisée ; bleu : exclu)

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+

Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 10. Conclusions et étapes suivantes

Objectifs

1. Identifier et examiner comment revoir et mettre à jour les analyses des coûts d'opportunité,
2. Examiner comment communiquer les résultats,
3. Présenter les étapes suivantes liées à l'analyse des coûts d'opportunité et à la REDD+.

Conclusions et étapes suivantes



1. Ce manuel a présenté une approche allant de la base vers le sommet pour l'estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+. Ces étapes comprennent :

- L'analyse des changements d'affectation des terres et l'élaboration des matrices des changements d'affectation des terres ;
- L'estimation de la moyenne temporelle des stocks de carbone des utilisations des terres ;
- L'évaluation de la rentabilité des utilisations des terres ;
- Le calcul des coûts d'opportunité et l'établissement des courbes des coûts d'opportunité ;
- L'interprétation des courbes des coûts d'opportunité et la réalisation d'analyses de sensibilité.

2. En outre, le manuel a montré comment :

- Étudier les coavantages de l'eau et de la biodiversité,
- Identifier et déterminer la priorité des options de réduction (dans le cadre des changements d'affectation des terres) dont les coavantages peuvent substantiellement affecter l'estimation des coûts d'opportunité,
- Estimer la valeur économique des coavantages,
- Étudier les éventuels compromis entre la séquestration du carbone, la biodiversité et l'eau.
- Développer des scénarios pour l'évolution future du développement et de la conservation au niveau national,
- Examiner les effets de différentes règles d'admissibilité à la REDD+.

3. Dans ce chapitre, nous expliquons comment revoir et mettre à jour les estimations des coûts d'opportunité, communiquer efficacement les résultats, et définir les étapes suivantes pour l'analyse des coûts d'opportunité dans le cadre des activités nationales REDD+.

Ce que les coûts d'opportunité révèlent et ce qu'ils ne révèlent pas

Les coûts d'opportunité ne représentent qu'une partie des coûts liés à la REDD+

4. Les coûts d'opportunité ne représentent qu'une partie des coûts liés à la REDD+. Dans beaucoup de pays, les coûts d'opportunité peuvent être les coûts les plus importants liés à la REDD+ (voir Figure 1.1). Pour obtenir une image complète des coûts, il faudra donc estimer tous les autres coûts et établir une courbe de l'offre pour la REDD+. Toutefois, l'estimation des coûts d'opportunité liés aux changements d'affectation des terres, décrite plus haut, est une étape importante pour la compréhension des implications des coûts associés à une participation à la REDD+.

L'analyse est rétrospective

5. La méthodologie présentée est basée sur l'utilisation réelle des terres. Même s'il est possible que celle-ci ne représente pas de façon adéquate les utilisations futures à plus haute valeur, l'estimation de ses coûts d'opportunité constitue une bonne base de référence pour les estimations et analyses ultérieures. Les profits associés aux utilisations des terres dépendent largement de la fertilité des sols, des pratiques de gestion, et de l'accès aux marchés, dont chacun peut être ajusté pour refléter les probables conditions futures. L'effet des nouvelles technologies et des utilisations correspondantes des terres peut également être analysé. Cette information deviendra disponible à mesure qu'un plus grand nombre de pays auront estimé les coûts d'opportunité. Les pays peuvent utiliser des informations de Niveau 1 pour élaborer de nouvelles trajectoires d'utilisation des terres dans le cadre des analyses des scénarios.

Aucun effet d'équilibre partiel ou général n'est considéré

6. La méthode d'analyse des coûts d'opportunité décrite plus haut produit des estimations simples et pratiques du coût des programmes REDD+ pour les propriétaires fonciers. L'approche ne tient toutefois pas compte de la rétroaction de la REDD+ au niveau mondial, susceptible d'affecter les prix et les coûts d'un large éventail d'utilisations des terres et de secteurs économiques.

7. La portée de la REDD+ pouvant être lointaine, des analyses supplémentaires seront donc nécessaires. Par exemple, les cours mondiaux des denrées alimentaires et de l'énergie peuvent être affectés par l'augmentation de la valeur des terres. Ces liaisons intersectorielles entre la foresterie, l'agriculture et l'énergie (en particulier en ce qui concerne les biocarburants) sont susceptibles d'avoir un impact sur les coûts d'opportunité. Bien que des modèles d'équilibre partiels et généraux soient mieux à même d'estimer des effets indirects aussi complexes, la méthode présentée dans ce manuel peut néanmoins fournir d'utiles approximations, à travers des analyses de scénarios prévoyant une augmentation des prix du bois et des produits agricoles pour en estimer l'effet sur les coûts d'opportunité.

Une évaluation qualitative des coavantages

8. Cette étude limite l'évaluation des coavantages à des mesures qualitatives dans le cadre d'une analyse des compromis. Des valorisations coûteuses et sophistiquées de l'eau, de la biodiversité, de la beauté des paysages et d'autres coavantages pourraient produire des estimations plus précises des coûts d'opportunité liés à la REDD+. Toutefois, les méthodes d'évaluation quantitative de ces coavantages sont coûteuses et comportent des limitations importantes. Les évaluations qualitatives des coavantages peuvent aider les décideurs à identifier les domaines et les utilisations des terres prioritaires méritant un traitement spécial dans le cadre des programmes REDD+.

Étapes suivantes

Mettre à jour l'analyse des coûts d'opportunité

9. Comme l'information sur les coûts d'opportunité peut varier dans le temps, les analyses doivent être périodiquement mises à jour. Les équipes nationales d'analystes REDD+ doivent revoir les changements d'affectation des terres, les technologies, les pratiques de gestion, les estimations et les prix du carbone pour vérifier la validité des estimations des coûts d'opportunité.

10. Une deuxième raison de mettre à jour les coûts d'opportunité est la disponibilité de nouvelles méthodes d'analyse et de données de qualité. Par exemple, les pays peuvent commencer leurs analyses aux Niveaux 1, 2 ou 3. Suivant le niveau auquel les pays démarrent, des mises à jour et une amélioration de la précision peuvent être plus ou moins nécessaires. Considérons les exemples suivants :

1. Un pays commence une analyse des coûts d'opportunité au Niveau 1, avec des outils simples et des valeurs par défaut. L'incertitude des estimations a toutes les chances d'être élevée et de rendre nécessaire la collecte de davantage de données au cours du temps pour améliorer l'exactitude. Tel est probablement le cas de la plupart des pays en développement pauvres en données, dans le cadre du FPCF et du programme ONU-REDD+.
2. Un autre pays commence à estimer les coûts d'opportunité en utilisant une combinaison de valeurs par défaut et de données représentatives de la zone ou du pays. Il démarre donc au Niveau 2. Un tel pays devra continuer de collecter plus de données sur le terrain pour améliorer la précision, et élaborer des modèles afin d'atteindre le Niveau 3.
3. Un pays plus développé estime les coûts d'opportunité au Niveau 3 en utilisant des ensembles de données complets et détaillés. Un tel pays devra cependant mettre à jour ses estimations à l'aide de données plus récentes sur les prix, les changements d'affectation des terres et les modifications des politiques.

11. La question qui se pose est : *quand et à quelle fréquence les coûts d'opportunité doivent-ils être mis à jour ?* Une réponse rapide pourrait être que cela dépend du taux de changement dans le contexte analytique concerné (c'est-à-dire un paysage ou un pays). Certains préconisent des mises à jour régulières, mais les dépenses associées peuvent être prohibitives. Ces procédures pourraient également ne porter que sur un sous-ensemble des données (par exemple l'utilisation des terres, le carbone et les profits). Le mélange de données récentes et plus anciennes pourrait biaiser la comparaison des estimations des coûts d'opportunité. Il faut donc que les mises à jour soient complètes.

12. Les politiques REDD+ et/ou les marchés du carbone peuvent récompenser ou même imposer la mise à jour des facteurs de déforestation et des estimations des coûts

d'opportunité. Ces révisions pourraient aider à identifier les pressions sur les zones forestières éventuellement concernées, telles que celles où les coûts d'opportunité augmentent de manière importante. Ces zones pourraient nécessiter des mesures spéciales pour assurer leur conformité.

Communiquer les résultats de l'analyse des coûts d'opportunité

13. Des tactiques efficaces de communication peuvent encourager l'emploi des estimations des coûts d'opportunité pour les choix de politiques et la prise de décision. Comme les méthodes analytiques et le concept de coût d'opportunité lui-même peuvent être difficiles à comprendre, parmi les approches possibles, certaines peuvent être plus efficaces que d'autres. Elles comprennent :

1. La rédaction, l'impression et la diffusion d'un résumé analytique pour le rapport sur les coûts d'opportunité ;
2. Une synthèse de l'étude sous la forme de notes de politique publiées et largement diffusées ;
3. La présentation des résultats dans différents forums traitant de la science et des politiques ou rassemblant les parties concernées ;
4. Le partage des résultats et de leurs implications potentielles dans des médias populaires (journaux, revues professionnelles, radio, télévision) ;
5. L'implication des décideurs dans les analyses des coûts d'opportunité (dans un contexte de Niveau 3, des approches de modélisation collaboratives peuvent être adoptées pour divers scénarios de politiques. Pour les Niveaux 1 ou 2, des démonstrations et des examens des résultats analytiques peuvent améliorer la compréhension mutuelle et faciliter l'identification des politiques à élaborer et mettre en œuvre en priorité).

14. Au cours du processus de communication, des questions clés à discuter doivent être identifiées et abordées. Par exemple :

- Qui sont les gagnants et les perdants probables de la REDD+ ?
- Quelle est l'importance des autres coûts liés à la REDD+ ? Dans quelle mesure varient-ils à l'intérieur d'un pays et selon les changements d'affectation des terres ?
- À quel prix est-il possible d'empêcher une plus grande partie de la déforestation dans la zone ?
- Quelles zones et utilisations des terres seront-elles les plus/les moins affectées par la REDD+ ?
- Quels aspects de l'environnement ou de l'économie sont-ils les plus susceptibles d'être affectés par la REDD+ ?
- La production nationale des denrées alimentaires et des fibres sera-t-elle affectée par la REDD+ ?

- Quel niveau d'accroissement de la productivité faudra-t-il atteindre pour compenser la production sacrifiée en n'étendant pas la surface cultivée ?
- Quelles politiques nationales seront-elles nécessaires pour atteindre les niveaux d'émissions de référence dans le futur ?

15. Le partage des résultats et la discussion des implications peuvent aider à la fois les décideurs et le public à comprendre les avantages et les coûts potentiels d'une participation à la REDD+. Les commentaires des parties concernées peuvent également améliorer l'exactitude, la précision et la pertinence des résultats.

Estimation des coûts d'opportunité liés à la REDD+ Manuel de formation

Version 1.3

Chapitre 11. Annexes

Sommaire

A. Glossaire.....	11-2
B. Capacités requises pour un système national de suivi des émissions	11-7
C. Équations allométriques	11-10
D. Étapes de calcul de la moyenne temporelle des stocks de carbone : de la placette à l'utilisation des terres	11-12
E. Méthodes de détermination de la valeur économique de la biodiversité	11-15
F. Exemples de feuilles de calcul	11-19
G. Exemple d'analyse utilisant le logiciel REDD Abacus.....	11-22



A. Glossaire

Définitions des principaux termes et expressions utilisés :

Absorption : Transfert des gaz à effet de serre et/ou de leurs précurseurs de l'atmosphère vers un puits.

Additionalité : Réduction des quantités émises par des sources ou augmentation des quantités fixées par des puits, venant s'ajouter à celle obtenue en l'absence d'une activité d'un projet ou programme (et donc spécifiquement attribuable à celle-ci). (modifié à partir de Bilan 2001 des changements climatiques : Mesures d'atténuation. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/CLIMATE/IPCC_TAR/vol4/french/163.htm).

Point de vue de comptabilisation : Point de vue selon lequel les coûts et avantages sont estimés. Les points de vue de comptabilisation habituellement utilisés pour l'analyse des initiatives REDD+ sont : un pays entier, des groupes individuels existant dans un pays, l'État et la communauté mondiale.

Base de référence : Scénario de référence par rapport auquel sont mesurées les variations touchant les émissions et la fixation des gaz à effet de serre. (Rapport spécial du GIEC sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-en.pdf>).

Bilan carbone : Solde des échanges de carbone entre les réservoirs de carbone ou au sein d'une boucle spécifique (ex. : atmosphère-biosphère) du cycle du carbone.

Biomasse : Masse totale des organismes vivants, tant végétaux qu'animaux, présente dans une zone donnée et généralement mesurée par son poids sec en grammes par mètre carré ou kilogrammes par hectare. Matière organique constituée d'organismes vivants ou morts récemment (en particulier considérée comme du combustible), à l'exclusion de la tourbe. Englobe les produits, sous-produits et déchets dérivés de cette matière.

Dans la plupart des recherches écologiques et pour les besoins de ce manuel, la « biomasse » est un attribut de la végétation qui fait référence au poids de la matière végétale dans une zone donnée. Un autre terme couramment utilisé pour la biomasse est la « production » qui désigne la quantité de végétation produite dans une zone.

Biomasse aérienne : Biomasse située au-dessus de la surface du sol : arbres et autre végétation.

Biomasse souterraine : Biomasse située sous la surface du sol : racines des végétaux et autres biotes du sol.

Bonnes pratiques : Ensemble de procédures visant à assurer que les inventaires des émissions de gaz à effet de serre (GES) sont exacts, en ceci qu'ils ne sont systématiquement ni surestimés ni sous-estimés, pour autant qu'on puisse en juger, et que les incertitudes sont quantifiées et réduites autant que possible. Les *bonnes pratiques* concernent le choix des méthodes d'estimation adaptées au contexte national, le contrôle et l'assurance qualité au niveau national, la quantification des incertitudes, l'archivage des données et la notification des données à des fins de transparence.

Budget d'entreprise : Comptabilisation détaillée des revenus et des dépenses liées à une activité économique (ex. : une utilisation des terres).

Capital : Également connu comme capital financier. L'argent et l'épargne.

Carbone organique du sol : Masse de carbone contenue dans une unité de masse de sol sec, souvent exprimée en % du poids. À moins d'être mesurée directement, la masse de carbone organique du sol est supposée représenter 1/1,724 de la masse organique du sol.

Charbon de bois : Résidu noirâtre, poreux, constitué de carbone impur (environ 85 à 90 % de carbone), obtenu par élimination de l'eau et des autres constituants volatils des substances animales et végétales. Il est généralement produit par chauffage du bois en absence (ou à un faible niveau) d'oxygène.

Occupation du sol : Classification biophysique de la surface de la planète, comprenant la végétation, les sols, les minéraux, les étendues d'eau et les ouvrages érigés par les hommes.

Densité du bois : Poids d'un volume donné de bois séché au four, habituellement exprimé en kilogrammes par décimètre cube (kg/dm^3).

Densité apparente du sol : Masse séchée au four d'une unité de volume de sol brut (incluant les volumes de la partie solide et des pores du sol).

Données spécifiques au pays : Données relatives à des activités ou à des émissions, basées sur les recherches effectuées sur des sites du pays ou, à défaut, représentatifs de ce pays.

Émissions : Libération dans l'atmosphère de gaz à effet de serre et/ou de leurs précurseurs au-dessus d'une zone et une durée données (CCNUCC Article 1.4).

Équations allométriques : Règle empirique ou équations reliant la biomasse des arbres (ou des propriétés similaires) au diamètre des troncs et/ou à la hauteur des arbres.

Équivalent dioxyde de carbone : Mesure utilisée pour comparer différents GES en fonction de leur contribution au forçage radiatif. La CCNUCC (2005) utilise les potentiels de réchauffement global (PRG) pour calculer l'équivalent dioxyde de carbone.

Fuites : Variation dans les quantités émises et fixées de gaz à effet de serre dont le système de comptabilisation ne tiendrait pas compte, mais qui résulteraient d'activités responsables d'autres variations comptabilisées. On distingue quatre types de fuites : le déplacement d'une activité, le déplacement de la demande, le déplacement de l'offre et le chevauchement des investissements. En cas de « fuites », le système ne réussit pas à fournir une évaluation complète de l'évolution globale réelle induite par l'activité. (Rapport spécial du GIEC sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-fr.pdf>).

Légende d'utilisation des terres : Convention identifiant sur une carte les différentes catégories d'un système de classification, à l'aide de couleurs, motifs ou descriptions déterminés. Dans ce manuel, la légende des catégories et sous-catégories d'occupation du sol correspond aux UT.

Litière existante : Poids de débris organiques à un instant donné. Fait généralement référence à la quantité de débris organiques trouvés à la surface du sol.

Matière organique (ou matériel organique) : Matière provenant d'un organisme jadis vivant ; susceptible de se dégrader ou d'être le produit d'une dégradation ; ou constituée de composés organiques.

Matière organique du sol (MOS) : Masse de matières organiques contenue dans une unité de masse de sol sec. Elle est souvent exprimée en % du poids.

Mortalité/mortalité des arbres : Arbres morts par unité de surface.

Nécromasse ou matière organique morte : Poids des organismes morts, généralement exprimé en grammes par mètre carré ou kilogrammes par hectare. La nécromasse se compose principalement de déchets végétaux. Elle repose habituellement à la surface du sol ou dans le sol, mais peut aussi se présenter sous la forme d'une matière morte sur pied ou attachées à d'autres éléments. Une grande partie des réactions transitoires ou décalées des écosystèmes forestiers à des changements climatiques rapides peut être estimée par la différence entre la régénération (natalité) et la mortalité des arbres. L'accroissement annuel de la nécromasse résulte de la mortalité individuelle des arbres sur pied et de perturbations à grande échelle entraînant leur dépérissement (incendies, infestations par des insectes, maladies, chablis). En outre, une partie importante des stocks de carbone correspondant au carbone terrestre emmagasiné dans les zones forestières et non forestières se situe dans la nécromasse.

Paysage : Superficie de terrains non délimitée. Partie de territoire que le regard peut appréhender en une fois, y compris tous les objets qu'elle contient.

Permanence : Durabilité d'un réservoir de carbone et stabilité de ses stocks, compte tenu de son exploitation et des perturbations qu'il subit. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-fr.pdf>

Profit : Rendement net, ou revenus diminués des coûts.

Puits : Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur d'un gaz à effet de serre (CCNUCC Article 1.8). Indiqué dans les étapes finales de l'établissement des rapports par le signe moins (-).

Rendement net : voir Profit.

Rente : Également connu sous les dénominations de rente économique et de surplus du producteur. Valeur que les producteurs obtiennent quand le prix réel dépasse le prix minimum accepté par les vendeurs. Dans le contexte de la REDD+, la rente est la différence entre le prix international du carbone et les coûts REDD+.

Réservoir de carbone : Système ou sous-système ayant la capacité d'emmagasiner ou de libérer du carbone. Des exemples de réservoirs de carbone sont la biomasse forestière, les produits ligneux, les sols ou l'atmosphère. Son contenu est exprimé en unité de masse : kilogrammes par hectare (kg ha^{-1}), ou tonnes ou « mégagrammes » par hectare (Mg ha^{-1}).

Résolution : Voir résolution spectrale et résolution spatiale.

Résolution spectrale : Capacité des systèmes de télédétection aérienne ou par satellite de repérer des caractéristiques de la surface à travers une section du spectre électromagnétique. Une haute résolution spectrale améliore généralement la capacité à caractériser la surface.

Résolution spatiale : Taille des pixels ou des cellules d'une grille représentant des zones de la surface terrestre. Une haute résolution spatiale permet une identification plus détaillée des objets de la surface.

Rendement net : Voir Profit.

Séquestration du carbone : Processus d'augmentation de la teneur en carbone d'un réservoir de carbone autre que l'atmosphère.

SIG matriciel : Système représentant la surface terrestre sous la forme d'une grille de cellules de surface identique, dont chacune contient des informations sur les caractéristiques de sa zone géographique. Utilisé pour les données en continu, telles que l'imagerie ou les relevés climatiques et d'élévation par satellite.

SIG vectoriel : Système représentant, sur une carte numérique, les caractéristiques géographiques d'une zone par des points, des lignes ou des polygones.

Signature spectrale : Manière unique dont un type donné d'occupation du sol réfléchit et absorbe la lumière.

Source : Tout processus ou activité qui libère dans l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre (CCNUCC Article 1.9). Indiqué dans les étapes finales de l'établissement des rapports par le signe plus (+).

Stock de carbone : Quantité (absolue) totale de carbone stocké dans les écosystèmes terrestres à un moment donné, sous la forme de biomasse végétale vivante ou morte (aérienne ou souterraine) et dans les sols, plus la quantité généralement négligeable de biomasse animale. Son contenu est exprimé en unité de masse : tonnes ou « mégagrammes » par hectare (Mg ha^{-1}).

Surface terrière (ST) : Surface en centimètres carrés de la section transversale d'un tronc d'arbre, généralement mesurée à hauteur de poitrine (HDP), écorce comprise ($3,14 \times \text{rayon}^2$).

Système de classification : Cadre au sein duquel des objets peuvent être organisés en groupes, appelés catégories, sur base de leurs caractéristiques. La classification est basée sur des critères permettant de distinguer les différentes catégories et les relations existant entre elles. La définition des frontières entre les catégories doit être claire, précise, si possible quantitative, et basée sur des critères objectifs (Manuel LCCS de la FAO, 2000).

Système de classification de l'utilisation des terres : Cadre permettant d'identifier et d'organiser les utilisations des terres en fonction des caractéristiques qui les différencient et les rendent uniques (forêts, agriculture, pâturages, zones urbaines, etc.)

Système d'utilisations des terres (SUT) : Caractéristiques dynamiques et interactions, dans l'espace et le temps, des activités à la surface de la planète. Le terme *système* fait référence aux changements cycliques séquentiels qui caractérisent l'utilisation des terres, comme la rotation cultures/jachères dans les systèmes de cultures alternées. Par souci de concision, le terme *utilisation des terres* est utilisé dans ce manuel

Table des attributs : Base de données ou tableau reprenant les informations liées aux différentes caractéristiques présentées sur les cartes. Peut faire référence à des points, des lignes ou des polygones dans un SIG vectoriel ou aux cellules d'une grille dans un SIG matriciel.

Taux d'actualisation : Taux reflétant une préférence temporelle, appliqué pour réduire la valeur future des coûts et avantages dans une analyse couvrant des périodes multiples.

Tourbière : Terre riche en débris végétaux partiellement décomposés, d'une teneur en carbone organique supérieure à 18 % et d'une épaisseur supérieure à 50 centimètres. Les tourbières font partie intégrante de beaucoup de zones humides à travers le monde. La tourbe tropicale est épaisse d'environ 1 à 7 mètres et peut atteindre 20 mètres d'épaisseur par endroits. Les mousses, herbes, graminées, arbustes et arbres, y compris leurs tiges, feuilles, fleurs, graines, noix, pommes, racines, écorces et bois, peuvent contribuer à l'accumulation de débris organiques. La tourbe se forme dans les zones humides ou les tourbières, également appelées narses, landes, fondrières, marécages et marais. Avec le temps, l'accumulation de tourbe crée un substrat, influence la situation des eaux souterraines et modifie la morphologie de la surface des zones humides.

Unité cartographique minimale (UCM) : Plus petite surface homogène ou unité qui peut être distinguée dans les données de télédétection et les cartes associées. L'UCM dépend de la résolution de l'imagerie : plus la résolution de l'image est haute, plus l'UCM est petite et précise.

Unité cartographique complexe : Unité cartographique représentant une combinaison de SUT. En cas de résolution spatiale insuffisante, différentes unités sont regroupées dans une catégorie unique recouvrant deux ou plusieurs occupations du sol ou utilisations des terres.

Utilisation des terres (UT) : Type d'activité, occupation ou peuplement humains pratiqué sur la surface terrestre. Exemples : cultures annuelles, cultures forestières, plantations, milieu urbain, aires de conservation, etc.

Valeur actualisée nette (VAN) : Valeur actuelle des flux de trésorerie nets futurs d'un investissement moins le montant initial investi.

Végétation de sous-bois : Toute plante poussant sous le couvert d'autres plantes, en particulier la végétation herbacée et arbustive vivant sous le couvert des arbres.

Réalité de terrain : Terme de télédétection faisant référence à la situation réelle de la surface terrestre, déterminée à partir d'observations et de mesures réalisées sur le terrain.

Zone humide : Terrain où un excès d'eau est le principal facteur déterminant la nature du sol.

B. Capacités requises pour un système national de suivi des émissions

Tableau 11.1. Capacités requises par phase

Phase	Besoins	Capacités
Planification et conception	1. Système de surveillance des forêts dans le cadre de la stratégie nationale de mise en œuvre de la REDD+	<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance des processus internationaux de la CCNUCC pour la REDD+ et des orientations pour le suivi et la mise en œuvre • Connaissance de la stratégie nationale de mise en œuvre et des objectifs REDD+ pour le pays
	2. Évaluation du cadre et des capacités existants de suivi du carbone des forêts nationales, et identification des lacunes dans les sources de données existantes	<ul style="list-style-type: none"> • Compréhension des <i>Recommandations en matière de bonnes pratiques</i> du GIEC pour les estimations et la notification, et toutes autres orientations pertinentes émises par la Convention • Synthèse des rapports nationaux et internationaux existants, s'il y en a (ex. : les communications nationales et l'évaluation des ressources forestières de la FAO) • Savoir-faire dans l'estimation des stocks de carbone terrestre et des changements induits par les hommes qui y sont associés, approches de suivi • Savoir-faire dans l'évaluation de l'utilité et de la fiabilité des capacités, des sources de données et de l'information existantes
	3. Conception d'un système de suivi du carbone forestier conforme aux exigences de notification de la CCNUCC, avec des objectifs pour la période et le futur suivi	<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance détaillée de l'utilisation des méthodes évoquées dans les <i>Recommandations en matière de bonnes pratiques</i> du GIEC et de toutes autres orientations pertinentes émises par la Convention • Accord sur les définitions, les unités de référence, le cadre et les variables de suivi • Cadre institutionnel précisant les rôles et responsabilités • Renforcement des capacités et planification à long terme des améliorations • Estimation des coûts pour l'établissement et le renforcement du cadre institutionnel, le renforcement des capacités, les opérations existantes et la planification budgétaire
Collecte et suivi des données	4. Évaluation des changements dans les zones forestières (données sur les activités)	<ul style="list-style-type: none"> • Révision, consolidation et intégration des données et informations existantes • Compréhension des moteurs et des facteurs de la déforestation ainsi que des pratiques de gestion • Si les données historiques enregistrées sont insuffisantes, en particulier en ce qui concerne la télédétection, les capacités suivantes seront nécessaires : <ul style="list-style-type: none"> - Savoir-faire et ressources humaines en matière d'accès, de traitement et d'interprétation de l'imagerie multitemporelle de télédétection pour l'évolution des forêts - Ressources techniques (matériel/logiciels, Internet, bases de données d'images) - Approches de traitement des difficultés techniques (ex. : couverture nuageuse, données manquantes)
	5. Évolution des stocks de carbone (facteurs)	<ul style="list-style-type: none"> • Compréhension des processus anthropiques influençant les stocks de carbone terrestre • Consolidation et intégration des observations et informations

- d'émission)
- existantes, à savoir les inventaires nationaux des forêts ou les placettes-échantillons permanentes comprenant :
 - une couverture et une stratification nationales des forêts suivant leur densité de carbone et les menaces de changement
 - la conversion en stocks de carbone et l'estimation des variations des stocks
 - Savoir-faire technique et ressources nécessaires pour le suivi de l'évolution des stocks de carbone, comprenant :
 - la collecte in situ des données relatives à tous les paramètres requis et le traitement de ces données
 - les ressources humaines et l'équipement pour réaliser le travail de terrain (véhicules, cartes à l'échelle appropriée, GPS, appareils de mesure)
 - l'inventaire national et l'échantillonnage (plan d'échantillonnage, configuration des placettes)
 - l'inventaire détaillé des superficies de forêt ayant subi des changements ou une action de REDD+.
 - l'utilisation de la télédétection (stratification, estimation de la biomasse)
 - Estimation à un niveau GIEC suffisant :
 - des modifications du stock de carbone dues à des changements d'affectation des terres
 - de l'évolution des terres forestières restantes
 - de l'impact sur cinq bassins de carbone différents
6. Émissions dues à la combustion de la biomasse
- Compréhension du régime national des feux et des émissions des différents gaz à effet de serre qui y sont associées
 - Compréhension des pratiques de culture sur brûlis et connaissance des zones où elles sont appliquées
 - Capacités de surveillance des incendies pour estimer les zones touchées par des incendies d'origine humaine et les facteurs d'émission associés
 - Utilisation des données et des produits satellitaires pour les feux actifs et les terrains brûlés
 - Mesures in situ en continu (en particulier pour les facteurs d'émission)
 - Distinction entre les feux menant à une dégradation et ceux entraînant une déforestation
7. Évaluation de la précision des données sur les activités et analyse de l'incertitude des facteurs d'émission
- Compréhension des sources d'erreur et de l'incertitude des processus d'évaluation à la fois des données sur les activités et des facteurs d'émission, et de la manière dont les erreurs se propagent
 - Connaissance des meilleures pratiques à appliquer pour une conception appropriée, des techniques précises de collecte et de traitement des données, et de la manière de les interpréter et analyser de façon cohérente et transparente
 - Savoir-faire pratique dans les méthodes statistiques de quantification, notification et analyse des incertitudes liées aux informations concernées (c.-à-d. changement de superficie, modification du stock de carbone, etc.) en utilisant idéalement un échantillon de qualité supérieure

Analyse des données	<p>8. Système national d'information sur les gaz à effet de serre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance des techniques de collecte, stockage, archivage et analyse des données relatives aux forêts et autres, en mettant l'accent sur les quantités de carbone émises et fixées, dues aux changements dans les zones forestières • Infrastructure pour les données, technologies de l'information (matériel/logiciels appropriés) et ressources humaines pour la maintenance et l'échange des données ainsi que le contrôle de qualité • Procédures d'accès aux données pour la présentation d'une information (spatialement explicite) sous une forme transparente
	<p>9. Analyse des moteurs et facteurs des changements dans les forêts</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compréhension et mise à disposition des données relatives aux processus spatio-temporels affectant l'évolution des forêts, aux déterminants socio-économiques, aux facteurs spatiaux, à la gestion forestière et aux pratiques d'utilisation des terres, et à l'aménagement du territoire • Savoir-faire dans l'analyse spatiale et temporelle et l'utilisation d'outils de modélisation
Niveaux d'émission de référence	<p>10. Détermination des niveaux d'émissions de référence et mise à jour régulière</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Données et connaissance des processus liés à la REDD+, des émissions de gaz à effet de serre associées, les déterminants et les futurs développements attendus • Savoir-faire dans l'analyse spatiale et temporelle et les outils de modélisation • Spécifications d'un cadre national de mise en œuvre de la REDD+
Rapports	<p>11. Rapports nationaux et internationaux et vérification</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prise en considération des incertitudes et compréhension des procédures d'examen et de vérification internationaux indépendants

Source : CCNUCC, 2009.

C. Équations allométriques

Tableau 11.2. Équations allométriques – zones tropicales

Note : *ST* = Surface terrière, *DHP* = Diamètre à hauteur de poitrine

Classification générale	Espèces	Équations pour le groupe	Source	Origine des données	DHP max.
Sec (précipitations entre 900 et 1 500 mm)	Général	Biomasse = 0,2035 x DHP ^{2,3196}	Brown (non publié)		63 cm
Sec (précipitations < 900 mm)	Général	Biomasse = 10 ^(-0,535 + log10ST)	Brown (1997)	Mexique	30 cm
Humide (précipitations entre 1 500 et 4 000 mm)	Général	Biomasse = exp(-2,289 + 2,649 x lnDHP - 0,021 x lnDHP ²)	Brown (1997, mis à jour)		148 cm
Humide (précipitations > 4 000 mm)		Biomasse = 21,297 - 6,953 x DHP + 0,740 x DHP ²	Brown (1997)		112 cm
Cécropia	Espèces <i>Cécropia</i>	Biomasse = 12,764 + 0,2588 x DHP ^{2,0515}	Winrock	Bolivie	40 cm
Palmiers	Palmiers (<i>motacu</i>)	Biomasse = 23,487 + 41,851 x (ln(hauteur)) ²	Winrock	Bolivie	hauteur 11 m
Lianes	Lianes	Biomasse = exp(0,12 + 0,91 x log(ST à DHP))	Putz (1983)	Venezuela	12 cm

Source : Pearson et coll., 2005.

Tableau 11.3. Équations allométriques – zones agroforestières

Note : ST = Surface terrière, DHP = Diamètre à hauteur de poitrine

Classification générale	Espèces	Équations pour le groupe	Source	Origine des données	DHP max.
Arbres d'ombrage d'agroforesterie	Toutes	$\text{Log}_{10}\text{Biomasse} = -0,834 + 2,223 (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	44 cm
Arbres d'ombrage d'agroforesterie	<i>Inga spp.</i>	$\text{Log}_{10}\text{Biomasse} = -0,889 + 2,317 (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	44 cm
Arbres d'ombrage d'agroforesterie	<i>Inga punctata</i>	$\text{Log}_{10}\text{Biomasse} = -0,559 + 2,067 (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	44 cm
Arbres d'ombrage d'agroforesterie	<i>Inga tonduzzi</i>	$\text{Log}_{10}\text{Biomasse} = -0,936 + 2,348 (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	44 cm
Agroforesterie	<i>Juglans olanchama</i>	$\text{Log}_{10}\text{Biomasse} = -1,417 + 2,755 (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	44 cm
Arbres d'ombrage d'agroforesterie	<i>Cordia alliodora</i>	$\text{Log}_{10}\text{Biomasse} = -0,755 + 2,072 (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	44 cm
Culture à l'ombre	<i>Coffea arabica</i>	$\text{Biomasse} = \exp(-2,719 + 1,991 (\ln(\text{DHP}))) (\text{log}_{10}\text{DHP})$	Segura et coll.	Nicaragua	8 cm
Caféiers taillés	<i>Coffea arabica</i>	$\text{Biomasse} = 0,281 \times \text{DHP}^{2,06}$	van Noordwijk et coll. (2002)	Java, Indonésie	10 cm
Bananiers	<i>Musa X paradisiaca</i>	$\text{Biomasse} = 0,030 \times \text{DHP}^{2,13}$	van Noordwijk et coll. (2002)	Java, Indonésie	28 cm
Péjibaies	<i>Bactris gasipaes</i>	$\text{Biomasse} = 0,97 + 0,078 \times \text{ST} - 0,00094 \times \text{ST}^2 + 0,0000065 \times \text{ST}^3$	Schroth et coll. (2002)	Amazonie	2–12 cm
Hévées	<i>Hevea brasiliensis</i>	$\text{Biomasse} = -3,84 + 0,528 \times \text{ST} + 0,001 \times \text{ST}^2$	Schroth et coll. (2002)	Amazonie	6–20 cm
Orangers	<i>Citrus sinensis</i>	$\text{Biomasse} = -6,64 + 0,279 \times \text{ST} + 0,000514 \times \text{ST}^2$	Schroth et coll. (2002)	Amazonie	8–17 cm
Châtaigniers du Brésil	<i>Bertholletia excelsa</i>	$\text{Biomasse} = -18,1 + 0,663 \times \text{ST} - 0,000384 \times \text{ST}^2$	Schroth et coll. (2002)	Amazonie	8–26 cm

Source : Pearson et coll., 2005.

D. Étapes du calcul de la moyenne temporelle des stocks de carbone : de la placette à l'utilisation des terres

Résultat principal : Moyenne temporelle des stocks de carbone par utilisation des terres (en t/ha).

Pour les systèmes de monoculture

- Sélectionner des placettes avec des arbres d'âge différent.
- **Niveau Arbres :** Mesurer les arbres en suivant le protocole/la méthode d'échantillonnage décrite dans Hairah et coll., 2010. Calculer la biomasse des arbres en utilisant les équations allométriques correspondant si possible aux espèces, à l'aide des critères décrits dans ce module.
Résultat 1 : Biomasse par arbre (kg par arbre), extrapolée en t/ha
Résultat 2 : Biomasse racinaire estimée avec la valeur par défaut 4 pour 1 (ratio pousses : racines) en kilogramme par hectare
Résultat 3 : Biomasse totale (Résultat 1 + Résultat 2) x 0,46 = Carbone de la biomasse (t/ha)
- **Niveau Placette :** Mesurer la nécromasse et les matières organiques du sol comme expliqué dans Hairah et coll., 2010.
Résultat 4 : Nécromasse (t/ha) x 0,46 = Carbone de la nécromasse (t/ha)
Résultat 5 : Matières organiques du sol (t/ha) x 0,47 = Carbone des matières organiques du sol (t/ha)
- Additionner les résultats 3, 4 et 5 pour obtenir le stock de carbone par hectare (t/ha).
- **Niveau Terres :** Résoudre l'équation donnant le stock total de carbone pour la monoculture par cycle végétatif (voir Figure 2-1). Déterminer la valeur du stock médian de carbone. Il correspond à la moyenne temporelle du stock de carbone pour les espèces (dans la monoculture).

Pour une plantation d'acajou

Exemple : 20 acajous d'âge différent (5, 15, 25 et 30 ans) se trouvent sur une placette de 200 m² du type d'utilisation des terres A. Selon l'exploitant agricole, les acajous sont coupés lorsqu'ils ont environ 50 ans. Quelle est dans ce cas la moyenne temporelle du stock de carbone ?

- Étape 1. Utiliser l'équation allométrique la plus adaptée à l'acajou et calculer la biomasse de chaque arbre (t/ha).
- Étape 2. Déterminer le carbone total en multipliant la biomasse par 0,46. Calculer cette valeur pour un hectare.
- Étape 3. Ajouter la nécromasse et les matières organiques du sol estimées à la biomasse par hectare. Calculer le carbone total en multipliant celle-ci par 0,46.
- Étape 4. Calculer le carbone total par âge des arbres (biomasse, nécromasse et matières organiques du sol).
- Étape 5. Calculer la courbe de régression du carbone total pour un système de monoculture de l'acajou comme sur la Figure 11.1. Notez qu'elle comprend la biomasse, la nécromasse et les matières organiques du sol pour chaque tranche d'âge.
- Étape 6. Si, comme le dit l'exploitant agricole, les arbres sont coupés à 50 ans, le carbone

total médian calculé avec cette équation à 25 ans correspond à la moyenne temporelle du stock de carbone pour cette monoculture. Cette valeur est d'environ 150 t/ha de C.

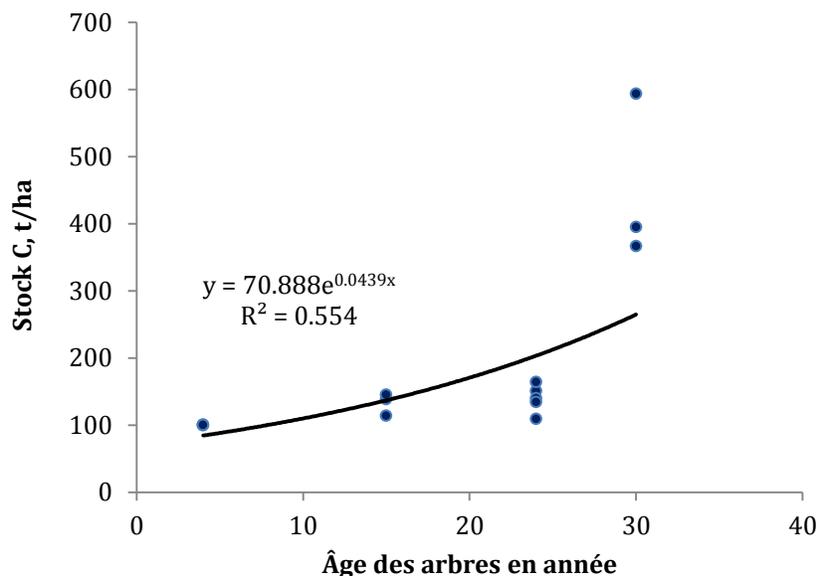


Figure 11.1. Évolution du stock de carbone dans un système de monoculture d'acajou, Est de Java

Pour les systèmes mixtes tels que l'agroforesterie

- Sélectionner au sein de la même utilisation des terres, des placettes à différents stades après conversion de la forêt.
- **Niveau Arbres :** Mesurer tous les arbres de la placette-échantillon en suivant le protocole/la méthode d'échantillonnage décrite dans Hairah et coll., 2010. Calculer la biomasse des arbres à l'aide des équations allométriques correspondant si possible aux espèces.
 Résultat 1 : Biomasse par arbre (kg par arbre), extrapolée en t/ha
 Résultat 2 : Biomasse racinaire estimée avec la valeur par défaut 4 pour 1 (ratio pousses : racines) en kilogramme par hectare
 Résultat 3 : Biomasse totale (Résultat 1 + Résultat 2) x 0,46 = Carbone de la biomasse (t/ha)
- **Niveau Placette :** Mesurer la nécromasse et les matières organiques du sol comme expliqué dans Hairah et coll., 2010.
 Résultat 4 : Nécromasse (t/ha) x 0,46 = Carbone de la nécromasse (t/ha)
 Résultat 5 : Matières organiques du sol (t/ha) x 0,46 = Carbone des matières organiques du sol (t/ha)
- **Niveau Utilisation des terres :** Additionner les résultats 3, 4 et 5 pour obtenir le stock total de carbone par hectare dans le système mixte d'utilisation des terres, par âge des placettes à partir de la conversion de la forêt :
 - 3 ans
 - 15 ans
 - 40 ans

- La moyenne du stock total de carbone par âge des arbres donnera la moyenne temporelle du stock de carbone d'une utilisation mixte des terres. Nous n'utilisons pas les courbes du carbone total, comme dans le cas de la monoculture, en raison de la diversité et de l'ancienneté des espèces et des âges des arbres retrouvés dans les systèmes mixtes.

Exemple : Le total du carbone dans un système d'agroforesterie est de 15 t/ha à 3 ans, 40 t/ha à 15 ans et 80 t/ha à 40 ans. La moyenne temporelle du stock de carbone moyen serait alors de $(15+40+80)/3 = 45$ t/ha de carbone.

E. Méthodes de détermination de la valeur économique de la biodiversité

1. La Convention sur la diversité biologique (CDB) reconnaît l'importance de la détermination de la valeur économique et affirme que *la valorisation économique de la biodiversité et des ressources biologiques constitue un outil important pour la définition de mesures d'incitation économiques correctement ciblées et conçues* (CDB, 1998). La détermination de la valeur économique, fondée sur des bases théoriques solides, peut aider à clarifier les compromis auxquels sont confrontées les décisions des politiques publiques. Il existe toutefois des exceptions au fait d'accorder à la valeur économique la priorité sur les autres valeurs culturelles, traditionnelles et spirituelles. Étant donné les nombreuses limitations méthodologiques et les questions morales concernant la rigueur de la valorisation économique, les valeurs non économiques doivent être reconnues et prises en compte.
2. Des points de vue contradictoires sur la notion de valeur sont au cœur du débat, entraînant un affrontement philosophique. Pour certains, les souhaits des populations sont moralement justifiés, et les coûts peuvent avoir peu de poids ou même ne pas être pris en considération. Les priorités doivent être identifiées à travers un processus politique. Pour d'autres, les coûts ont de l'importance dans la mesure où les fonds pourraient avoir un autre usage. (La détermination des priorités des autres utilisations a également des implications morales.) Pour les tenants de ce point de vue, en facilitant la prise de décision, les procédures telles que l'analyse coûts-avantages et l'analyse multicritères des priorités sont mieux à même d'éclairer la détermination des priorités. Quel que soit le point de vue, il existe un consensus sur l'importance de conserver la biodiversité tout en tenant compte des coûts associés (OCDE, 2002).
3. Il n'est pas évident d'arriver à un bon rapport coût-efficacité. Les politiques de conservation sont souvent freinées par la tentation d'obtention des résultats multiples. Deux approches sont couramment utilisées pour identifier les priorités : a) l'utilisation d'une pondération monétaire ou de prix, pour définir les rapports coûts-avantages ; ou b) le calcul de notations, généralement déterminées par l'opinion d'experts ou du public.
4. Les deux types d'analyse fournissent des mesures pour mettre en évidence l'importance de la biodiversité. Toutefois, la détermination de la valeur monétaire permet à la conservation de la biodiversité de rivaliser avec d'autres demandes de financement public sur la même base standardisée. Un certain nombre de méthodes d'estimation de la valeur économique de la biodiversité sont présentées ci-dessous.
5. En dépit de l'importance des mesures économiques, la participation de nombreux intervenants est souvent essentielle dans les processus publics de prise de décision. Les approches délibératives et inclusives qui identifient les préférences sociales constituent une approche de plus en plus populaire en tant que réponse des pouvoirs publics à la demande d'implication, de consultation et de reconnaissance des citoyens dans la prise des

décisions politiques. Une information scientifique est généralement fournie aux participants afin d'éclairer les processus de délibération et de décision. Les négociations et/ou le consensus résultants peuvent être perçus comme un reflet des préférences sociales plus correct ou plus équitable que l'analyse coûts-avantages. Même si les résultats de la participation du public peuvent être entachés de certains préjugés, lorsqu'elles sont combinées à des approches coûts-bénéfices, les idées tirées d'une discussion et d'une participation élargies peuvent permettre une analyse socio-économique plus approfondie, nécessaire à la prise de décision (OCDE, 2002).

6. Les efforts visant à estimer la valeur économique de la biodiversité à l'échelle spatiale progressent (Wünsher et coll., 2008 ; Wendland et coll., 2009), notamment ceux de Conservation International (CI) et d'autres ONG. Les futures cartes des avantages de la biodiversité peuvent intégrer la valeur économique totale à une évaluation des valeurs d'usage direct et indirect (concept présenté plus loin). Les méthodes de transfert des avantages, qui impliquent de prendre des valeurs économiques d'un contexte et de les appliquer à un autre, pourraient être utilisées pour aider à établir ces valeurs lorsqu'il n'existe pas d'analyses spécifiques à la zone. Mais ces analyses sont encore plutôt exigeantes en temps et données (Karousakis, 2009). De plus, la validité des méthodes de transfert des avantages peut être remise en cause.

7. Les valeurs économiques de la biodiversité sont dérivées des préférences que les personnes ont marquées pour les fonctions de la biodiversité. Comme il n'existe que très rarement des prix de marché pour ces fonctions, les préférences sont estimées sur base de la volonté de payer (VDP) pour obtenir ou conserver ces fonctions. Un des avantages de cette approche est que les avantages de la biodiversité sont exprimés en unités monétaires, permettant ainsi une comparaison directe avec d'autres actions.

8. La somme des VDP de toutes les personnes concernées par une politique ou un projet donne la valeur économique totale correspondant à la variation de bien-être. La valeur économique totale se compose des valeurs d'usage et de non-usage (Figure 11.2). La valeur d'usage correspond à la valeur tirée de l'utilisation effective d'une ressource donnée. À titre d'exemple, on peut citer l'utilisation de la forêt pour le bois, d'un lac pour les loisirs ou la pêche, etc. Les valeurs d'usage sont classées en trois types. Premièrement, la valeur d'usage direct, qui fait référence à des utilisations réelles telles que la pêche, l'extraction du bois, etc. Deuxièmement, la valeur d'usage indirect, qui concerne les avantages tirés des fonctions des écosystèmes. Par exemple, la fonction de protection des bassins versants par les forêts. Troisièmement, la valeur d'option, qui représente ce qu'un individu est prêt à payer pour la conservation d'un actif en vue d'un usage futur.

9. Les valeurs de non-usage sont plus difficiles à définir et à estimer. Elles impliquent une valeur de legs et une valeur d'existence (voir Arrow et coll., 1993). La valeur de legs est liée au fait de savoir que d'autres pourront bénéficier d'une ressource à l'avenir. La valeur d'existence est attachée à la simple existence d'un actif particulier, sans lien avec l'actuelle valeur d'usage ou d'option. Un exemple est l'intérêt porté à la protection du léopard des

neiges par une personne qui n'en a jamais vu et n'en verra probablement jamais. Le seul fait de savoir que ces léopards existent est source de valeur. La valeur altruiste reflète le souci que la biodiversité soit disponible pour d'autres.

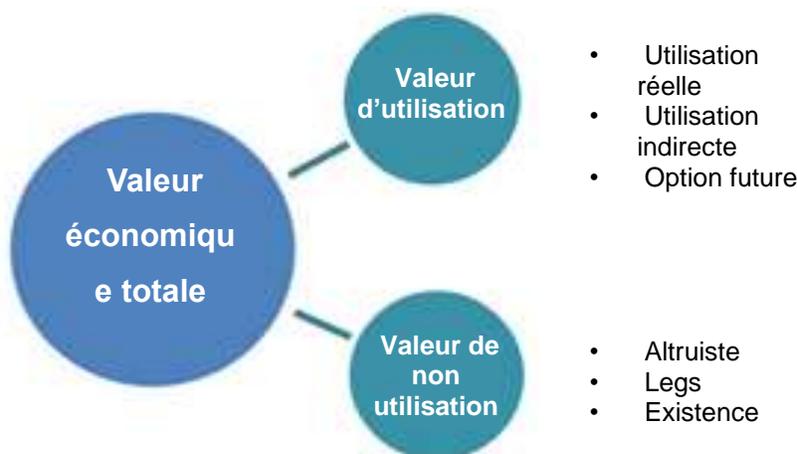


Figure 11.2. Valeur économique attribuées aux actifs environnementaux

10. La différenciation des valeurs d'usage et de non-usage est utile pour l'estimation de la valeur de la biodiversité. Les valeurs de non-usage peuvent être beaucoup plus grandes que les valeurs d'usage, en particulier lorsqu'une espèce ou un écosystème est rare et largement apprécié (ex. : des espèces et écosystèmes charismatiques). Toutefois, l'estimation des valeurs de non-usage peut prêter à controverse et c'est pourquoi il est préférable de séparer ces valeurs à des fins de présentation et de stratégie.

11. Un éventail de méthodes est disponible pour obtenir et estimer les valeurs économiques⁷⁹. Elles peuvent être divisées selon trois grandes approches. Premièrement, l'examen des préférences exprimées ou approche directe comprend des techniques visant à obtenir directement les préférences à l'aide d'enquêtes et expérimentations, telles que l'évaluation contingente et les méthodes de modélisation des choix. On demande directement aux personnes d'indiquer la force de leur préférence pour un changement proposé.

12. Deuxièmement, la recherche des préférences révélées ou approche indirecte comprend des techniques visant à déterminer les préférences à partir de l'information réelle observée sur les marchés. Les préférences pour un actif environnemental sont indirectement révélées quand une personne achète un bien commercialisé auquel cet actif est lié. En d'autres termes, les méthodes des préférences révélées partent de l'observation des comportements pour en déduire une valeur. Étant donné que ces techniques ne reposent pas sur les réponses directes des personnes à des questions cherchant à savoir

⁷⁹ Bien qu'une grande partie de la diversité biologique menacée se situe dans le monde en développement, la théorie et la pratique de la valorisation économique a surtout été développée et appliquée dans le monde industrialisé. Il est donc important d'évaluer s'il est possible d'appliquer les méthodes des pays riches au contexte des pays pauvres (Pearce et Moran, 1994).

combien elles sont prêtes à payer pour un changement dans la qualité de l'environnement, elles déterminent plus la valeur des ressources biologiques que de la biodiversité.

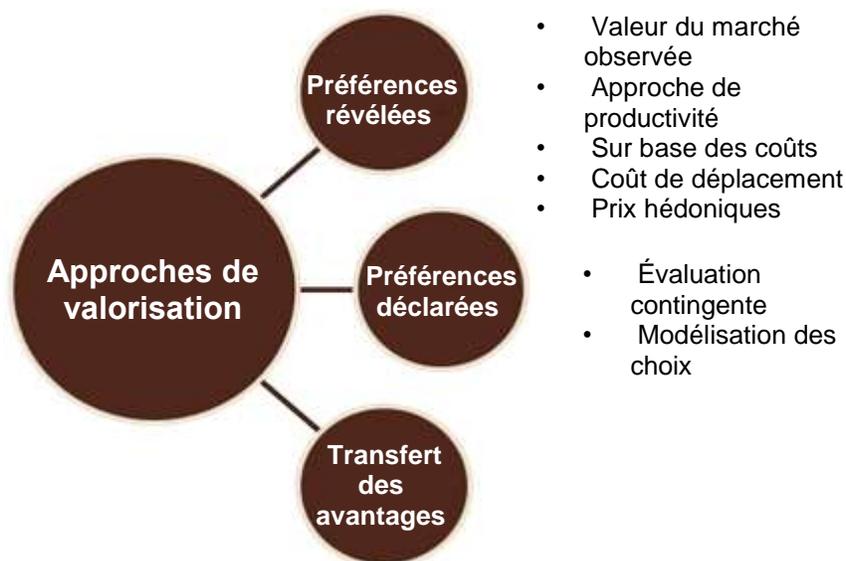


Figure 11.3. Méthodes de valorisation de la diversité et des ressources biologiques

13. Troisièmement, la méthode du transfert des avantages emprunte une estimation de la VDP à un site ou une espèce pour l'utiliser dans un contexte différent. Bien qu'entachée de nombreuses difficultés méthodologiques (ex. : la fiabilité et la validité), l'estimation du transfert des avantages est séduisante. Le fait d'éviter une étude détaillée des avantages permet aux bailleurs de fonds et aux organismes de mise en œuvre des projets environnementaux d'économiser des ressources considérables. Pour les pays développés, ces économies suscitent un intérêt pour une analyse des conditions appropriées à un transfert des estimations (Boyle et Bergstrom, 1992).

14. Des détails sur ce qui précède sont disponibles dans de nombreuses publications. Pour plus d'information, voir OCDE (2002), Arrow(1993), Pearce et Moran (1994). Les questions d'applicabilité et de validité continuent à être affinées dans la littérature scientifique.

F. Exemples de feuilles de calcul

15. Cette annexe contient des sections pertinentes des feuilles de calcul informatisées décrites dans les Chapitres 7 et 9.

Feuille d'estimation des coûts d'opportunité (niveau national)				
Données d'entrée :			Résultats :	
1. Utilisations des terres (UT) initiales & changement			1. Estimation utilisation des terres finale	
2. Stock C par UT			2. Coube des coûts d'opportunité	
3. Profit par UT			3. Résumé au niveau national	
4. Jours de travail par UT				
Les chiffres dans les cellules en jaune sont des paramètres que vous pouvez modifier				
Légende d'utilisation des terres	Moyenne temporelle du stock de C (Mg C/ha)	Rentabilité (VAN, USD/ha)	Emploi (Jours de travail/an)	
Forêt naturelle	250	30	5	
Forêt exploitée	200	300	15	
Agroforesterie	80	800	120	
Agriculture extensive	10	600	100	
Période d'analyse	30	années		
Taille du pays	2,000,000	km ²		
Population totale	1,000,000			
Pop. en âge de travailler	60%			
Jours de travail/an	230	jours		
Performances à l'échelle nationale :				
Total émissions basées sur les UT, Pg eqCO ₂ /an	0.00			
Total stock de C dans les UT, Pg C	34.00			
Total VAN des utilisations des terres (MUSD)	60,400			
Total emploi rural	0.56			
Émissions en pourcentage du stock de C	0.0			
(axe vertical)				
Coûts d'opportunité des changements d'affectation des terres : USD par t eqCO ₂				
Initial / final	Forêt naturelle	Forêt exploitée	Agroforesterie	Agriculture extensive
Forêt naturelle	0.00	1.47	1.24	0.65
Forêt exploitée	-1.47	0.00	1.14	0.43
Agroforesterie	-1.24	-1.14	0.00	0.78
Agriculture extensive	-0.65	-0.43	-0.78	0.00
Carbone	250	200	80	10
VAN des profits	30	300	800	600
(axe horizontal)				
Émissions, Tg eqCO ₂ /an				
Forêt naturelle	0.0	305.6	0.0	0.0
Forêt exploitée	0.0	0.0	293.3	928.9
Agroforesterie	0.0	0.0	0.0	0.0
Agriculture extensive	0.0	0.0	-171.1	0.0

Figure 11.4. Feuille de calcul OppCost (a) : Exemple de données d'entrées et de résultats (Chapitre 7)

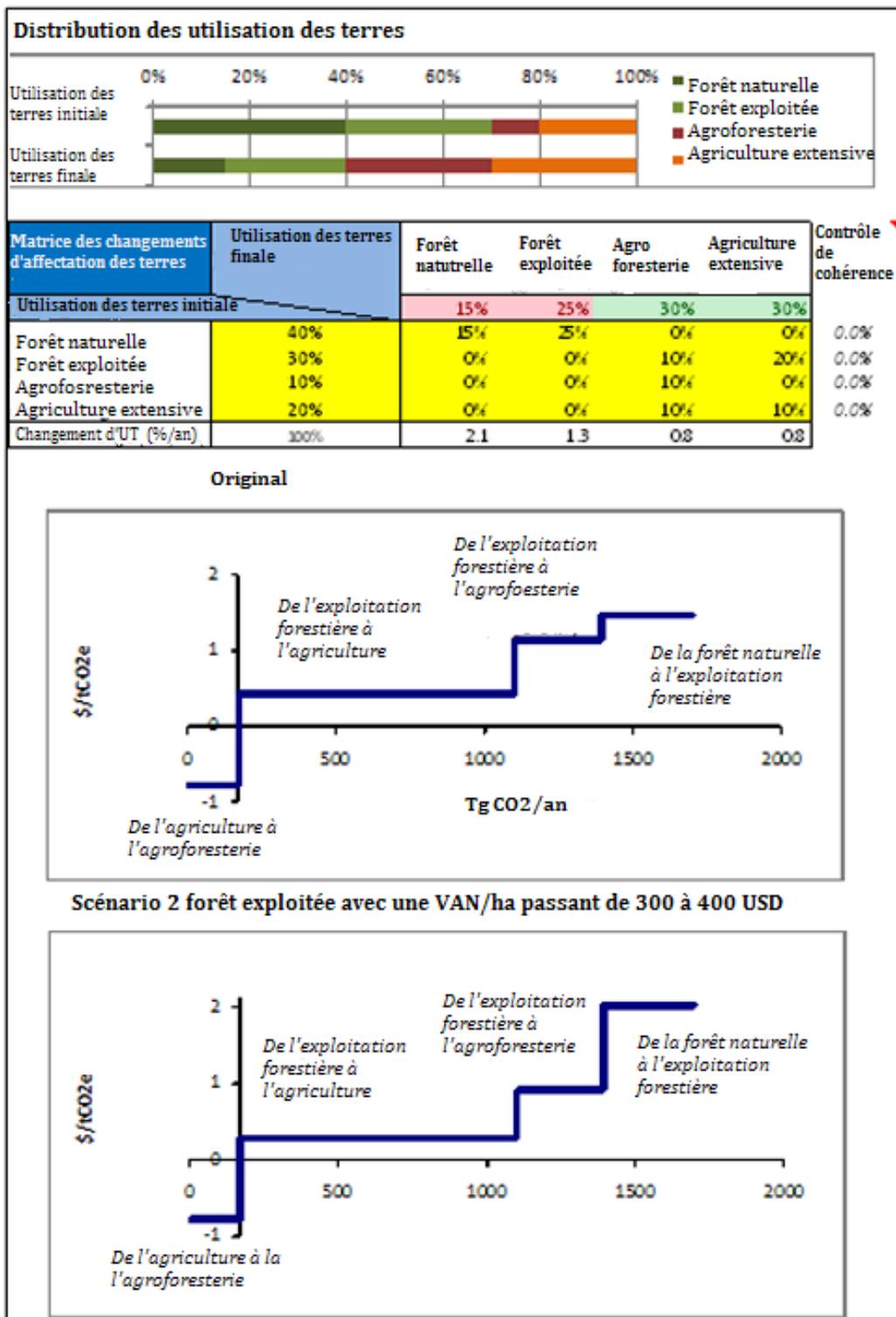


Figure 11.5. Feuille de calcul OppCost (b) : Exemple de données d'entrée et de résultats (Chapitre 7)

Comparaison des compromis

Données d'entrée :

1. Stock C par UT
2. Profit par UT
3. Jours de travail par UT

Résultats :

- Diagrammes des compromis :
1. Rentabilité vs carbone
 2. Rentabilité vs emploi
 3. Emploi vs carbone

Légende d'utilisation des terres	Moyenne temporelle du stock de C (Mg C/ha)	Rentabilité (VAN, USD/ha)	Emploi rural (jours de travail/an)
Forêt naturelle	250	2	5
Forêt exploitée	200	200	15
Agroforesterie	80	800	120
Agriculture extensive	15	600	100

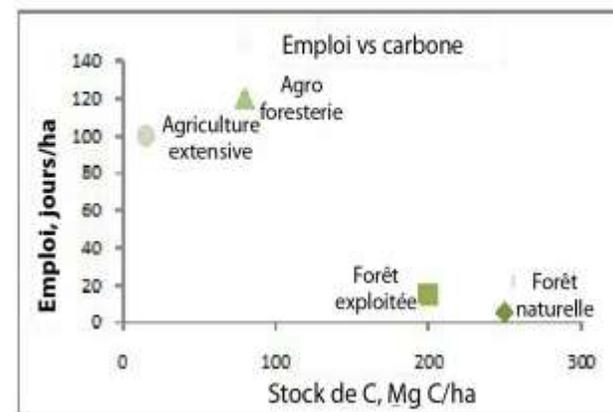
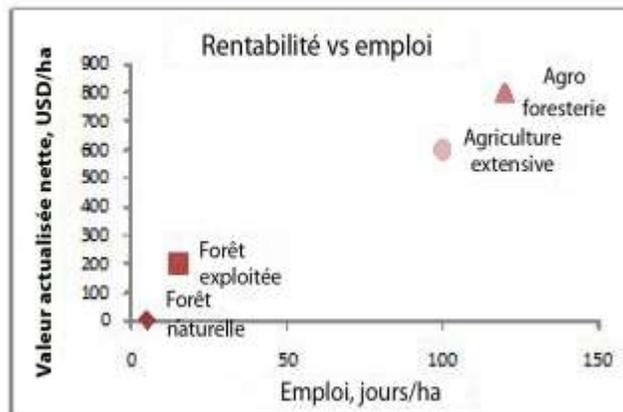
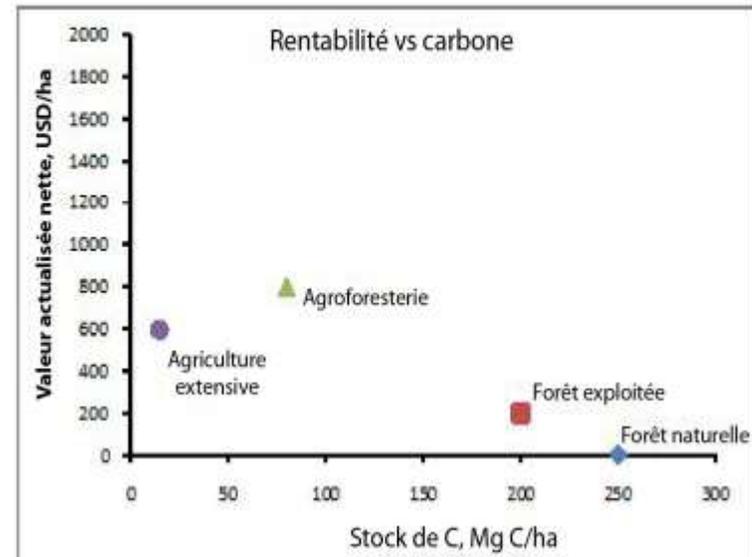


Figure 11.6. Compromis (Chapitre 9)

G. Exemple d'analyse utilisant le logiciel REDD Abacus

16. Sur le site de REDD Abacus (<http://www.worldagroforestry.org/sea/projects/allreddi/softwares>), un exemple de fichier représentant un contexte situé en Indonésie (Fichier Exemples-Project.car) peut être examiné à l'aide du programme REDD Abacus (téléchargeable sur le même site). Pour l'ouvrir, cliquez sur **Fichier** dans la barre d'outils puis sur **Ouvrir un projet**. Une boîte de dialogue s'ouvre et affiche les fichiers enregistrés sur l'ordinateur. Choisissez le fichier **sample_project.car**. Une fois celui-ci ouvert, un volet d'examen, situé sur la gauche de l'écran, montre la position dans le programme. Dans la partie droite de l'écran, une fenêtre permet la saisie des données et l'affichage des résultats.

Saisie des données

17. Le premier écran (**test1**) donne une description du contexte de l'analyse, qui peut être soit un projet infranational soit un programme national. La boîte de droite affiche la *Dénomination du projet, la description et l'échelle de temps (en années)* des sous-sections, ainsi qu'une option permettant d'inclure les *émissions souterraines*. Deux autres sous-sections concernent la *Partition de la zone* et la *Liste des occupations du sol*. La *Partition de la zone* contient un champ permettant d'entrer la *Taille de la superficie totale* (ha). Chaque zone identifiée est une fraction avec décimales de la superficie totale et peut être classée (à l'aide d'une case à cocher) comme admissible ou non à un scénario de la politique REDD. La *Liste des occupations du sol* permet d'introduire le nom des occupations du sol avec une brève description (si nécessaire). Chacune peut être identifiée comme admissible ou non à un scénario de la politique REDD. Le signe (+) permet d'ajouter une occupation du sol à la liste, tandis que le (-) supprime une occupation du sol sélectionnée dans la liste. L'exemple **sample_project** comporte 4 zones et 20 occupations du sol (Figure 11.7).

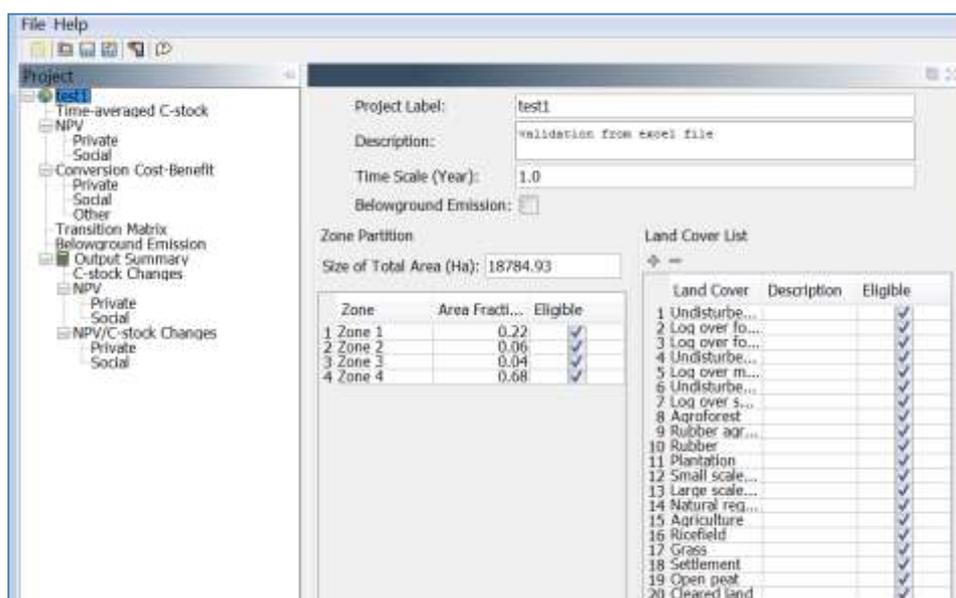


Figure 11.7. Exemple REDD Abacus - Écran de description du contexte

18. À l'ouverture d'un nouveau fichier, une série de boîtes de dialogue demande à l'utilisateur d'entrer :

- un titre
- une description
- le nombre de zones
- la superficie totale

19. Le deuxième écran, *Moyenne temporelle du stock de carbone*, permet d'enregistrer les données pour chaque occupation du sol par zone (Figure 11.8). Dans l'exemple, 20 occupations du sol dans 4 zones nécessitent la saisie d'une donnée carbone (t/ha) pour 80 contextes différents d'utilisation des terres.

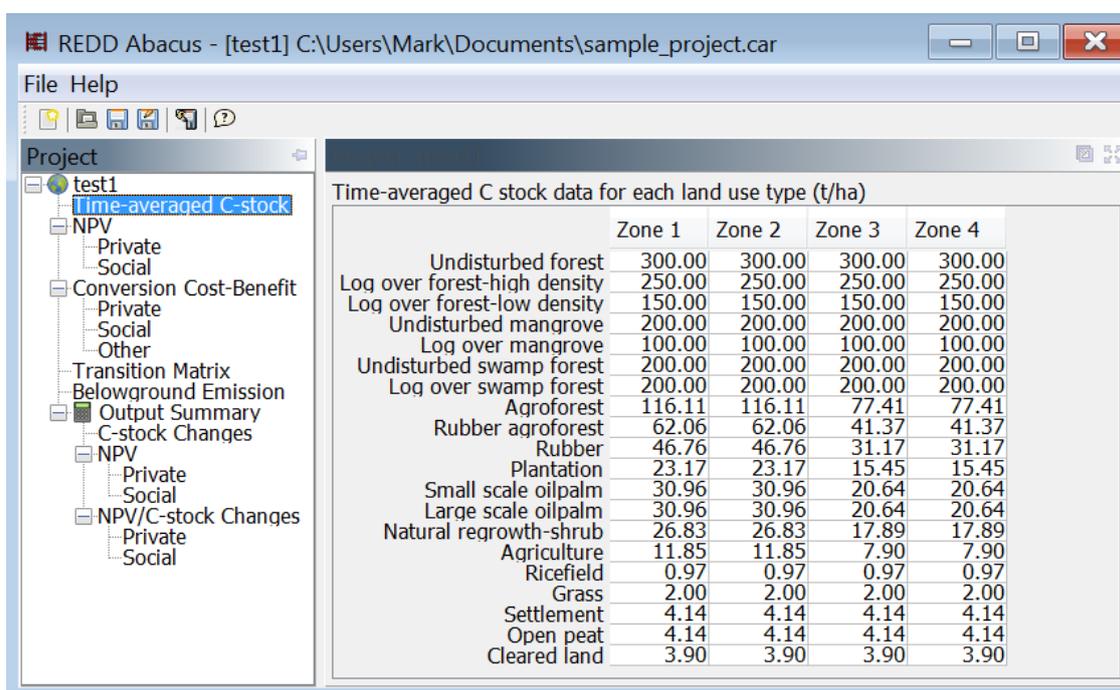


Figure 11.8. Exemple REDD Abacus – Moyenne temporelle du stock de carbone

20. Les données sur les bénéfices de l'utilisation des terres sont entrées dans le troisième écran (en VAN/ha : valeur actualisée nette par l'hectare). Les niveaux de bénéfices peuvent varier en fonction des différentes zones, mais aussi du point de vue de comptabilisation (secteur privé ou social). Bien que le taux d'actualisation constitue généralement une différence majeure entre les deux points de vue, l'exemple utilise le même taux pour les deux (le secteur privé a habituellement un taux d'actualisation plus élevé étant donné la valeur future de l'argent correspondant au taux d'intérêt en vigueur). Dans l'exemple, toutes les VAN sociales sont plus élevées que les VAN privées, sauf pour l'occupation du sol « Rizières ». La VAN plus faible des rizières est le résultat des droits de 30 % imposés sur les importations de riz, qui gonflent artificiellement le prix du riz à la production. Par contre, les droits d'exportation sur l'huile de palme et le caoutchouc abaissent les prix accordés aux producteurs, et les VAN sociales sont donc plus élevées que les VAN privées (Figure 11.9).

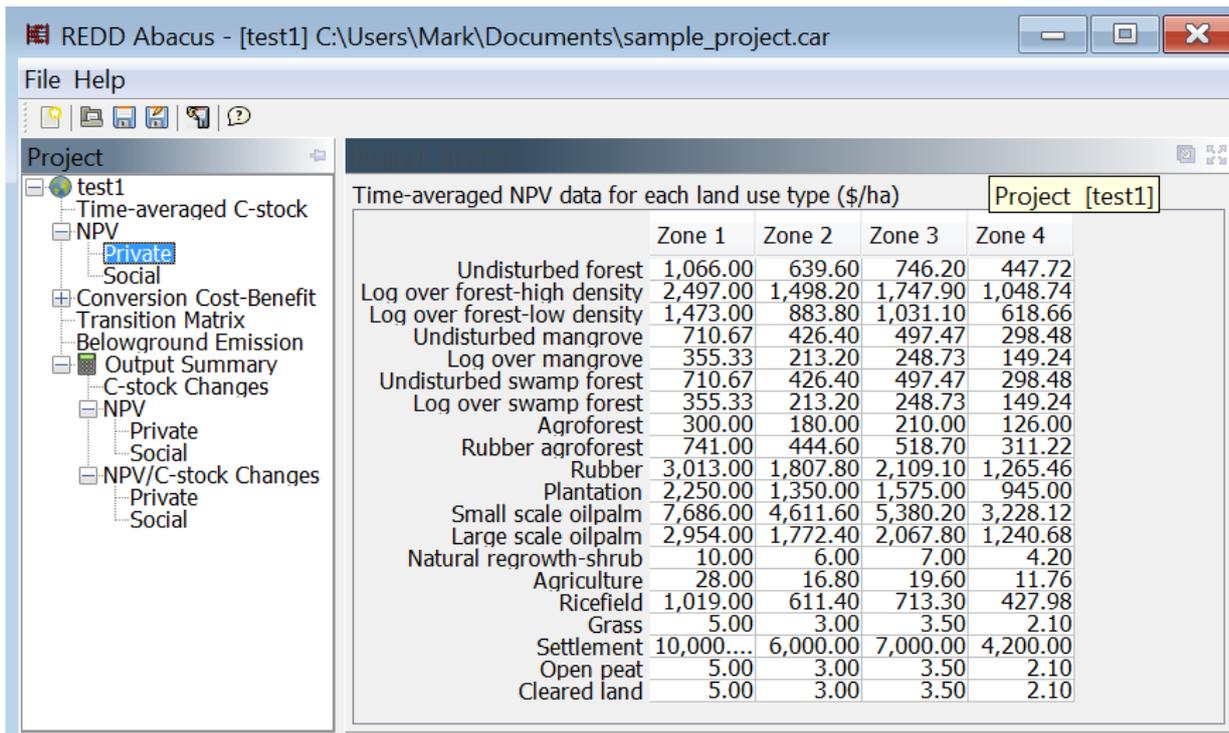
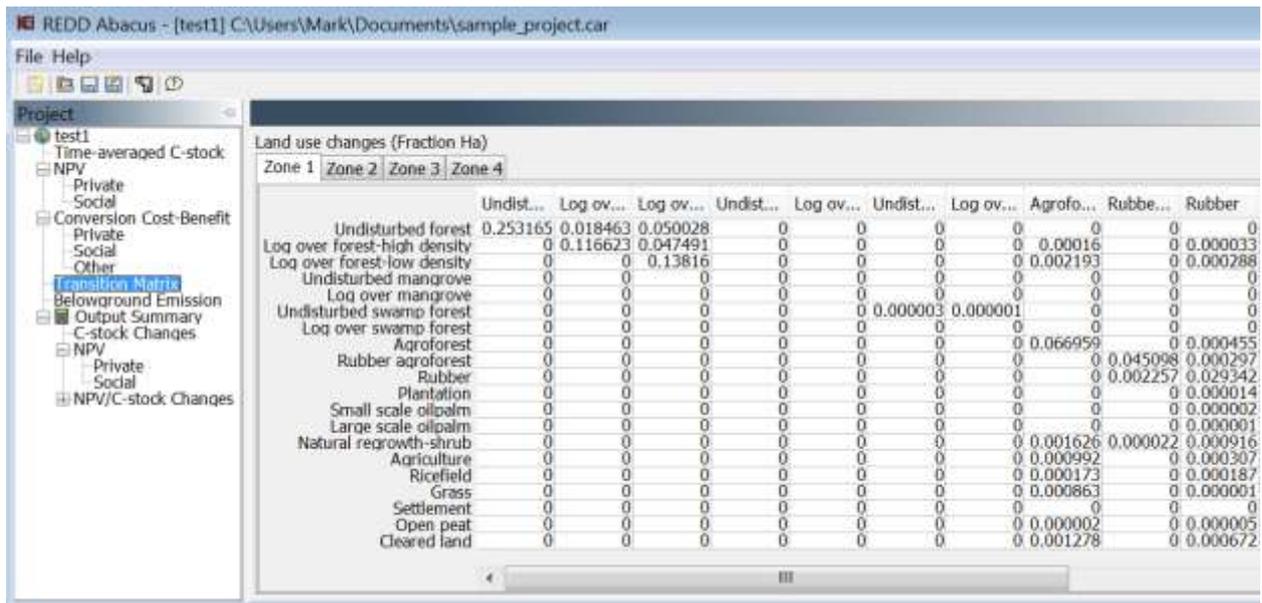


Figure 11.9. Exemple REDD Abacus - VAN estimées

21. Le quatrième écran, *Conversion coûts-avantages*, permet à l'utilisateur d'introduire les coûts-avantages par hectare associés à chaque changement d'affectation des terres. En d'autres termes, la VAN gagnée/perdue lors du passage d'une utilisation des terres donnée à une autre. Pour exemple, la conversion (défrichage) d'une forêt non perturbée entraîne le sacrifice d'un revenu de 1 066 dollars EU par hectare.

22. Le cinquième écran, *Matrice de transition*, est un récapitulatif des différents types de changements d'affectation des terres au sein des zones de l'analyse (Figure 11.10). Elle est la même que la **Matrice de changement d'affectation des terres** mentionnée dans le Chapitre 4 de ce manuel. Chaque cellule reprend la fraction de changement par zone infranationale (la somme de toutes les cellules étant égale à 1). Comme on peut le constater dans l'exemple, bien que 400 changements d'affectation des terres soient possibles, les changements ne se produisent pas pour toutes les possibilités occupation du sol.



26. L'onglet **Diagramme** de l'écran *Résumé des résultats* affiche la courbe des coûts d'opportunité. Tous les changements d'affectation des terres dans chacune des zones infranationales y sont représentés. La couleur des rectangles identifie les zones, et un changement particulier d'affectation des terres peut être mis en surbrillance avec le curseur. Trois graphiques différents peuvent être générés : *Émissions*, *Séquestration*, *Mixte* (les deux). Pour chacun d'eux, l'étiquette correspondant à un rectangle peut être temporairement mise en surbrillance en faisant passer le curseur sur le rectangle, ou être ajoutée au graphique par un clic à droite sur le rectangle souhaité, puis en cliquant sur *Ajouter l'étiquette* dans la boîte de dialogue.

27. Dans la Figure 11.11, une valeur de 5 dollars EU pour le seuil de coût correspond à un niveau d'émission de 47,59 t eqCO₂/ha/an. La plupart des changements d'affectation des terres ont des coûts d'opportunité inférieurs au seuil. Pour exemple, le changement d'affectation des terres de « **Mangrove non perturbée** » à « **Exploitation forestière de la mangrove** » a un coût d'opportunité de - 0,9 dollar EU et ajoute environ 11 t eqCO₂/ha au niveau (total) des émissions. (Remarque : certaines options d'utilisation des terres peuvent ne pas apparaître facilement dans le graphique. Cela peut être dû :

a) à un coût d'opportunité proche de ou égal à zéro. Dans ce cas, la hauteur du rectangle se confond avec l'axe horizontal, ou

b) à un montant relativement faible de la réduction des émissions. La largeur du rectangle est alors très étroite et se confond avec la couleur grise de ses bordures.

Un agrandissement du graphique peut aider à distinguer les émissions moins visibles liées à certains changements d'affectation des terres.

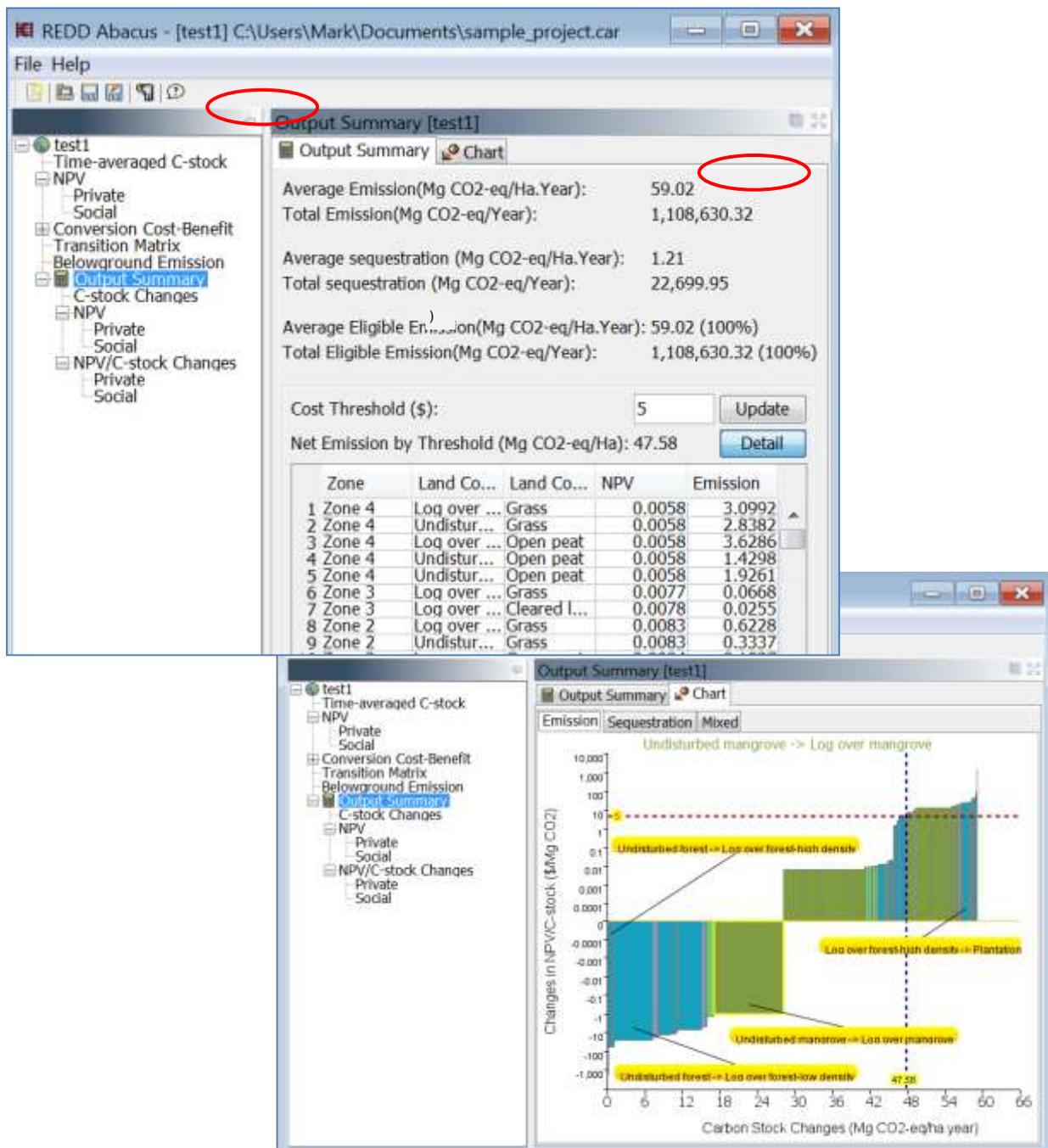


Figure 11.11. Exemple REDD Abacus - Résumé des résultats et diagramme associé



Pour plus d'informations, veuillez contacter

Pablo Benitez – pbenitez@worldbank.org

Gerald Kapp – geraldkapp@worldbank.org

Pour de plus précises informations sur le manuel et les ateliers, veuillez contacter

fcpssecretariat@worldbank.org

www.worldbank.org/wbi