



Modélisation des changements d'utilisation des terres pour le Cameroun

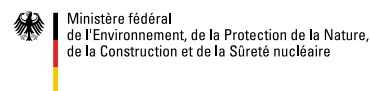


2000–2030

Un rapport du projet REDD-PAC Rapport intégral



Soutenu par :



Ministère fédéral
de l'Environnement, de la Protection de la Nature,
de la Construction et de la Sécurité nucléaire

en vertu d'une décision du
Parlement de la République fédérale d'Allemagne



CREDITS

Institutions partenaires

IIASA, Laxenburg (Autriche)
UNEP-WCMC, Cambridge (Royaume-Uni)
COMIFAC, Yaoundé (Cameroun)

Financement

Le projet REDD-PAC est financé par l'Initiative Internationale pour le climat (IKI) du Ministère fédéral pour l'environnement, la conservation de la nature et la sûreté nucléaire allemand (BMUB).

Citation

Mosnier A, Makoudjou A, Awono E⁺, Mant R, Pirker J, Tonga P, Havlik P, Bocquého G, Bodin B, Maukonen P, Obersteiner M, Kapos V, Tadoum M (2016) : La modélisation des changements d'utilisation des terres au Cameroun 2000–2030. Rapport final du projet REDD-PAC.

Remerciements

Les auteurs remercient les participants aux différents ateliers de présentation de la méthodologie et des résultats du projet REDD-PAC à Douala et à Yaoundé. Un grand merci à René Siwe, Colin Mboufak, pour leur aide à différents moments de cette étude et à Eustache Awono qui s'est éteint bien trop tôt.

Copyright

© 2016 IIASA, COMIFAC, UNEP-WCMC

Table des matières

	Liste de figures	4
	Liste de Tableaux	6
	Liste des Accronyms	6
	Résumé exécutif	7
1	Introduction	10
2	Le modèle	13
2.1	Le modèle GLOBIOM	13
2.2	Le modèle CongoBIOM	17
2.3	Le modèle GLOBIOM-CMR	18
3	Principaux drivers de la déforestation en République du Cameroun et représentation dans le modèle GLOBIOM-CMR	20
3.1	Moteurs de la déforestation d'après le R-PP Cameroun	20
3.2	Schémas de causalité établis lors de l'atelier REDD-PAC à Yaoundé	21
3.2.1	Les besoins alimentaires	22
3.2.2	Les besoins en énergie	23
3.2.3	Les besoins en bois d'œuvre	25
3.2.4	Les besoins en minerais	26
4	La carte d'utilisation des terres	27
4.1	Carte de végétation existantes	27
4.2	Carte hybride	27
4.3	Harmonisation de la carte de végétation avec les différents usages	30
4.3.1	Les concessions forestières et les aires protégées	30
4.3.2	Les surfaces cultivées par l'agriculture familiale	31
4.3.3	Les plantations agro-industrielles	36
4.3.4	Carte de potentiel du palmier à huile	37
4.3.5	Processus d'allocation spatiale des surfaces agricoles pour l'année de base (2000) au niveau des unités de simulation	38
4.3.6	L'élevage	40
4.3.7	Synthèse de la répartition des terres au Cameroun en 2000 dans le modèle	42
5	Le calcul des émissions de gaz à effet de serre et des impacts sur la biodiversité	43
5.1	Le calcul des émissions	43
5.1.1	Les émissions liées au changement d'utilisation des terres	43
5.1.2	Les émissions liées à la dégradation de la forêt	44
5.1.3	Les émissions liées à l'agriculture	45
5.2	Le calcul des impacts sur la biodiversité	45
5.2.1	Impact sur les écosystèmes	46
5.2.2	Impact sur les espèces	47
5.2.3	Impact sur les produits forestiers non-ligneux	49

6	Description des scénarios	50
6.1	Contexte socio-économique	50
6.2	Le domaine forestier permanent	52
6.2.1	Scénarios alternatifs pour les aires protégées	52
6.2.2	Les concessions forestières	53
6.3	Le développement agricole	53
6.3.1	Evolution des rendements agricoles	53
6.3.2	Les objectifs de plantations de palmiers à huile	54
7	Validation du modèle sur la période 2000–2010	55
7.1	Comparaison avec la déforestation historique 2001–2010	55
7.2	Evolution des surfaces cultivées	56
7.3	Evolution de la production et de la consommation de produits agricoles	58
8	Résultats sur 2010–2030 dans le scénario de base	60
8.1	Déforestation et autres changements d'utilisation des terres	60
8.2	Production et consommation agricole	62
8.3	Exploitation du bois	62
8.4	Les émissions	62
8.5	Impacts potentiels sur la biodiversité	65
9	Résultats pour les scénarios alternatifs	68
9.1	Déforestation et autres changements d'utilisation des terres	68
9.2	Production et consommation agricole	69
9.3	Emissions	70
9.4	Impacts sur la biodiversité	71
10	Quels facteurs peuvent réconcilier plusieurs objectifs ?	74
10.1	OMD et ODD	74
10.2	Analyse multi-objective	75
11	Discussion des résultats	76
11.1	L'agriculture	76
11.2	L'exploitation forestière	77
11.3	L'expansion des aires protégées	78
12	Conclusion	79
	Références	80
	Annexes	85

Liste des Figures

Figure 1 La déforestation future dépend des besoins futurs en nourriture, en bois et en énergie dans le modèle CongoBIOM	14
Figure 2 Principales données d'entrée et de sortie du modèle GLOBIOM à différentes échelles	16
Figure 3 Eléments utilisés pour la délimitation des unités de simulation	16
Figure 4 Le modèle GLOBIOM-CMR comme un sous-ensemble du modèle régional de la zone COMIFAC	18
Figure 5 Les unités de simulation (a), la grille de 50x50 km (b) et les régions (c) au Cameroun	19
Figure 6 Les impacts des besoins alimentaires sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe	22
Figure 7 Les impacts des besoins en énergie sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe	23
Figure 8 Conversion de bois de chauffe et de charbon en énergie pour la cuisson	24
Figure 9 Les impacts des besoins en bois d'œuvre sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe	25
Figure 10 Les impacts des besoins en minerais sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe de l'atelier de Yaoundé	26
Figure 11 Localisation des terres arables au Cameroun selon différentes sources	28
Figure 12 Répartition des terres arables par région selon différentes cartes de végétation	28
Figure 13 Répartition par type de forêt selon différentes sources	29
Figure 14 Répartition des surfaces forestières par région selon différentes cartes de végétation	29
Figure 15 Carte hybride pour le Cameroun : part des unités de simulation couverte par les autres terres naturelles (gauche), les terres cultivées (centre) et la forêt humide (droite)	29
Figure 16 Les concessions forestières et les aires protégées répertoriées en 2015 au Cameroun par WRI	30
Figure 17 Procédure d'ajustement des aires protégées (AP) s'il y a chevauchement avec une concession forestière	31
Figure 18 Coefficient multiplicateur des terres cultivées pour prendre en compte les différents temps de jachère	33
Figure 19 Rendements moyens par région et par culture en 2000 d'après le Ministère de l'Agriculture du Cameroun et rendement moyen FAO	35
Figure 20 Localisation des concessions agro-industrielles au Cameroun et surfaces correspondantes par région en milliers d'hectares	36
Figure 21 Carte de potentiel biophysique du palmier à huile au Cameroun (vert : très bon potentiel, jaune : potentiel moyen, rouge : faible potentiel, gris : non propice) d'après Pirker <i>et al</i> (2016)	38
Figure 22 Surfaces en terres arables en 2000 en milliers d'hectares	39
Figure 23 Comparaison des effectifs par espèce selon les sources	40
Figure 24 Comparaison entre les statistiques nationales et les données de FAO-ILRI de la répartition des effectifs de bovins et caprins entre région	41
Figure 25 Nombre de bovins par unité de simulation en milliers de unités de bétail tropicales (UBT)	41
Figure 26 Part des unités de simulation occupées par les pâturages	41

Figure 27 Carte des écorégions du Cameroun	46
Figure 28 Méthode de calcul pour l'indice composite de changement combiné de l'habitat pour les espèces	48
Figure 29 Les hypothèses du scénario de base sont présentées à gauche tandis que les changements introduits dans chaque scénario sont décrits à droite (un scénario par boîte blanche)	50
Figure 30 Trajectoires développement socio-économiques élaborées dans le cadre du GIEC (O'Neill <i>et al.</i> , 2013)	51
Figure 31 Comparaison de la déforestation calculée sur la période 2001–2010 avec le modèle avec la déforestation historique observée	55
Figure 32 Comparaison par culture entre de la production (gauche) et les surfaces récoltées (droit) calculées par le modèle pour l'année 2010 et observée selon la FAO en 2010 au Cameroun	56
Figure 33 Comparaison de la part des différentes cultures dans l'expansion totale des terres cultivées par région entre 2000 et 2010 selon GLOBIOM et selon les statistiques agricoles	57
Figure 34 Différence entre les quantités consommées par produit entre 2000 et 2010 au Cameroun d'après la FAO	58
Figure 35 Différence entre les quantités de maïs et de mil-sorgho utilisées entre 2000 et 2010 au Cameroun par poste d'après la FAO	59
Figure 36 Conversion ou expansion des différents types d'occupation des sols pour chaque période de simulation (période de 10 ans) Comme la surface de terre totale est fixe, la somme de ces changements est égale à zéro pour chaque période	60
Figure 37 Evolution de la déforestation par culture au Cameroun de 2010 à 2030	61
Figure 38 Déforestation cumulée entre 2010 et 2030 par région et par source au Cameroun	61
Figure 39 Emissions issues de la déforestation par période de 10 ans et cumulées sur la période 2010–2030 en utilisant différentes cartes de biomasse	63
Figure 40 Emissions par source par période de 10 ans ou cumulées sur 2011–2030 au Cameroun	64
Figure 41 Variation totale de l'utilisation des terres sur la période 2011–2030 dans les écorégions du Cameroun	65
Figure 42 Impact sur l'aire d'habitat des Grands Singes	66
Figure 43 Carte de l'impact combiné de la perte d'habitat des espèces de 2030 à 2010 pour l'ensemble des espèces, pondérée par l'endémisme relatif de chaque espèce	67
Figure 44 Déforestation totale cumulée sur la période 2010–2030 selon différents scénarios : les scénarios en bleu réduisent la déforestation future par rapport au scénario de base tandis que les scénarios en rouge augmentent la déforestation future	68
Figure 45 Conversion ou expansion des différents types d'occupation des sols entre 2011 et 2030 pour chaque scénario	69
Figure 46 Variation de la production et de la consommation par culture en 2030 par rapport au scénario de base	70
Figure 47 Variation des émissions issues de la déforestation sur la période 2011–2030 au Cameroun selon les scénarios et la carte de biomasse utilisée	71
Figure 48 Impact des différents scénarios sur la perte d'habitat potentiel pour les grands singes 2030	71
Figure 49 Nombre d'espèces dont une certaine part de leur aire d'habitat potentiel est convertie à d'autres usages sur la période 2010–2030	72
Figure 50 L'impact de différents scénarios sur l'aire de répartition possible et probable du prunus en pourcentage de la surface qui est touché par la déforestation.	73

Liste des Tableaux

Tableau 1 Comparaison de la superficie totale initiale et intégrée dans le modèle pour les forêts exploitées et les aires protégées au Cameroun (en millions d'hectares)	31
Tableau 2 Part des ménages qui cultivent chaque culture dans chaque région du Cameroun	32
Tableau 3 Répartition des terres au Cameroun en 2000 dans le modèle	42
Tableau 4 Facteur d'émission total et par type d'impact pour différents types d'exploitation forestière	44
Tableau 5 Taux de croissance des rendements agricoles dans le scénario RDMT+	54
Tableau 6 Evolution des facteurs d'émission pour la déforestation selon la carte de biomasse utilisée	63
Tableau 7 Comparaison des scénarios sur leur contribution a plusieurs objectifs (la couleur verte indique un rapprochement vers la réalisation d'un objectif tandis que la couleur rouge signifie un éloignement de l'objectif)	75

Liste des Accronyms

AP	Aires Protégée
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
COMIFAC	Commission des Forêts d'Afrique Centrale
FCPF	Fonds de Partenariat pour le Carbone Forestier
FRA	Evaluation des Ressources Forestieres Mondiales
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ILRI	Institut international de recherche sur l'élevage
LiDAR	Télétection par Laser
MINADER	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MINEPIA	Ministère de l'Elevage, des pêches et industries animales
NERF/NRF	Niveau de référence national pour les émissions des forêts / Niveau de référence pour les forêts
OMD	Millénaire pour le Développement
PAM	Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies
PFNL	Produit Forestier Non-Ligneux
REDD-PAC	« REDD+ Policy Assessment Center » ou « Centre d'Evaluation des politiques REDD+ » en français
R-PIN	Readiness Plan Idea Note
R-PP	Readiness Preparation Proposal
SPANB	Stratégies et Plans d'Action Nationaux pour la Biodiversité
SSP	Shared Socioeconomic Pathways – Trajectoires socio-économiques communs
WHRC	Wood Hole Research Center
UBT	Unités de bétail tropicales

Résumé exécutif

L'utilisation des terres est un facteur crucial pour le développement économique et l'environnement. Ainsi une terre dédiée à l'agriculture permettra une production régulière qui sera bénéfique pour satisfaire les besoins alimentaires des populations alentour et potentiellement, pour l'économie dans son ensemble. Par contre, les terres agricoles ont un contenu carbone bien inférieur à une terre forestière et sont généralement pauvres en biodiversité. Les terres peuvent être utilisées de différentes manières afin de répondre à différents objectifs et il peut être potentiellement difficile de satisfaire tous ces objectifs à la fois, donnant lieu à des choix difficiles lors de la conception des politiques ayant un impact sur leur utilisation.

Souvent appelé « l'Afrique en miniature », le Cameroun bénéficie d'une grande diversité géographique et climatique, ce qui est à la fois un avantage pour la production d'une gamme variée de denrées agricoles et pour la diversité de la faune et de la flore. Le pays compte environ 35 millions d'hectares de forêt dont 19 millions d'hectares de forêts denses. Près d'un tiers des forêts denses humides sont sous exploitation forestière et le Cameroun est le second producteur de bois tropicaux de la région. Malgré le fort potentiel du secteur agricole, 20 % de la population rurale n'a pas une consommation alimentaire satisfaisante et les conditions de vie des agriculteurs ont eu tendance à se dégrader depuis les années 90.

Le Cameroun est engagé dans le processus REDD+ depuis 2005, notamment au niveau sous régional avec la COMIFAC et plus d'une trentaine de projets de type REDD+ seraient actuellement en cours au Cameroun. Cette étude essaye d'identifier les zones soumises aux pressions de conversion les plus fortes dans le futur et les conséquences en termes de production agricole, d'émissions de gaz à effet de serre et de risque de perte de biodiversité. L'objectif du projet REDD-PAC est d'accompagner les institutions impliquées dans la REDD+ ainsi que dans la planification des Stratégies Nationales et Plans d'Action pour la Biodiversité au Cameroun.

Les modèles permettent d'explorer dans un cadre simplifié les conséquences de changements futurs. Le projet REDD-PAC a adapté le modèle GLOBIOM¹ au contexte du Bassin du Congo, et plus particulièrement du Cameroun qui est l'un des trois pays pilotes de la sous-région pour cette étude. Le modèle GLOBIOM est un modèle économique mondial qui représente la compétition pour l'utilisation des terres entre le secteur agricole, le secteur forestier et le secteur des bioénergies. La période de simulation retenue ici est 2000–2030, la première période 2000–2010 permettant de tester la capacité du modèle à reproduire les tendances passées.

La déforestation est modélisée à partir des changements de production et de consommation et pour tous les pays en même temps. Ainsi, on peut plus facilement vérifier la validité et la cohérence des estimations et éviter une surestimation de la déforestation future dans les niveaux de référence, sans relation avec l'évolution de la demande. La spatialisation des résultats assure la cohérence de la déforestation calculée au niveau sous-national avec la déforestation totale au niveau national et permet de prendre en compte l'hétérogénéité des terres en carbone et en biodiversité. Le modèle national couvre le Cameroun qui fait partie de la sous-région COMIFAC. Le Cameroun peut commercer avec les autres pays de la COMIFAC, et avec les autres régions du monde. La production agricole et les changements d'utilisation des terres au Cameroun sont représentés par 152 unités spatiales.

Il est très important pour les travaux de modélisation d'avoir une bonne représentation de la situation de départ. Le Cameroun est le pays de la COMIFAC avec le meilleur système statistique à l'heure actuelle, y compris pour le secteur agricole. Une carte hybride a été réalisée en combinant les meilleures cartes de végétation existantes et les statistiques agricoles disponibles après consultation avec les experts nationaux.

¹ Voir www.globiom.org

Selon des projections modérées, près de 28 millions de personnes vivront au Cameroun en 2030, dont 62 % dans les villes, et le PIB par tête moyen doublera presque par rapport à 2010. Cela engendrera une hausse de la consommation locale de produits agricoles qui se traduira vraisemblablement par une augmentation des surfaces cultivées. Nos résultats montrent une augmentation de la déforestation annuelle moyenne de 58.000 hectares entre 2010 et 2020 à 113.000 hectares entre 2020 et 2030 causant l'émission de 1,8 Gigatonnes de CO₂. Les deux tiers de la déforestation viennent de l'expansion du manioc, du maïs et de l'arachide et des jachères associées et 12 % de l'expansion du palmier à huile.

La perte d'habitat constitue l'un des moteurs principaux de la perte de biodiversité. Le Cameroun abrite deux espèces de Grands Singes : le chimpanzé, et le gorille des plaines occidentales, qui sont fortement dépendantes de la présence de forêts naturelles pour leur habitat. Ce sont aussi des espèces qui présentent un important potentiel pour le développement de l'écotourisme. Le modèle prédit une perte d'habitat particulièrement importante pour les grands singes dans les régions du Sud-Ouest, du Centre et de l'Est. Sur la période 2011–2030, nos résultats montrent la perte de plus de 10 % de l'habitat potentiel de 675 espèces, dont 55 espèces menacées. Outre la perte directe d'habitat, l'expansion des zones agricoles devrait entraîner une augmentation des contacts hommes-faunes et par conséquent des risques de braconnage.

La déforestation cumulée sur la période 2010–2030 varie entre 1,4 et 2,2 millions d'hectares selon nos scénarios contre 2 millions d'hectares dans le scénario de base. L'amélioration des rendements agricoles, l'expansion des aires protégées et une plus faible croissance économique et démographique pourraient réduire la déforestation future au Cameroun. Au contraire, les objectifs de croissance des surfaces en palmiers à huile, l'expansion de l'agriculture non contrôlée dans les aires protégées ou dans les concessions forestières, et une plus forte augmentation de la population et du PIB augmentent la déforestation par rapport au scénario de base.

Le Cameroun a des rendements agricoles souvent plus élevés que les autres pays de la sous-région et une diversité agro-écologique qui lui permet de produire une grande diversité de produits. C'est le seul pays exportateur net de produits agricoles de la sous-région et les exportations agricoles vers les pays voisins augmentent fortement sur la période 2011–2030 dans nos simulations. Du fait de son statut d'exportateur de produits agricoles, une réduction de la demande et/ou une amélioration des conditions de production dans les autres pays de la région diminuent la production au Cameroun. C'est pourquoi on observe une réduction de la production agricole et des exportations dans le scénario d'augmentation des rendements agricoles et une augmentation des exportations du Cameroun lorsque la croissance démographique et économique est plus élevée dans tous les pays de la COMIFAC.

Ainsi, si les rendements agricoles n'augmentent pas rapidement au Cameroun, la pression sur les forêts due à l'augmentation de la population risque d'être amplifiée par l'augmentation de la demande dans les pays voisins. Une partie des investissements dans le cadre de REDD+ devraient soutenir les efforts pour augmenter la productivité agricole, tout en assurant un minimum d'impacts de la production agricole sur les forêts. Par exemple, un accompagnement des élites urbaines qui sont de plus en plus intéressées pour investir dans l'agriculture au Cameroun pourrait être un facteur d'augmentation des rendements agricoles dans les années à venir.

Le non-respect du domaine forestier permanent entraîne une dégradation de tous les indicateurs. Les résultats de cette étude montrent l'importance d'une gestion effective du domaine forestier permanent actuel. Le manque de moyens pour la gestion des aires protégées actuelles fait peser un risque important sur

l'habitat de nombreuses espèces. Nos résultats montrent aussi que les concessions forestières peuvent être un frein important à la déforestation. Des efforts ont été faits pour passer vers une exploitation forestière à faible impact dans la plupart des concessions forestières du Cameroun. Ces efforts doivent être poursuivis, de même que la lutte contre le braconnage à l'intérieur des concessions forestières. La prévention de l'extinction des espèces est l'un des objectifs d'Aichi qui ont été établis par les pays dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique.

1 Introduction

Les émissions liées à la conversion des forêts tropicales sont estimées à près de 1 gigatonne² de carbone par an sur la période 2000–2010, ce qui représente environ 12 % des émissions totales de Gaz à Effet de Serre (GES) sur la période (Hansen *et al.*, 2008). La protection de la forêt pourrait donc être un moyen efficace de lutter contre le réchauffement climatique. Depuis 2005, la réduction des émissions liées à la déforestation et la dégradation des forêts est discutée dans le cadre des négociations internationales sur le climat. Les pays en développement sont particulièrement encouragés à contribuer à la réduction des émissions issues des forêts en conformité avec les capacités des pays et des circonstances nationales, à travers cinq activités: a) la réduction des émissions issues de la déforestation, b) la réduction des émissions issues de la dégradation forestière, c) la conservation des stocks de carbone dans les forêts, d) la gestion durable des forêts et e) l'augmentation des stocks de carbone dans les forêts. L'acronyme REDD+ est souvent utilisé pour faire référence à ces cinq activités.

Les pays du Bassin du Congo ont exprimé dès le début des discussions, un grand intérêt dans REDD+. Ils soutiennent l'établissement d'un niveau de référence qui prenne en compte les politiques futures de développement économique et social de la sous-région dans le cadre des négociations internationales sur le climat. Plusieurs spécificités du Bassin du Congo sous-tendent cette position : i) la déforestation et la dégradation forestière au niveau du Bassin du Congo sont historiquement faibles et celles-ci pourront difficilement diminuer et ii) l'aménagement forestier remplit un triple rôle de conservation, de croissance économique et de lutte contre la pauvreté qu'il faut absolument conforter (Kasulu *et al.*, 2008). Ils réaffirment par ailleurs, la vision des pays de l'espace Commission des Forêts d'Afrique Centrale (COMIFAC) sur le rôle des activités de REDD+ dans la promotion des bénéfices non carbone, y compris le développement socio-économique, la réduction de la pauvreté, les bénéfices liés à la biodiversité, à la résilience des écosystèmes, ainsi que le renforcement des liens avec l'adaptation au changement climatique.

Souvent appelé « l'Afrique en miniature », le Cameroun bénéficie d'une grande diversité géographique et climatique, ce qui est à la fois un avantage pour la production d'une gamme variée de denrées agricoles et pour la diversité de la faune et de la flore. Le pays compte environ 35 millions d'hectares de forêts dont 19 millions d'hectares de forêts denses. Près d'un tiers des forêts denses humides sont sous exploitation forestière et le Cameroun est le second producteur de bois tropicaux de la région. Malgré le fort potentiel du secteur agricole, 20 % de la population rurale n'a pas une consommation alimentaire satisfaisante et les conditions de vie des agriculteurs ont eu tendance à se dégrader depuis les années 90. L'économie camerounaise repose principalement sur le secteur tertiaire notamment le commerce, les postes et télécommunications et le transport.

Le Cameroun est engagé dans le processus REDD+ depuis 2005, notamment au niveau sous régional avec la COMIFAC. Le processus REDD+ a effectivement décollé au Cameroun en 2008 avec la rédaction du R-PIN (Readiness Plan Idea Note) et en juin 2011 avec la rédaction du R-PP (Readiness Preparation Proposal) qui a été définitivement validée en février 2013. En novembre 2013 le gouvernement du Cameroun a bénéficié d'un financement du Fonds de Partenariat pour le Carbone Forestier (FCPF) de la Banque Mondiale à hauteur de 3,6 millions de dollars pour l'élaboration de la stratégie REDD+. Plus d'une trentaine de projets de type REDD+ sont actuellement en cours au Cameroun.

La préparation pour la REDD+ implique le développement de certains éléments clés. L'utilisation de modèles peut informer le développement de plusieurs des éléments requis par la CCNUCC (Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique) dans le cadre de REDD +:

² 1 gigatonne (Gt) = 1 Pentagramme = 1 milliard de tonnes de carbone.

- a. **Une stratégie nationale ou un plan d'action** : en permettant d'explorer l'impact de différents facteurs sur l'utilisation des terres et en identifiant les zones soumises aux pressions de conversion les plus fortes, les modèles peuvent aider dans le développement et la mise en œuvre de stratégies pour éviter ou réduire la déforestation et la dégradation. La modélisation peut aussi permettre de tester les impacts potentiels des différentes politiques. Cette évaluation peut se faire simultanément en termes d'émissions, de production agricole et de biodiversité, permettant ainsi une meilleure intégration de ces différentes problématiques dans la planification et l'élaboration des politiques.
- b. **Un niveau de référence national pour les émissions des forêts et/ou niveau de référence pour les forêts** : la CCNUCC définit les niveaux d'émissions de référence des forêts et/ou les niveaux de référence des forêts (NERF/NRF) comme «[...] des repères pour évaluer la performance de chaque pays dans la mise en œuvre des activités [REDD+].» Les décisions prises par la Conférence des Parties de la CCNUCC indiquent également que le NRF devrait prendre en compte les données historiques pour les projections futures et ajuster celles-ci en fonction des circonstances nationales (CCNUCC, la décision 4 / CP15). De plus, les NERFs/NRFs devraient maintenir la cohérence avec les inventaires nationaux de GES, notamment sur la définition de la forêt utilisée, fournir une information transparente, complète, cohérente et précise sur les données utilisées et le raisonnement qui a conduit au développement du NERF/NRF, et permettre une approche par étapes et l'utilisation de NERFs/NRFs sous-nationaux à titre provisoire (CCNUCC, décision 12/ CP.17). Cette dernière disposition permet aux pays d'améliorer leur NERF/NRF au fil du temps en intégrant de meilleures données, en améliorant la méthodologie et, le cas échéant, en prenant en compte des réservoirs de carbone supplémentaires. En aidant à comprendre jusqu'à quel point les changements d'utilisation des terres se produiraient si la REDD+ n'était pas appliquée, les modèles peuvent aussi potentiellement alimenter le développement d'un niveau de référence national d'émission des forêts/niveau de référence national des forêts. De plus, conformément à la note de la position commune des pays de la COMIFAC, qui souhaitent que le niveau de référence soit basé sur les émissions historiques et prenne en compte les politiques futures de développement économique et social, le niveau de référence envisagé par le Cameroun devrait être calculé sur la base d'un scénario de référence historique ajusté. Les modèles peuvent aider à mettre en évidence quels sont les facteurs qui ont un impact important sur l'évolution future de la déforestation et peuvent donc être utiles pour l'ajustement aux circonstances nationales.
- c. **Un système robuste et transparent de suivi du couvert forestier national pour le suivi et la notification des activités [REDD +], compte tenu de la situation nationale** : les modèles auront vraisemblablement un rôle plus limité dans le développement d'un système national de surveillance des forêts.
- d. **Un système pour fournir des informations sur la façon dont les garanties sont prises en compte et respectées** : la compréhension des impacts potentiels des différentes options politiques de mise en œuvre de la REDD+, y compris sur la biodiversité, peut aider à identifier quelles mesures devraient être mise en œuvre pour s'assurer que les garanties REDD+ soient prises en compte et respectées.

Les changements dans l'utilisation des terres ne contribuent pas seulement aux émissions mondiales de gaz à effet de serre, ils entraînent également la perte ou la fragmentation des habitats naturels pour différentes espèces. Le Cameroun est partie à la Convention sur la Diversité Biologique (CDB), ratifiée en

1995. Celle-ci a pour objectifs principaux la conservation de la biodiversité, l'utilisation durable de ses composantes, et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques. Le Plan stratégique 2011–2020, adopté par les parties à la CDB en Octobre 2010, décline ces trois grands axes en cinq buts stratégiques et 20 objectifs - ci-après 'Objectifs d'Aichi'. Il s'agit d'objectifs mondiaux mais leur mise en œuvre s'effectue principalement au niveau national, sous-national et local.

Les objectifs sont adaptés principalement à l'échelon national par le biais de Stratégies et Plans d'Action Nationaux pour la Biodiversité (SPANB) élaborés par les Parties à la CDB. Le Cameroun a publié ses SPANBs révisés qui intègrent les Objectifs du Plan Stratégique d'Aichi pour la biodiversité en 2012. Le Plan de Convergence de la COMIFAC, dont le Cameroun fait partie, promeut également l'adoption de politiques de gestion durables des forêts dans la sous-région.

La REDD+ présente de nombreuses opportunités potentielles de bénéfices pour la biodiversité, les services écosystémiques et l'économie verte. Par exemple les activités REDD+ visant à réduire la déforestation contribuent de manière évidente à l'Objectif 5 d'Aichi sur « la réduction de la perte d'habitats naturels, y compris les forêts », et vice-versa. Cependant, la REDD+ comporte potentiellement aussi des risques pour la biodiversité. Ainsi, si on limite la conversion des forêts en terres agricoles sans traiter les facteurs responsables de la conversion, cela pourrait simplement déplacer ces pressions vers d'autres écosystèmes importants pour la biodiversité, comme les savanes naturelles. Les bénéfices et risques potentiels de la REDD+ ont été reconnus par la CCNUCC à travers sept garanties adoptées lors de la Conférence des Parties de Cancun en 2010, que les pays doivent promouvoir dans leur mise en œuvre de la REDD+.

Alors que le Cameroun est en train de développer sa Stratégie Nationale REDD+, une opportunité se présente d'intégrer des considérations liées aux bénéfices multiples de la REDD+ pour la biodiversité avec les objectifs de la CDB. Une telle intégration renforcerait la cohérence des différents agendas environnementaux du pays.

Le projet REDD-PAC (« REDD+ Policy Assessment Center » ou « Centre d'Évaluation des politiques REDD+ » en français) a pour objectif d'apporter des éléments de compréhension quant aux facteurs de changement du couvert forestier et de la biodiversité dans les prochaines décennies dans le Bassin du Congo et au Brésil et l'impact des politiques sur ces changements. Dans le cadre de cette étude, le modèle économique de changement des terres GLOBIOM a été enrichi et adapté aux contextes de ces deux régions afin d'étudier les potentielles trajectoires de déforestation sous différentes hypothèses et conditions et les impacts sur les émissions de gaz à effet de serre, l'agriculture et la biodiversité. Ce rapport présente la méthodologie et les résultats du projet REDD-PAC pour le Cameroun. Nous espérons que ces résultats pourront aider le pays dans l'établissement du niveau de référence et la planification de la REDD+, mais aussi plus largement dans l'aménagement du territoire.

2 Le modèle

2.1 Le modèle GLOBIOM

Le modèle économique d'utilisation des terres GLOBIOM (www.globiom.org) est développé à IIASA (en Autriche) depuis 2007 et a été/est utilisé dans le cadre de nombreux projets, notamment pour l'estimation de l'évolution des émissions issues du changement d'utilisation des terres et de l'agriculture au niveau mondial, mais aussi pour l'Europe et les Etats-Unis (Havlík *et al.*, 2011; Mosnier *et al.*, 2013). Pour le projet REDD-PAC, ce modèle a été adapté pour le Brésil et le Bassin du Congo, et plus particulièrement pour le Cameroun en tant que pays pilote de ce projet dans la région COMIFAC.

Les principaux avantages de GLOBIOM pour informer la planification de la Stratégie REDD+ et l'élaboration du niveau de référence sont :

- La **déforestation est le résultat de changements de production et de consommation** ce qui permet de plus facilement vérifier la validité et la cohérence des estimations et éviter une surestimation de la déforestation future dans les niveaux de référence, sans relation avec l'évolution de la demande. Il peut y avoir des raisons non-productives pour la déforestation telles que l'étalement urbain ou la spéculation foncière mais l'influence de ces facteurs est généralement beaucoup plus faible. Le potentiel productif de la terre qui est un important déterminant de la demande totale en terres agricoles est calculé sur la base des caractéristiques biophysiques qui peuvent beaucoup varier d'une région à l'autre dans un pays.
- La **déforestation calculée au niveau sous-national est parfaitement cohérente avec la déforestation au niveau national** puisque cette dernière est calculée comme la somme de la déforestation dans chaque unité géographique du pays. La déforestation calculée au niveau sous-national dépend de l'interaction de facteurs qui interviennent à différentes échelles. Par exemple, au niveau local, l'utilisation actuelle des terres, le climat et le type de sol, la distance à la ville la plus proche sont des facteurs qui vont influencer les résultats du modèle. Tandis qu'au niveau national, l'augmentation de la population et du PIB, et l'évolution de la compétitivité avec d'autres régions du monde vont être des facteurs qui vont influencer le niveau de la demande pour les produits locaux. De plus, le niveau de déforestation dans une région dépend également de ce qui se passe dans les autres régions du pays.
- **La spatialisation des résultats est importante pour le calcul des émissions totales et les impacts sur la biodiversité.** Les émissions liées à la déforestation et à la dégradation forestière dépendent de la localisation du contenu carbone de la forêt qui est détruit. Le contenu carbone varie beaucoup entre une forêt sèche ou une forêt dense humide par exemple. De même, les impacts sur la biodiversité seront aussi différents selon la zone qui est affectée par les futurs changements d'usage : l'habitat de certaines espèces peut être limité à une seule région du pays. Enfin, la spatialisation des résultats peut guider les stratégies d'aménagement du territoire, notamment en identifiant les zones nécessitant une action prioritaire pour limiter la déforestation tout en poursuivant le développement économique.
- La modélisation permet une **meilleure compréhension des mécanismes complexes sous-jacents à la déforestation et la dégradation forestière** avec parfois des résultats contre-intuitifs mais valides dus à des interactions entre plusieurs facteurs.

Le modèle utilise une base de données mondiale qui a été enrichie avec des données nationales (voir www.redd-pac.org pour une description de la base de données). Dans le modèle, les changements d'utilisation des terres sont provoqués par une augmentation (ou une diminution) des besoins locaux et mondiaux en nourriture, en bois, et en bioénergies suivant les projections de croissance de la population et de croissance économique qui ont été faites par d'autres institutions (ex : les Nations Unies). Les besoins supplémentaires peuvent être satisfaits par une augmentation des terres utilisées (ex : déforestation), par une augmentation de la productivité des terres utilisées (ex : augmentation des rendements) ou par l'importation de produits. Les changements d'usage des terres se traduisent en changement de contenu de carbone des terres (émissions de carbone dans l'atmosphère) et en changement d'étendue de l'habitat de certaines espèces qui pourrait entraîner une perte de biodiversité dans certaines zones et à l'échelle nationale (Figure 1).

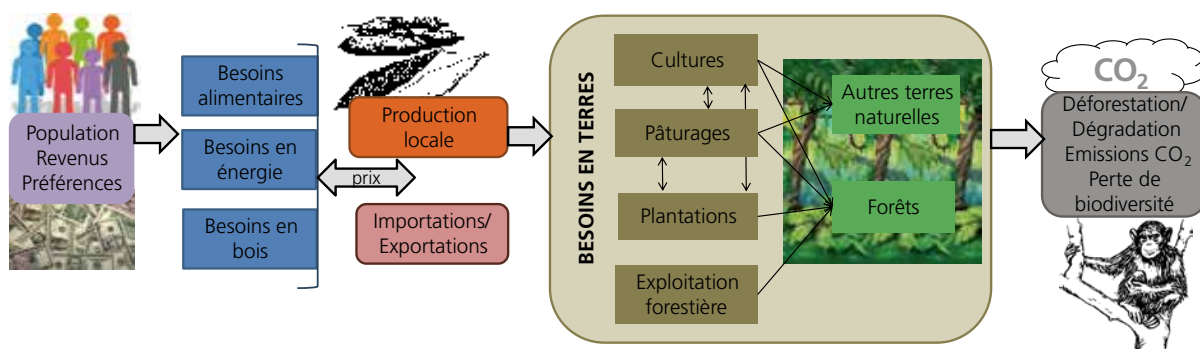


Figure 1. La déforestation future dépend des besoins futurs en nourriture, en bois et en énergie dans le modèle CongoBIOM

Les principales caractéristiques du modèle GLOBIOM sont les suivantes.

- **Modèle d'équilibre de marché:** Les ajustements des prix conduisent à l'égalité entre la consommation et la production moins les exportations plus les importations pour chaque produit et chaque région. GLOBIOM est construit sur les principales hypothèses de la théorie économique néoclassique : les agents prennent des décisions qui leur fournissent la plus grande satisfaction, l'augmentation de la satisfaction devient plus faible au fur et à mesure que les agents achètent ou vendent plus, et il y a un équilibre unique à savoir les agents n'ont pas intérêt à modifier leurs actions une fois que l'équilibre est atteint.
- **Modèle d'optimisation:** L'objectif du problème d'optimisation est de maximiser la somme du surplus³ des consommateurs et des producteurs sous un certain nombre de contraintes, notamment la contrainte d'équilibre du marché. Une contrainte qui est très importante est la contrainte sur les disponibilités des terres: dans chaque unité spatiale la quantité totale de terres est fixe. Ainsi, pour augmenter la surface utilisée il faut donc soit diminuer une autre utilisation ou convertir des terres naturelles en terres productives s'il y en a encore de disponible. Certaines contraintes peuvent également permettre d'intégrer des objectifs non économiques des agents tels que la satisfaction des besoins alimentaires au niveau local (autoconsommation).

³ Le surplus des consommateurs est une évaluation monétaire de la satisfaction qu'ils retirent de leurs consommations. C'est la somme, pour toutes les unités consommées de tous les produits représentés dans le modèle et pour tous les consommateurs, des différences entre leur disposition marginale à payer et le prix de marché.

- **Modèle d'équilibre partiel:** Contrairement à un modèle d'équilibre général qui englobe tous les secteurs de l'économie, GLOBIOM se concentre sur quelques secteurs dont la terre est le principal facteur de production : les cultures, l'élevage, la foresterie et les bioénergies. Ces secteurs sont en concurrence pour l'utilisation des terres.
- **Modèle d'équilibre spatial:** C'est une catégorie spécifique de modèle d'équilibre partiel où les biens sont considérés homogènes : si deux marchands vendent des arachides à des prix différents sur le marché, le consommateur va toujours acheter les arachides qui sont le moins cher (pas de différenciation selon la qualité). Ceci va conduire à une égalisation des prix sur le marché indépendamment de l'origine du produit : si le produit est importé, alors les coûts de production dans le pays d'origine plus les coûts de transport et les tarifs doivent être égaux aux coûts de production locaux. Ainsi, les pays exportateurs doivent toujours avoir des coûts de production plus faibles que les pays importateurs, et ce d'autant plus que les coûts de transport et/ou les tarifs sont élevés.
- **Modèle récursif dynamique:** GLOBIOM est exécuté pour chaque période de 10 ans à partir de l'année 2000 (année de base). Contrairement à des modèles entièrement dynamiques, les gains ou les pertes qui peuvent survenir au-delà de 10 ans ne sont pas anticipés par les agents. La décision optimale à la période t dépend seulement des décisions prises pendant les périodes précédentes. Ainsi, dans GLOBIOM, au début de chaque période de simulation (2010, 2020, 2030), l'utilisation des terres est mise à jour en prenant en compte les changements qui ont eu lieu la période précédente tandis que la demande est ajustée pour prendre en compte l'augmentation des besoins due à la croissance de la population et du PIB à la période suivante.

L'originalité de GLOBIOM vient de la représentation des moteurs de changement d'utilisation des terres à deux échelles géographiques différentes: toutes les variables liées à la terre, c'est-à-dire le changement d'utilisation des terres, les surfaces cultivées, la production de bois et le nombre de têtes d'élevage sont représentées au niveau de pixels, mais la demande finale, les quantités transformées, les prix, et le commerce sont calculés au niveau régional. Cela signifie que dans GLOBIOM, les facteurs régionaux influencent l'utilisation des terres au niveau local, et les contraintes locales influencent également le résultat des variables définies au niveau régional tandis que la cohérence est assurée au niveau régional par la contrainte d'équilibre de marché et au niveau local par la contrainte de terres disponibles (Figure 2).

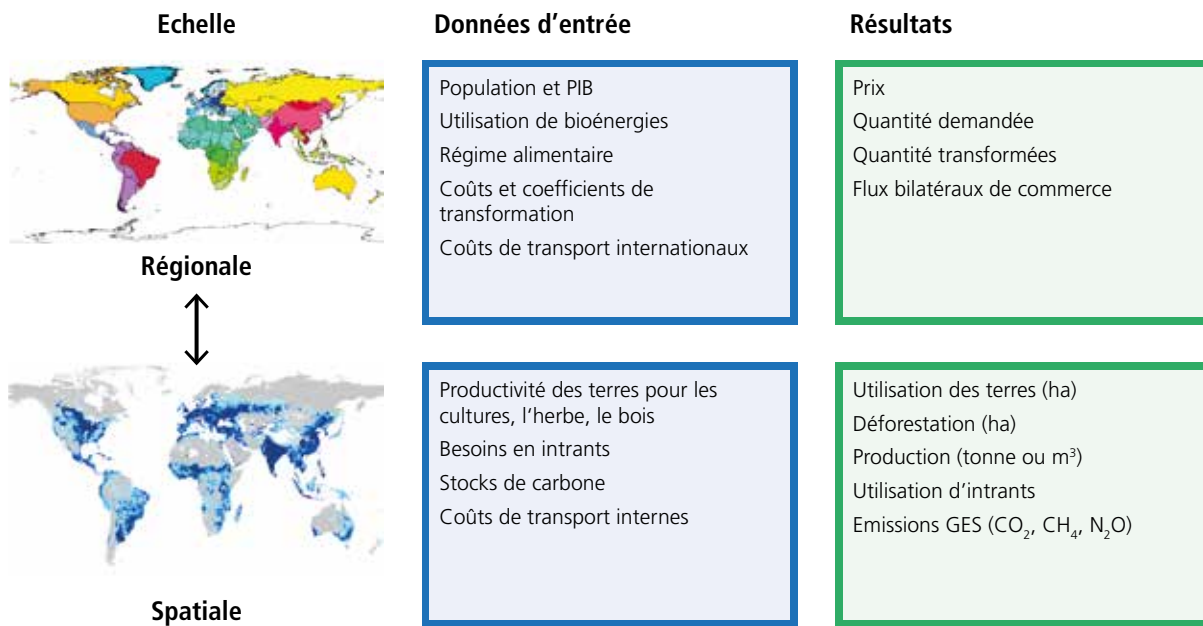


Figure 2. Principales données d'entrée et de sortie du modèle GLOBIOM a différentes échelles

Dans GLOBIOM, toutes les données spatiales d'entrée sont disponibles au niveau de l'unité de simulation. La Figure 3 montre comment les unités de simulation ont été construites. Les unités de simulation sont définies par la combinaison de pixels de taille de 5 ArcMin qui sont dans un même pays (ligne hachurée), un même pixel de taille de 30 ArcMin (grille bleue), et une même unité d'intervention homogène (HRU- Homogenous Response Units) (il y a 4 HRUs dans la figure de gauche représentées par les surfaces orange, violette, verte et jaune). Les unités d'intervention homogènes (HRU) sont définies par des caractéristiques biophysiques qui sont stables dans le temps et sur lesquelles les producteurs ont peu de moyens d'influence : l'altitude (5 classes), la pente (7 classes), et le type de sol (5 classes). L'unité de simulation sert de base à la fois pour les simulations du modèle biophysique EPIC qui calcule les potentiels de productivité pour 17 cultures, et du modèle économique GLOBIOM. Il y a en tout 217 707 unités de simulation à l'échelle mondiale dont la taille varie entre 5 et 30 ArcMin (dans l'exemple ci-dessous, 27 unités de simulation sont représentées avec chacune une couleur différente dans l'image de droite).

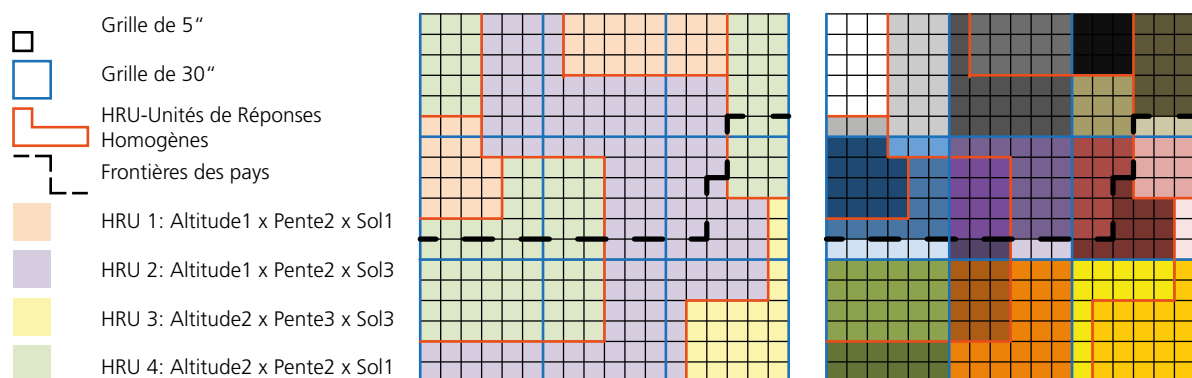


Figure 3. Eléments utilisés pour la délimitation des unités de simulation

GLOBIOM représente directement la production à partir de quatre types d'utilisation des terres -les terres cultivées, les pâturages, les forêts gérées et les plantations d'arbres à courte rotation- par des fonctions de production Leontieff⁴. Les productivités et les coûts de production varient selon le potentiel biophysique et le type de management (Herrero *et al.*, 2008; Sere et Steinfeld, 1996). Actuellement, 18 cultures, cinq produits forestiers et six produits de l'élevage (4 types de viande, les œufs et le lait) sont inclus dans le modèle.

2.2 Le modèle CongoBIOM

GLOBIOM avait déjà été adapté au contexte des pays du Bassin du Congo (CongoBIOM) en 2010 afin d'explorer l'évolution des émissions issues de la déforestation et de la dégradation forestière jusqu'en 2030 (Megevand *et al.*, 2012; Mosnier *et al.*, 2012). C'était un modèle régional couvrant 6 pays : le Cameroun, la République du Congo, la République Centrafricaine, la République Démocratique du Congo, le Gabon et la Guinée Equatoriale, et relié aux autres régions du modèle par le commerce.

Les résultats montraient un fort impact du développement des routes sur la déforestation qui était trois fois plus élevée après la réalisation des routes planifiées en 2030. Contrairement au résultat attendu, l'amélioration de la productivité agricole augmentait également la déforestation dans le Bassin du Congo. La chute des prix qui résultait de l'introduction de pratiques plus performantes stimulait la consommation alimentaire au-delà de la production atteignable par le seul progrès technique, devant ainsi être satisfaite en partie par une augmentation des terres cultivées. L'augmentation de la demande en biocarburants ou l'augmentation de la consommation de viande au niveau mondial entraînait également une augmentation de la déforestation dans le Bassin du Congo car cela faisait augmenter les prix mondiaux des produits agricoles. Le prix des importations étant plus cher, la production locale augmentait à travers une expansion des terres agricoles pour pouvoir compenser une réduction des importations alimentaires.

Enfin, l'introduction d'une limite sur les émissions issues de la déforestation au niveau mondial montrait une forte réduction de la déforestation en premier lieu dans le Bassin du Congo, où le coût d'opportunité de la terre était moins élevé que dans les autres régions tropicales. Cependant, sans mesures complémentaires pour stimuler la production agricole, cela entraînait une augmentation des prix alimentaires dans la région et une augmentation des importations alimentaires. Dans le cas où une politique de limitation des émissions était introduite dans les autres pays mais pas dans le Bassin du Congo, les résultats montraient un risque important de fuite (« leakage ») des émissions vers le Bassin du Congo où la déforestation augmentait.

Les participants à l'atelier de restitution de l'étude avaient mentionné plusieurs limites de l'étude. Nous avons essayé d'améliorer ces aspects dans cette nouvelle étude :

- « En réalité, les décisions politiques sont prises au niveau des pays et pas au niveau de la région COMIFAC, il serait donc souhaitable de développer des modèles nationaux pour informer le processus REDD+. » cf. section 2.3.
- « L'élevage s'étend dans les zones non-forestières et pousse les cultures dans la forêt. Il faudrait intégrer les activités d'élevage dans le modèle. » L'élevage est maintenant représenté de manière explicite (Havlik *et al.*, 2014) cf. section 5.3.

4 La fonction de production de type Leontieff est une fonction de production où les intrants sont parfaitement complémentaires. Cela signifie que la part de chaque intrant pour la production d'une unité de produit est fixe.

- « Les gouvernements de la région cherchent à développer les mines qui pourraient devenir un facteur de déforestation dans le futur. » Nous avons essayé de collecter des données sur le secteur minier dans le Bassin du Congo. Cependant il reste difficile de faire des projections sur le développement futur des mines sur la base des permis d'exploration qui ont été attribués.
- « Il y a besoin de plus de renforcement de capacités dans le Bassin du Congo sur les questions de REDD+. » Plusieurs ateliers, au niveau sous régional et au niveau national ont été tenus à la fois pour présenter les résultats et discuter des hypothèses du modèle mais également afin d'améliorer la compréhension des mécanismes de déforestation et de dégradation forestière et leur quantification dans l'approche de modélisation (cf. section 3).

2.3 Le modèle GLOBIOM-CMR

Pour le projet REDD-PAC il a été décidé d'élargir le modèle sous régional à l'ensemble des pays de la COMIFAC (les 6 pays nommés ci-dessus plus le Rwanda, le Burundi, et le Chad⁵) et de développer des modèles nationaux pour 3 pays pilotes : la RDC, la République du Congo (ROC) et le Cameroun. La région COMIFAC est reliée aux autres régions de GLOBIOM tandis que le Cameroun peut également commercer avec les autres sous-régions de l'espace COMIFAC : la République du Congo, la République Démocratique du Congo, le Sud qui inclut le Gabon et la Guinée Equatoriale, le Nord qui inclut le Tchad la République Centrafricaine et l'Est qui inclut le Rwanda et le Burundi (Figure 4).

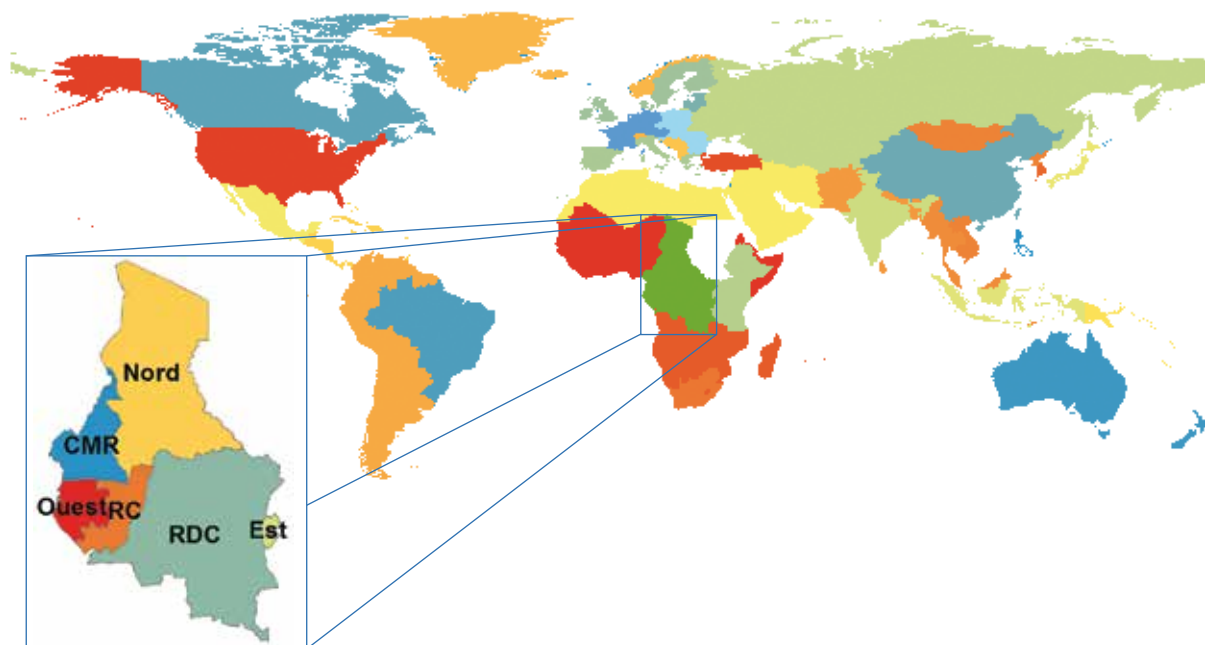


Figure 4. Le modèle GLOBIOM-CMR comme un sous-ensemble du modèle régional de la zone COMIFAC

Au total, le Cameroun comprend 239 unités de simulation dont la taille varie entre ~50.000 et 300.000 hectares (Figure 5). Toutes les données d'entrée spatiales du modèle sont intégrées au niveau de l'unité de simulation. Quelques statistiques de production sont disponibles au niveau des premier et deuxième niveaux administratifs du Cameroun (région et département). Une des premières tâches a été de calculer l'intersection de chaque unité de simulation avec chaque région/département. Le niveau de résolution de

⁵ Sao Tome et Principe fait également partie de l'espace COMIFAC mais n'est pas intégrée dans GLOBIOM à l'heure actuelle.

la grille finale du modèle pendant le processus d'optimisation est de $\sim 50 \times 50$ km, ce qui revient à agréger les unités de simulation sur la HRU. A titre de comparaison, dans les autres régions de GLOBIOM le niveau de résolution pendant les simulations est 4 fois plus élevé (200×200 km).

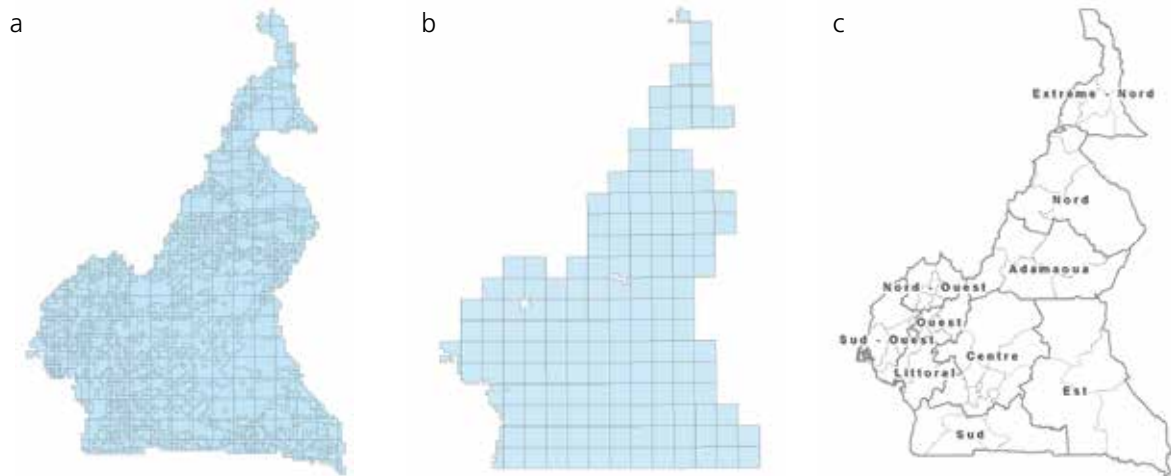


Figure 5. Les unités de simulation (a), la grille de 50x50 km (b) et les régions (c) au Cameroun

Il est très important pour les travaux de modélisation d'avoir une bonne représentation de la situation de départ. Pour GLOBIOM cela correspond à l'année 2000 tandis que les projections du modèle pour 2010 nous permettent d'évaluer la performance du modèle, c'est-à-dire si les résultats du modèle sont proches de ce qui s'est passé dans la réalité. Beaucoup d'efforts ont été mis dans la collecte de données spécifiques au CMR pour remplacer les informations issues des bases de données mondiales, dont une carte nationale d'occupation des sols, des statistiques agricoles et forestières au niveau sous-national, et les politiques nationales réglant l'usage des forêts.

La carte de couverture végétale forme la première couche d'information du modèle. La carte qui est utilisée par défaut dans GLOBIOM est la carte de Global Land Cover (GLC) qui a été réalisée par le Centre de Recherche Commun de la Commission Européenne (ou JRC pour Joint Research Center) pour l'année 2000. Les cartes de couverture végétale sont réalisées en analysant les données satellite, or l'analyse de ces données est compliquées par la forte couverture nuageuse dans le Bassin du Congo et la petite taille des parcelles agricoles.

Une attention particulière a également été portée à l'amélioration de la représentation des moteurs de la déforestation et de la dégradation forestière au Cameroun. Les cadres logiques de la déforestation et de la dégradation des forêts par secteur ont été réalisés lors d'un atelier tenu à Yaoundé avec des représentants des différents ministères et de la CN-REDD (Section 3.2).

La liste exhaustive des changements effectués dans le modèle pour cette étude est présentée en annexe.

3 Principaux drivers de la déforestation en République du Cameroun et représentation dans le modèle GLOBIOM-CMR

Une analyse préliminaire sur les moteurs de la déforestation et la dégradation des forêts avait été réalisée pour la rédaction du R-PP et a ensuite été complétée par une étude des causes approfondies de la déforestation et de la dégradation forestière en 2013. Par ailleurs dans le cadre du projet REDD-PAC, des schémas de causalité entre différents types de besoins et leur impact final sur le couvert forestier ont été élaborés par des représentants de différents Ministères qui ont participé à l'atelier REDD-PAC à Yaoundé les 21 et 22 mai 2015. Dans cette section, nous présenterons les résultats du R-PP puis les différents schémas de causalité

3.1 Moteurs de la déforestation d'après le R-PP Cameroun

Selon le R-PP, les causes directes de la déforestation sont l'expansion des surfaces agricoles, l'utilisation du bois comme source d'énergie, le non-respect des plans d'aménagement dans les concessions forestières et l'exploitation anarchique du bois, l'exploitation minière en zone forestière et le développement des infrastructures.

- **Le secteur agricole:** Le Cameroun est un pays ayant un fort potentiel agricole. Le secteur agricole emploie plus d'actifs que tout autre secteur (Institut National de la Statistique, 2011). L'agriculture itinérante sur brulis pour la subsistance est très souvent la cause la plus citée de la déforestation. Les cultures de rente principalement la cacao-culture et la caféiculture qui sont généralement implantées dans les zones forestières participent également à la déforestation et la dégradation des forêts. En 2007, on estimait la superficie occupée par le cacao et le café à 914 609 ha (MINADER, 2010). Dans certaines régions du pays (notamment les régions du Centre, du Sud-Ouest, et du Littoral), la conversion des forêts est de façon non négligeable impulsée par l'agro-industrie (Bikie *et al.*, 2000). En 2008, la culture du palmier à huile occupait 136.180 ha de terres anciennement forestières (Lebailly & Tentchou, 2009).
- **Le bois demeure la principale source d'énergie domestique des ménages** urbains et ruraux au Cameroun qui s'en servent pour la cuisson, l'éclairage et dans une moindre mesure le chauffage. On estime que près de 53 % de la population camerounaise utilise des combustibles solides (Dayang & Minya, n.d.). Selon des estimations de la FAO (2010, 2011) environ 9,8 millions de m³ de bois de chauffe sont collectés annuellement au Cameroun dont les trois quarts au niveau des zones forestières (Topa *et al.*, 2010). Cette forte dépendance au bois-énergie s'explique notamment par le difficile accès des ménages aux sources d'énergie alternatives (électricité, gaz) compte tenu de leur prix souvent trop élevé pour de nombreux ménages: en 2007, l'enquête ECAM3 estimait à près de 40 % la proportion de Camerounais vivant en dessous du seuil de pauvreté (Institut National de la Statistique, 2007). Il faut ajouter à cela le fait qu'une bonne partie du territoire national n'est toujours pas couvert par le réseau électrique.
- **Le développement des infrastructures** est une cause directe et indirecte de la déforestation et de la dégradation des forêts. Le Cameroun s'est inscrit dans un processus visant à atteindre l'émergence économique à l'horizon 2035. La réalisation de cette vision suppose entre autres le développement d'infrastructures routières, véritable appui au développement économique et social. Le plan directeur et la stratégie sectorielle en vigueur visent à doubler la fraction du réseau routier bitumé, de 10 % actuellement, à 19 % à l'horizon 2020. Il est également prévu une extension du réseau de chemin de fer.

- **L'exploitation forestière** tant illégale que légale constitue un des principaux moteurs de la dégradation forestière au Cameroun. Le respect des plans d'aménagement qui ont été conçus afin d'assurer la pérennisation de la ressource devrait limiter la dégradation de la forêt, mais leur application n'est pas toujours assurée. Près de 3 millions de m³ de bois sont exploités annuellement dont 25 à 30 % sont exploités illégalement pour l'approvisionnement du marché intérieur (Topa *et al.*, 2010). Une étude réalisée par le CIFOR de juillet 2008 à juin 2009 dans les villes de Yaoundé, Douala, Bertoua, Bafoussam, Kumba et Limbe a estimé à 755 000 m³ le volume de sciage artisanal provenant de l'exploitation informelle (Cerutti *et al.*, 2013).
- Hormis le pétrole, actuellement exploité en off-shore, les **prospections minières** (or, fer, nickel, uranium, etc.) n'ont pas encore abouti à des permis d'exploitation d'assez grande ampleur pour avoir des conséquences importantes en matière de déforestation et de dégradation. Cependant, de nombreuses explorations sont en cours et pourraient déboucher sur l'extraction de fer, de nickel/cobalt et de l'or. L'exploration minière est peu perturbatrice, mais l'exploitation pourrait conduire à une destruction directe des forêts ou des écosystèmes (mines à ciel ouvert, pollution au mercure, souillage des ressources en eau et des sols, etc.) et indirecte via l'installation des populations en forêt.

3.2 Schémas de causalité établis lors de l'atelier REDD-PAC à Yaoundé

Cette section s'appuie sur les schémas de causalité entre différents types de besoins et leur impact final sur le couvert forestier élaborés par des représentants de différents Ministères qui ont participé à l'atelier REDD-PAC à Yaoundé les 21 et 22 mai 2015. Pour chaque type de besoins, la chaîne de causalité jusqu'à la déforestation et la dégradation forestière est d'abord décrite. Ensuite, la manière dont cette chaîne de causalité est représentée dans le modèle est expliquée.

3.2.1 Les besoins alimentaires

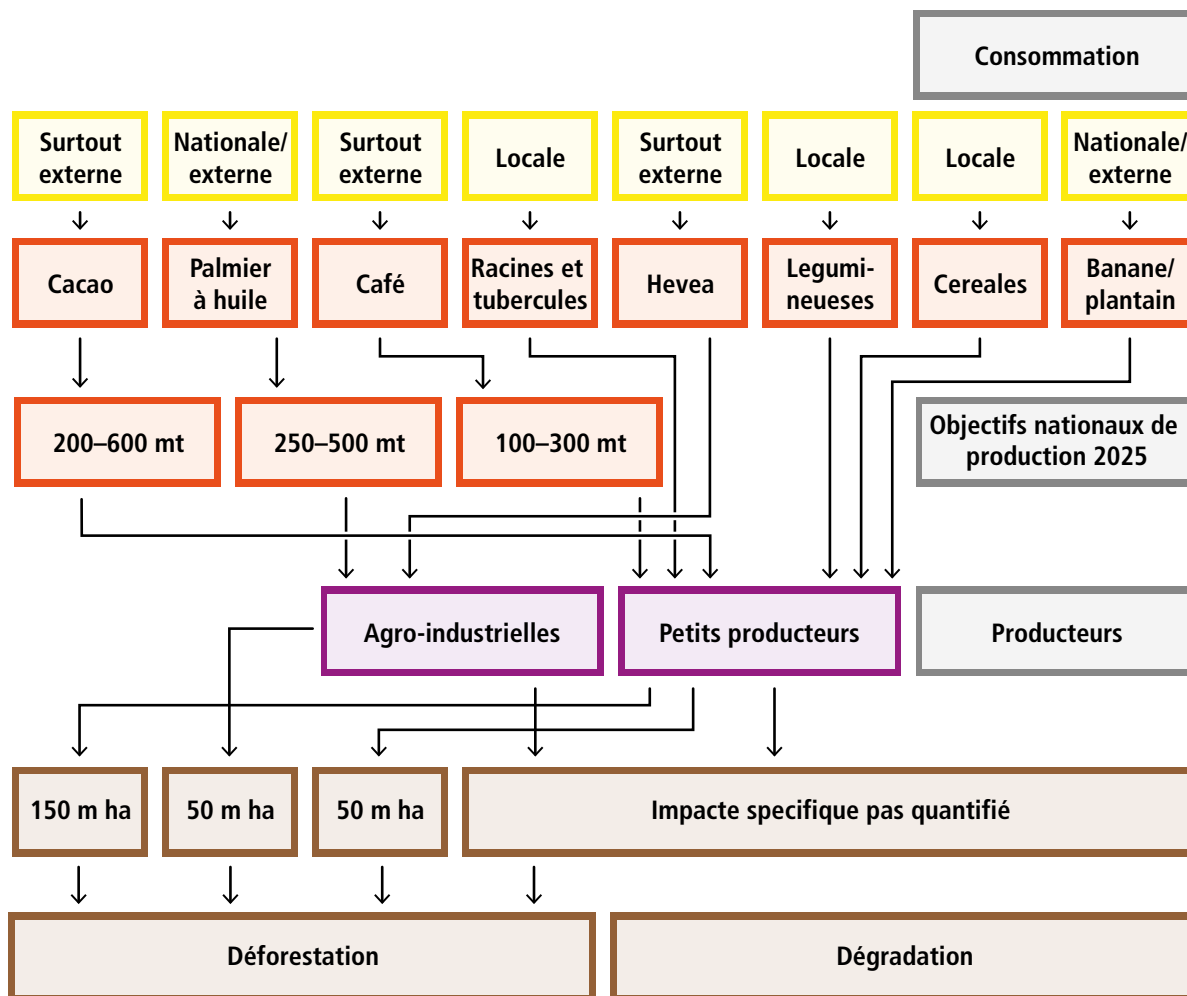


Figure 6. Les impacts des besoins alimentaires sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe

Description du schéma logique :

Les participants ont regroupé les différentes cultures en grands groupes : les cultures de rente au rang desquels le cacao, le café, l'hévéa et le palmier à huile ; les racines et tubercules dans lesquelles on trouve le manioc et le macabo ; les légumineuses (arachides, haricot, etc.) ; les céréales ; et les bananes (Figure 6). À l'exception du palmier à huile, les cultures de rente sont destinées au marché extérieur. La plupart de la production agricole est assurée par des petits producteurs, avec quelques plantations agro-industrielles de palmiers à huile et d'hévéa. Des cibles ou objectifs de production à l'horizon 2025 ont été fixés sur le plan national par le Ministère de l'agriculture. Ces objectifs de production concernent le cacao (600 000 tonnes), le café (300 000 tonnes) et le palmier à huile (500 000 tonnes). Pour ces trois cultures, les participants estiment une déforestation probable de 250 000 ha. Les autres cultures sont majoritairement destinées au marché local et leur expansion pourrait aussi résulter en une déforestation.

Représentation dans le modèle : Dans le modèle, l'évolution des besoins en terres agricoles est le principal moteur de changements d'utilisation des terres. Les terres agricoles comprennent les terres cultivées

comme mentionné ci-dessus mais également les pâturages pour l'élevage. Les besoins sont déterminés par l'évolution de la population mais aussi l'évolution des revenus : plus on est riche et plus on a tendance à augmenter sa consommation alimentaire totale et plus particulièrement sa consommation de viande. Dans le modèle on distingue également les besoins de la population urbaine (définition : villes >300 000 habitants), qui peuvent être satisfaites soit par la production locale soit par des importations alimentaires selon ce qui coûte le moins cher, et la population rurale qui doit produire une part importante de sa consommation alimentaire. La fertilité des sols et le climat sont pris en compte à travers la productivité des cultures (en tonnes par hectare) telle qu'estimée par le modèle EPIC⁶. Cette productivité varie à l'intérieur du pays selon les conditions climatiques, la topographie et les types de sol. Le développement des infrastructures réduit les coûts de transport du lieu de la production vers les centres de consommation ce qui incite à la fois les consommateurs à augmenter leur consommation car les produits coûtent moins cher et les producteurs à augmenter leur production car ils peuvent avoir des prix plus avantageux. Pour le café, le cacao et les autres cultures pérennes, l'évolution des surfaces est déterminée de manière exogène par la croissance de la population car les marchés (consommation et production dans les autres pays du monde) ne sont pas représentés pour ces cultures dans GLOBIOM.

3.2.2 Les besoins en énergie

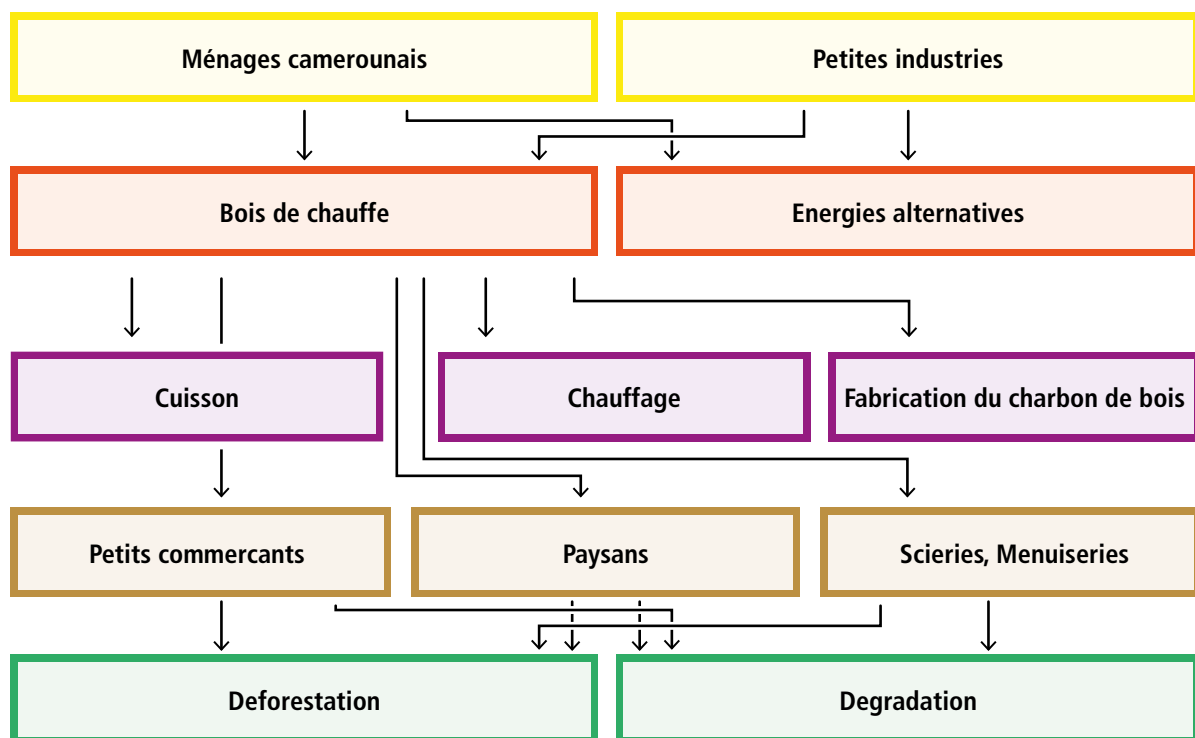


Figure 7. Les impacts des besoins en énergie sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe

Description du schéma logique : Les participants de l'atelier ont identifié deux grands groupes de consommateurs de bois de chauffe au Cameroun à savoir les ménages et les petites industries, principalement pour les besoins de cuisson, chauffage et séchage. Bien souvent, en ville c'est le charbon de bois qui est utilisé plus que le bois de feu. Il existe d'autres alternatives au bois de chauffe et dans les villes du Cameroun une part croissante des ménages utilise le gaz et l'électricité. On compte parmi les producteurs,

⁶ Voir www.iiasa.ac.at/EPIC

les petits commerçants, les paysans et les scieries. La consommation de bois de chauffe agit à la fois sur la déforestation et la dégradation de la forêt car les coupes qui en découlent ne sont généralement pas organisées de façon à favoriser le renouvellement des ressources (Figure 7). La collecte du bois de chauffe est particulièrement préoccupante dans les écosystèmes fragiles tels que les mangroves du Littoral et le Nord aride et en proximité de Yaoundé. Sinon en milieu forestier, on commence par la collecte de bois mort et il y a également le bois qui est déjà coupé dans le processus de défrichage des parcelles.

Représentation dans le modèle :

Dans le modèle, la demande en bois énergie dépend de l'évolution de la population totale et de la part de la population qui vit en milieu rural et en milieu urbain. En effet, le charbon est préféré par les ménages urbains car il a l'avantage d'être plus facile à transporter et à stocker, et car son rendement énergétique est le double du bois de chauffe tandis qu'en zone rurale où la ressource en bois est facile d'accès, le bois énergie domine largement. Par défaut dans le modèle, nous faisons l'hypothèse que 70 % des ménages urbains Camerounais utilisent le charbon pour la cuisson et que la population rurale utilise uniquement le bois de chauffe. Comme le charbon et le bois de chauffe ont des rendements énergétiques différents⁷ (Figure 8), nous utilisons les estimations de l'ONU quant à l'évolution de la part de ruraux et d'urbains dans la population pour calculer le rendement énergétique moyen pour la cuisson au niveau du pays (même hypothèse pour tous les scénarios). L'urbanisation croissante de la population entraînera une augmentation des besoins en bois énergie, car si la technologie de production du charbon et les foyers de cuisson restent les mêmes qu'aujourd'hui l'utilisation du charbon double les besoins en bois par rapport aux méthodes traditionnelles de cuisson en zone rurale.

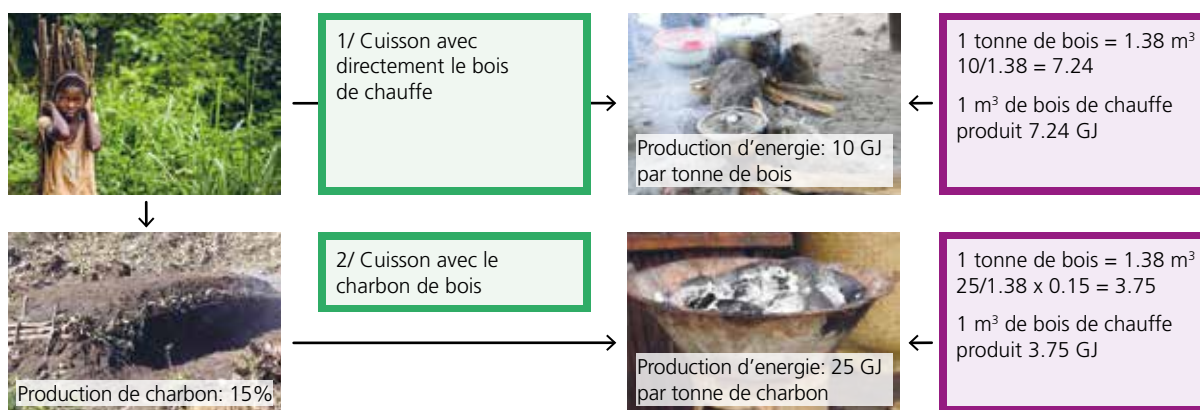


Figure 8. Conversion de bois de chauffe et de charbon en énergie pour la cuisson

Ainsi, pour calculer la demande initiale en énergie pour la cuisson nous utilisons la consommation d'énergie moyenne par habitant de 2000 en bois de chauffe (production de bois de chauffe reportée par la FAO) ajustée par la croissance de la population et le changement d'efficacité énergétique suite à une plus grande utilisation du charbon du fait de l'urbanisation croissante. Les prélèvements peuvent être associés à l'agriculture de subsistance ou être effectués de manière informelle dans les forêts non-gérées.

⁷ Le charbon de bois nécessite une première conversion du bois en charbon avant d'être converti de nouveau en énergie. Nous faisons l'hypothèse que la carbonisation se fait principalement par des meules traditionnelles de carbonisation dont le rendement pondéral moyen est estimé autour de 15 %. De plus, les braseros métalliques pour le charbon sont les plus courants modes de cuisson en ville.

3.2.3 Les besoins en bois d'œuvre

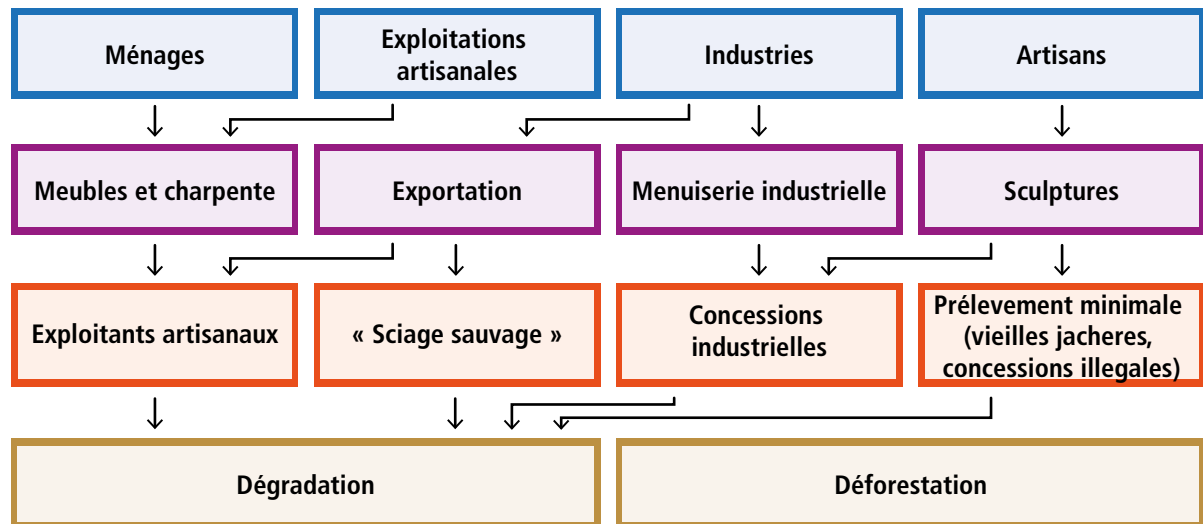


Figure 9. Les impacts des besoins en bois d'œuvre sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe

Description du schéma logique : Les participants ont identifié quatre grands groupes d'utilisateurs de bois d'œuvre: les ménages, les artisans, les industries et les exploitants artisanaux. En fait, les ménages sont réellement les utilisateurs finaux du bois d'œuvre et plus particulièrement des produits transformés du bois qui sont fabriqués par les artisans. Ceux-ci s'approvisionnent auprès de petits exploitants qui récoltent les grumes sur de vieilles jachères, des forêts communales ou communautaires ou d'autres forêts non gérées (Figure 9). Il y a également une demande extérieure, principalement de la Chine et de l'Europe pour les sciages et les tranchages qui proviennent des exploitants industriels qui sont établis sur des concessions forestières légales. Il y a donc deux secteurs de production qui approvisionnent des marchés bien différents : l'exploitation artisanale pour le marché intérieur et l'exploitation industrielle pour l'export. Les forêts communautaires et communales ont été établies avec l'objectif d'approvisionner le marché local mais à l'heure actuelle, il y a souvent un partenariat avec les industriels qui exportent. Ces différentes exploitations du bois d'œuvre concourent beaucoup plus à la dégradation de la forêt plutôt que la déforestation.

Représentation dans le modèle : En plus des éléments identifiés lors de l'atelier, le modèle prend également en compte le développement économique du pays mesuré par le produit intérieur brut (PIB) ainsi que la demande en bois d'œuvre d'autres régions du monde. Le modèle dans sa configuration actuelle ne permet que la dégradation – pas la déforestation – liée aux activités de l'exploitation pour le bois d'œuvre. Nous représentons à la fois l'exploitation formelle dans les concessions forestières où nous faisons l'hypothèse d'une exploitation durable qui permet une disponibilité constante de la ressource en bois sur la période considérée et une exploitation informelle non-durable dans les forêts non-gérées.

3.2.4 Les besoins en minerais

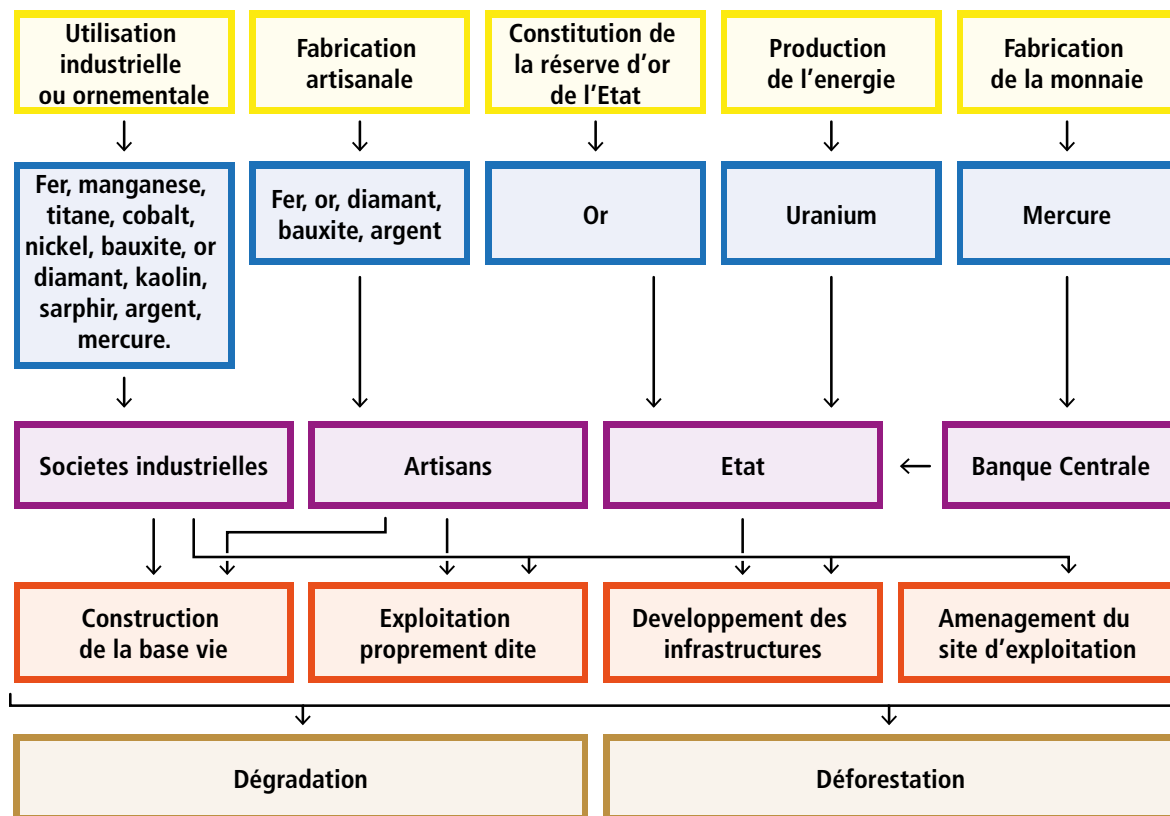


Figure 10. Les impacts des besoins en minerais sur la dégradation forestière et la déforestation – Schéma réalisé lors des travaux de groupe de l'atelier de Yaoundé

Description du schéma logique : Les besoins en minerais viennent principalement de la demande extérieure au Cameroun. Les participants ont identifié les différentes utilisations que l'on fait des minerais au Cameroun: l'utilisation industrielle ou ornementale, l'artisanat, la constitution de la réserve d'or de l'Etat, la production d'énergie et la fabrication de la monnaie. Pour ces différentes utilisations, quatre grands acteurs interviennent : les sociétés industrielles, les artisans, l'Etat et la Banque Centrale. En général l'exploitation des minerais participe de façon directe à la destruction de l'écosystème. Mais ce sont principalement les impacts indirects, à travers les aménagements qui se font autour des sites d'exploitation, notamment pour faciliter l'accès et l'exploitation, qui contribuent à la dégradation de la forêt et à la déforestation. De ces aménagements on peut citer le développement des infrastructures (routes et autres), la construction des bases vie, et l'aménagement proprement dit des sites d'exploitation (Figure 10).

Représentation dans le modèle : Le module « mines » est en cours de développement. Une fois que les données spatiales concernant ces activités minières seront disponibles, l'approche de modélisation qui est envisagée est d'estimer les impacts directs en fonction de la taille de la mine et du type de minerai exploité et indirects selon le nombre de travailleurs multiplié par la taille moyenne d'un ménage Camerounais. Cela donnera lieu à l'émergence d'une demande alimentaire et en énergie nouvelle au niveau local qui pourra être satisfaite selon les mécanismes décrits ci-dessus. Les infrastructures planifiées dans le cadre de l'exploitation minière peuvent également être intégrées dans le calcul de réduction des coûts de transport.

4 La carte d'utilisation des terres

4.1 Carte de végétation existantes

■ **Global Land Cover (GLC)**

La carte Global Land Cover 2000 a été réalisée par le Centre Commun de Recherche en utilisant les images satellite du programme SPOT 4 VEGETATION 1 entre novembre 1999 et décembre 2000⁸ et le système de classification des types de végétation de la FAO (Di Gregorio et Jansen 2000). En tout, 22 classes de végétation ont été cartographiées. Des cartes régionales ont d'abord été réalisées (cf. Mayaux *et al.*, 2003 pour l'Afrique) puis fusionnées pour créer une carte mondiale à une résolution spatiale de 1km à l'Equateur.

■ **GlobCover**

Le projet GlobCover a commencé en 2005 sur une initiative de l'Agence Spatiale Européenne en collaboration avec le Centre de Recherche Commun, la FAO, le PNUE, l'initiative GOF-C-GOLD et le Programme International pour la Géosphère-Biosphère (IGBP). Les images satellite à haute résolution de ENVISAT-MERIS acquises entre Décembre 2004 et Juin 2006 ont été utilisées pour produire une carte de végétation mondiale à une résolution spatiale de 300m (Defourny *et al.* 2006). La classification repose comme GLC2000 sur la classification de la FAO (22 classes) mais est étendue à 51 classes.

■ **MODIS collection 5**

La carte de végétation MODIS a été réalisée par l'Agence Spatiale Américaine (NASA) sur la base d'images satellite MODIS. Les cartes mondiales de végétation ont été produites pour chaque année entre 2000 et 2010 à une résolution spatiale de 500m. Comme l'année de base du modèle GLOBIOM est l'année 2000, nous utilisons ici la carte MODIS pour 2000. 17 classes sont cartographiées selon la classification faite par Programme International pour la Géosphère-Biosphère (IGBP).

■ **UCL**

Cette carte comprend 8 pays du Bassin du Congo le Cameroun, la République du Congo, la République centrafricaine, la RDC, le Gabon, la Guinée Equatoriale, le Burundi et le Rwanda- en utilisant des données satellite de ENVISAT-MERIS d'une résolution spatiale de 300m collectées entre Décembre 2004 et Juin 2006, et des images de SPOT VEGETATION collectées entre 2000 et 2007 à un niveau de résolution de 1 km (Verhegghen *et al.*, 2012). 20 classes ont été distinguées sur la même base que la typologie de la FAO.

4.2 Carte hybride

Pour le Cameroun, 4 cartes décrites précédemment ont été analysées : GLC2000, Globcover, MODIS et UCL2010. Une première étape afin de pouvoir mieux comparer les cartes existantes a été de les agréger dans les mêmes classes de végétation (www.geo-wiki.org pour la visualisation). On distingue les classes de végétation suivantes : les terres cultivées, les prairies, les forêts humides, les forêts sèches, les forêts inondées, les autres zones inondées et les autres terres naturelles. Enfin, il a été décidé d'utiliser plutôt une carte hybride où plusieurs cartes peuvent être mélangées pour représenter au mieux une certaine classe de couvert végétal ou une certaine région.

⁸ Voir <http://www.cnes.fr/web/1468-vegetation.php>

Les incertitudes sont grandes quant à l'utilisation actuelle des terres au Cameroun, particulièrement pour les terres agricoles (Figure 11 et Figure 12). La surface totale de terres cultivées varie entre 5.7 et 8.2 millions d'hectares entre les quatre cartes de végétation étudiées. Les surfaces totales des terres cultivées sont relativement proches entre les cartes GLC, UCL et GLOBCOVER tandis que la carte MODIS tend à estimer une surface plus faible. Si toutes les cartes estiment une forte présence des terres cultivées dans l'Extrême Nord du pays, il y a de fortes différences pour les autres régions. La carte GLC identifie les terres agricoles principalement dans le Sud-Ouest, tandis que les cartes UCL et GLOBCOVER identifient des zones assez larges de terres agricoles dans le Centre, l'Ouest et le Littoral. D'après la carte MODIS, les terres agricoles sont plus concentrées autour de Yaoundé et dans l'Ouest du pays.

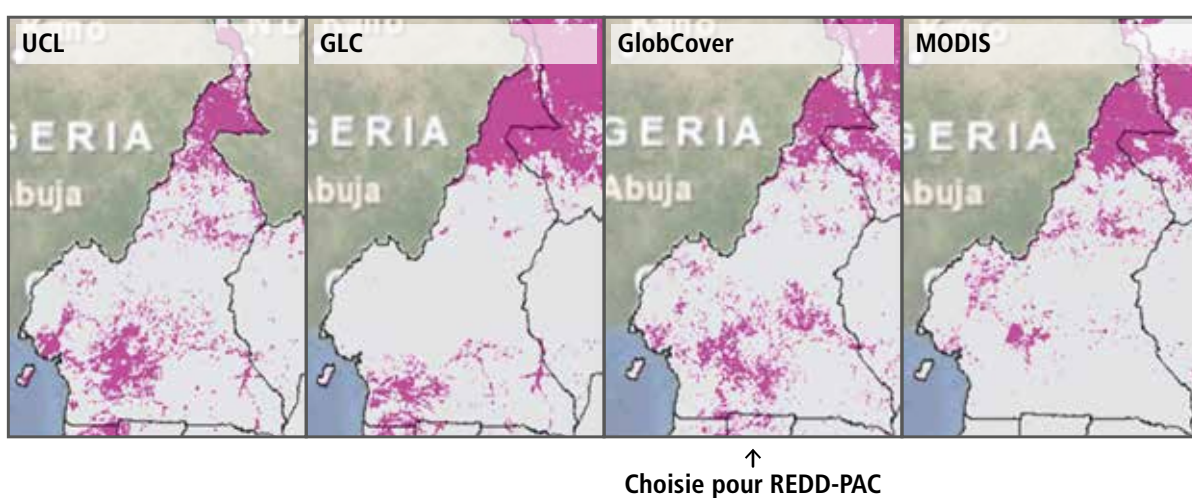


Figure 11. Localisation des terres arables au Cameroun selon différentes sources

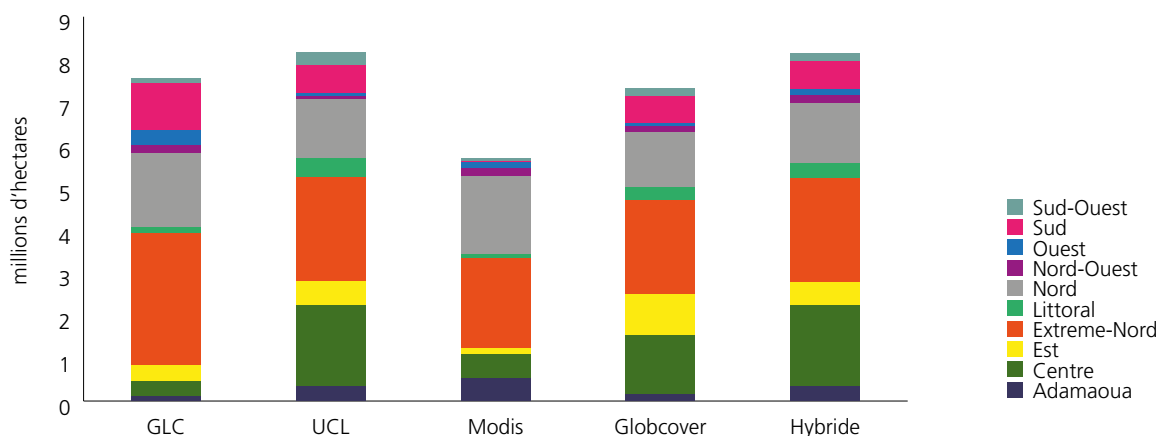


Figure 12. Répartition des terres arables par région selon différentes cartes de végétation

Pour les terres forestières, la surface totale varie entre 20.2 et 35.9 millions d'hectares selon les cartes (Figure 13). La principale différence pourrait cependant s'expliquer par l'utilisation de seuils différents pour définir la forêt, notamment pour les forêts sèches de la moitié Nord du Pays (Adamaoua, Nord et Extrême-Nord; Figure 14). En effet, les estimations pour les surfaces de forêt humide sont proches entre les différentes cartes. En juillet 2015, le Cameroun a défini la forêt comme une couverture forestière minimale de 10 %, une hauteur minimale de 3 m à maturité et une superficie minimale de 0,5 hectare. Cela correspond à une définition assez large de la forêt qui comprend également les forêts sèches et la plupart des savanes arbustives.

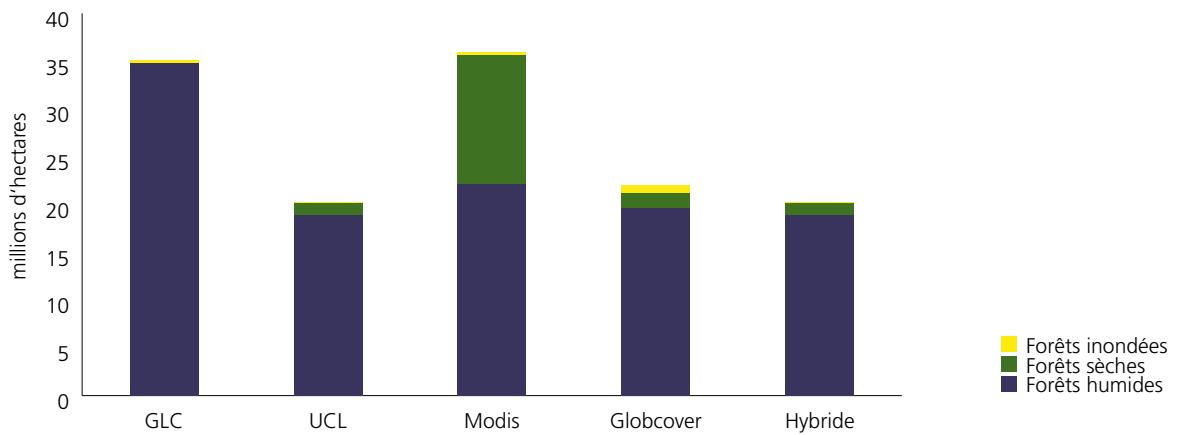


Figure 13. Répartition par type de forêt selon différentes sources

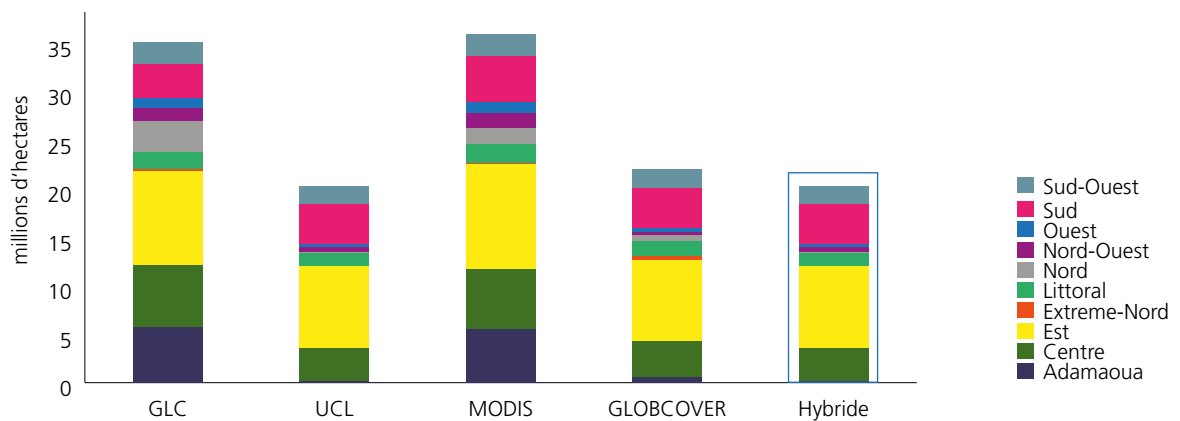


Figure 14. Répartition des surfaces forestières par région selon différentes cartes de végétation

Sur la base des discussions avec les experts nationaux la carte UCL a été retenue comme étant la plus fidèle à la réalité sauf pour les terres arables dans la région du Sud-ouest où la carte GLOBCOVER a été utilisée et les terres arables dans les régions de l’Ouest et du Nord-ouest où c’est la carte MODIS qui a été préférée. La répartition des principales classes de végétation dans la carte hybride est présentée dans la Figure 15 et est indiquée comme « hybride » dans les graphiques précédent.

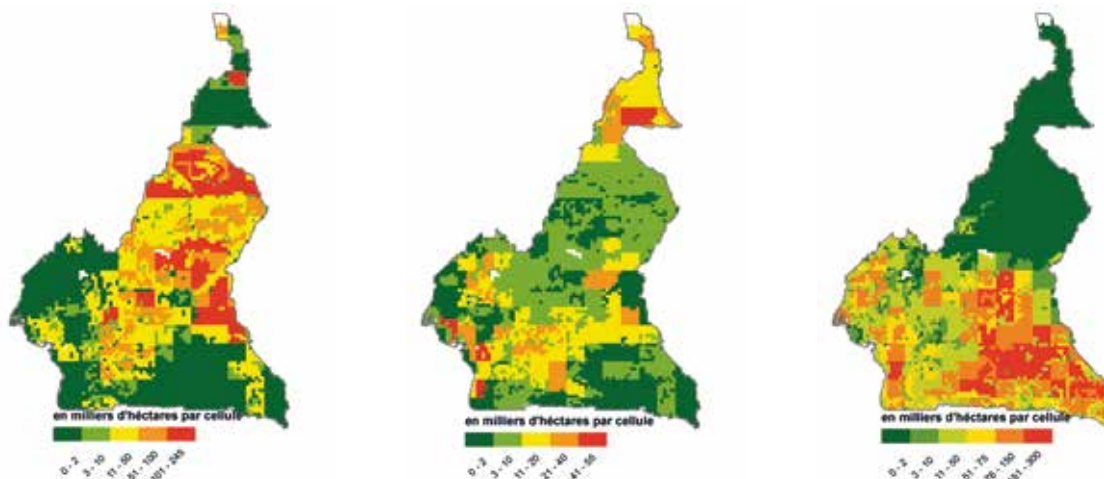


Figure 15. Carte hybride pour le Cameroun : part des unités de simulation couverte par les autres terres naturelles (gauche), les terres cultivées (centre) et la forêt humide (droite).

4.3 Harmonisation de la carte de végétation avec les différents usages

Dans un deuxième temps, les cartes d'aires protégées et de concessions forestières, et les statistiques agricoles ont été utilisés pour décomposer ces types de couverture végétale entre différents usages. Les terres cultivées sont réparties entre chaque culture et les jachères, les prairies sont différenciées selon qu'elles sont utilisées pour l'élevage (pâturages) ou non (autres terres naturelles), et les forêts exploitées sont séparées des forêts non exploitées.

4.3.1 Les concessions forestières et les aires protégées

La carte des concessions forestières et des aires protégées qui a été intégrée dans le modèle pour l'année de base 2000 provient de l'Atlas Forestier Interactif du Cameroun de WRI datant de 2008. La surface sous concessions forestières attribuées était de 6.5 millions d'hectares et les aires protégées couvraient environ 5.2 millions d'hectares (Figure 16).

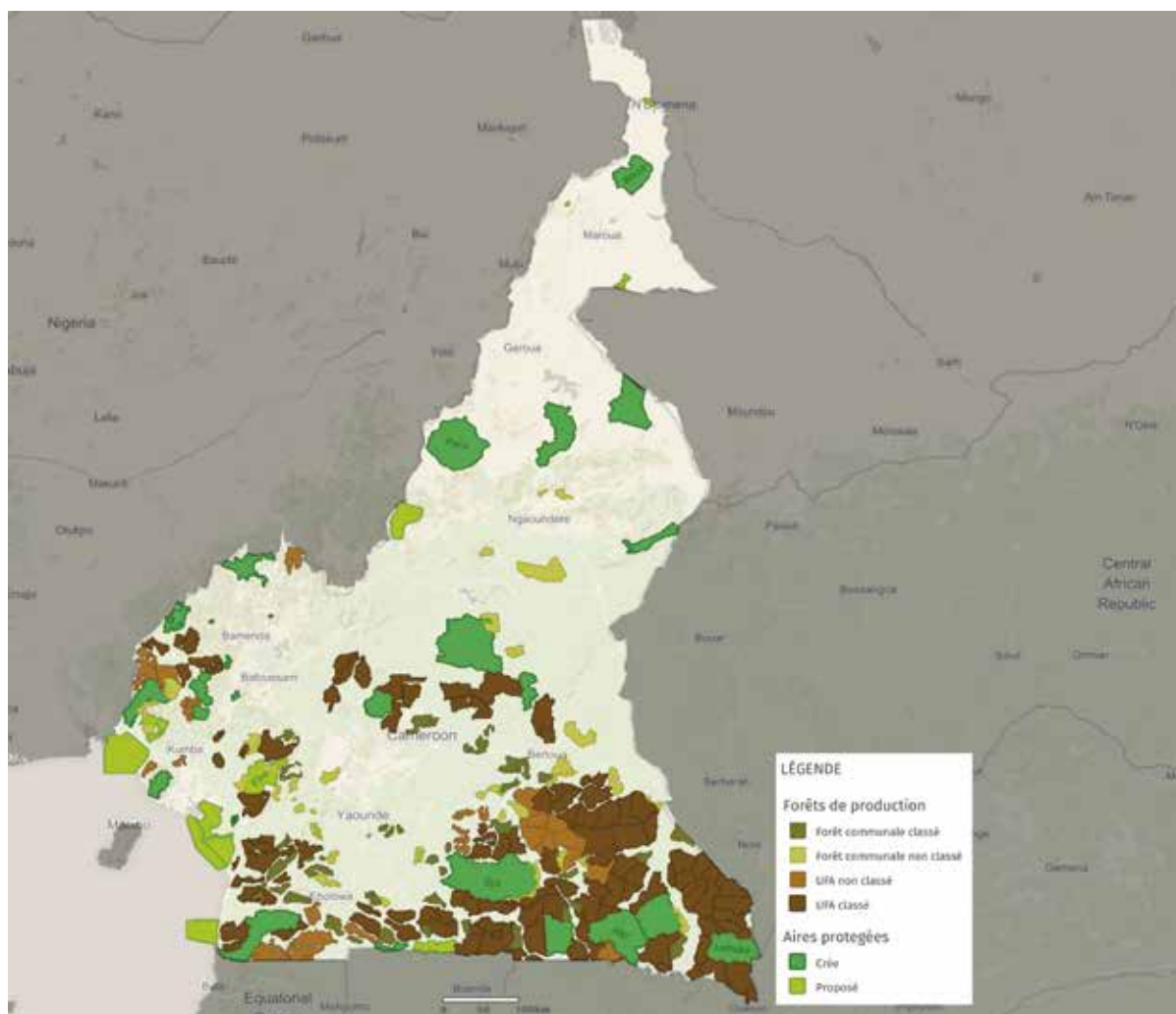


Figure 16. Les concessions forestières et les aires protégées répertoriées en 2015 au Cameroun par WRI

Nous observons parfois un chevauchement des concessions forestières et des aires protégées. Afin d'assurer la même superficie totale par unité spatiale, dans le cas où la surface sous concessions plus la surface sous aire protégée dépasse la superficie totale de l'unité de simulation, nous faisons l'hypothèse que

la surface forestière à l'intérieur de l'aire protégée est exploitée par le concessionnaire forestier et la surface est donc retirée de la surface initiale de l'aire protégée (Figure 17). Cela explique pourquoi la surface d'aires protégées dans le modèle peut être inférieure à la surface officielle (Tableau 1). Pour le Cameroun, cela réduit la surface totale d'aires protégées de 3.2 %. Les aires protégées sont ensuite réparties par classe de végétation : dans le modèle, 76 % de la superficie des aires protégées sont comprises dans la classe forêts dont 72 % dans la classe de végétation « forêts humides ».

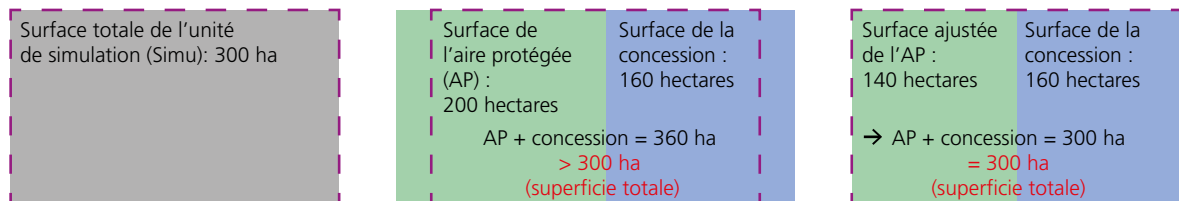


Figure 17. Procédure d'ajustement des aires protégées (AP) s'il y a un chevauchement avec une concession forestière

Nous rappelons ici que les forêts exploitées dans le modèle correspondent uniquement aux concessions forestières. Nous faisons l'hypothèse que ces forêts sont gérées durablement, c'est-à-dire avec des taux de prélèvement qui assurent une disponibilité constante de la ressource dans le futur. Ce mode d'exploitation est en train de se généraliser dans le Bassin du Congo avec le développement des plans d'aménagement. Nous ne prenons en compte que les forêts humides à l'intérieur des concessions forestières. La surface de base dans la classe « forêts exploitées » peut donc être inférieure à la surface totale sous concessions forestières si les concessions englobent également d'autres types de végétation comme par exemple des zones de forêts inondées (Tableau 1). Les concessions forestières non attribuées et les forêts communales sont intégrées dans la classe « forêts non exploitées ».

Tableau 1. Comparaison de la superficie totale initiale et intégrée dans le modèle pour les forêts exploitées et les aires protégées au Cameroun (en millions d'hectares)

	Données initiales	Total dans le modèle	Dont forêts humides	Dont forêts inondées	Dont forêts sèches	Dont autres terres naturelles
Aires protégées	5.2	5.05	3.6	0.12	0.12	1.2
Forêts exploitées	6.5	6.4	6.4	0	0	0

Au total dans le modèle, ce sont donc presque 12 millions d'hectares de forêts qui ne peuvent pas être converties à d'autres usages grâce aux concessions forestières et aux aires protégées, ce qui représente plus de la moitié de la surface totale de forêts du Cameroun.

4.3.2 Les surfaces cultivées par l'agriculture familiale

Au Cameroun, les statistiques agricoles sont plus développées que dans les autres pays de la sous-région mais des efforts restent encore à faire en ce qui concerne leur niveau de détail et leur périodicité. Nous avons tout d'abord exploité les données fournies par les annuaires statistiques du Ministère de l'agriculture et du développement rural (MINADER). Ces annuaires donnent des renseignements par région sur les quantités produites, les surfaces cultivées et le nombre de récoltes par an (ou cycles) entre 2000 et 2010. Les cultures couvertes sont : les bananes douces, les bananes plantains, le manioc, le macabo, l'igname, le haricot, le niébé, la tomate, l'oignon, l'ananas, le maïs, l'arachide, la pomme de terre, la patate douce, le riz, le soja, le mil-sorgho, le café, le cacao et le palmier à huile. Pour le café et le cacao, cependant, les statistiques sont seulement disponibles au niveau national pour la production et au premier niveau administratif (région) pour les surfaces.

On remarque que la série temporelle de statistiques agricoles entre 2000 et 2010 a plusieurs « casures ». La première est la chute des surfaces et de la production pour toutes les cultures en 2005. Nous nous demandons si ce n'est pas dû à un changement dans les méthodes d'estimation des statistiques. En effet, nous remarquons également un changement dans le format des statistiques agricoles : à partir de 2005 le nombre de cycles n'est plus mentionné. Il y a de nouveau un changement de format des statistiques agricoles en 2009 où les statistiques ne sont plus renseignées par département mais seulement par région. Il est donc difficile de savoir comment interpréter les changements observés sur la période 2000–2010.

Toutes les cultures renseignées dans les statistiques nationales ne sont pas intégrées dans GLOBIOM. Afin de couvrir le plus d'activités possibles pour lesquelles nous disposons de statistiques nous avons décidé :

- d'ajouter le macabo et l'igname au manioc ;
- d'ajouter le café et le cacao séparément ;
- d'ajouter une catégorie « autres cultures » qui contient les bananes douces, les bananes plantains, le caoutchouc et le thé.

En termes de répartition spatiale de ces cultures sur le territoire camerounais, on observe que la culture de l'arachide et du maïs est importante partout au Cameroun (Tableau 2). Par contre, il y a une distinction assez forte selon la zone climatique pour le mil-sorgho qui est très important dans les zones sèches du Cameroun comme le Nord et l'Extrême Nord tandis que le manioc, la banane et le macabo sont plus cultivés dans les zones humides du pays. Les haricots/niebé sont localement importants dans l'Ouest et l'Extrême Nord. D'après l'étude du Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies (PAM, 2007), une part importante des ménages ruraux sont engagés dans des cultures de rente au Cameroun (~40 % ;). Pour le choix de la culture de rente, on observe également une forte influence de la zone agro-écologique avec le coton au Nord du pays, le cacao dans les zones forestières et le palmier à huile dans le Littoral et Sud-Ouest.

Tableau 2. Part des ménages qui cultivent chaque culture dans chaque région du Cameroun

	Arachide	Banane	Cultures maraichères	Haricot/niebé	Igname	Macabo	Maïs	Manioc	Mil
Adamaoua	+	+	+	+		+	+++	+++	
Centre	+++	+++	+		+	+++	++	+++	
Est	+++	+++				++	++	+++	
Extrême-Nord	++			++			++		+++
Littoral	++	+++		+	+	+++	+++	+++	
Nord	+++			+			+++		+++
Nord-Ouest	++	+	+	+++	+	++	+++	++	
Ouest	++	+	+	+++		+	+++	+	
Sud	+++	++				++	+++	+++	
Sud-Ouest	+	+++	+		+	+++	+++	+++	
Total	++	+	+	++	+	++	+++	++	++
Ménages Ruraux	32 %	19 %	4 %	23 %	5 %	20 %	55 %	29 %	30 %

+ >4 % et <20 %, ++ >20 %, +++ >50 %; Source : PAM, 2007

Pour obtenir les surfaces agricoles totales, il faut également ajouter les jachères. Nous faisons l'hypothèse que le temps de jachère diminue avec la densité de population. On considère trois seuils :

- pour une densité de population en-dessous de 20 habitants par km², 2 ans de mise en culture sont suivis de 7 ans de mise en jachère (*coefficient multiplicateur des terres cultivées est égal à 4.5*),
- pour une densité de population entre 20 et 30 habitants par km², 2 ans de mise en culture sont suivis de 5 ans de mise en jachère (*coefficient multiplicateur des terres cultivées est égal à 3.5*),
- pour une densité de population au-dessus de 30 habitants par km², 2 ans de mise en culture sont suivis de 3 ans seulement de mise en jachère (*coefficient multiplicateur des terres cultivées est égal à 2.5*).

Le temps de jachère varie également en fonction des zones agro-écologiques et des cultures. La restauration de la fertilité des sols à travers des jachères longues est particulièrement répandue dans les zones de forêt humide mais dans les zones de savane, le temps de jachère est généralement moins long. Nous avons fait l'hypothèse que dans les zones sèches et tempérées, le temps de jachère était de seulement deux ans. Pour le palmier à huile, le cacao, le café et les bananiers, nous ne prenons pas en compte les jachères.

Enfin, dans certains cas, la surface en terres arables donnée par la carte de végétation n'est pas suffisamment grande pour contenir à la fois les surfaces cultivées pour chaque culture telles que reportées dans les statistiques au niveau des départements, et les terres sous jachères. Cela peut refléter des erreurs dans les statistiques et/ou dans la carte de végétation et/ou dans le temps de jachère que nous supposons. Le problème se pose pour les régions de l'Ouest, du Sud-Ouest et du Nord-Ouest et pour les départements du Haut-Nyong, de la Sanaga Maritime, et de Lebiallem. Dans ces cas-là, le temps de jachère a été raccourci et nous avons supposé que le mode de production sur ces surfaces agricoles est plus intensif. La Figure 18 montre l'hétérogénéité du coefficient multiplicateur des terres cultivées qui correspond aux jachères compte tenu des différentes pratiques de jachère à travers le pays.

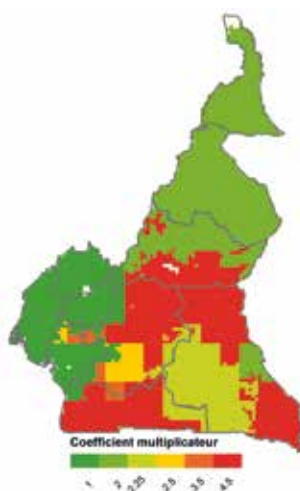
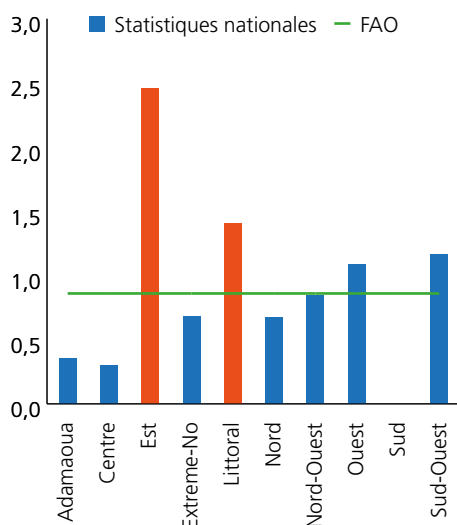


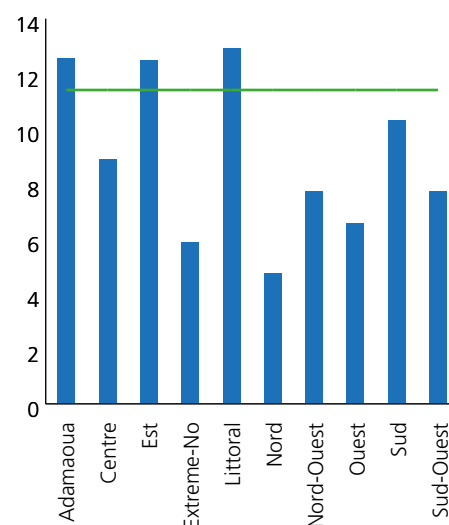
Figure 18. Coefficient multiplicateur des terres cultivées pour prendre en compte les différents temps de jachère

Pour les rendements agricoles, nous avons utilisé les rendements moyens par région en 2000 que nous avons calculés sur la base des statistiques nationales (Figure 19). Pour certaines cultures et régions (indiquées en rouge sur la figure), les rendements régionaux ont été remplacés par le rendement moyen national de la FAO.

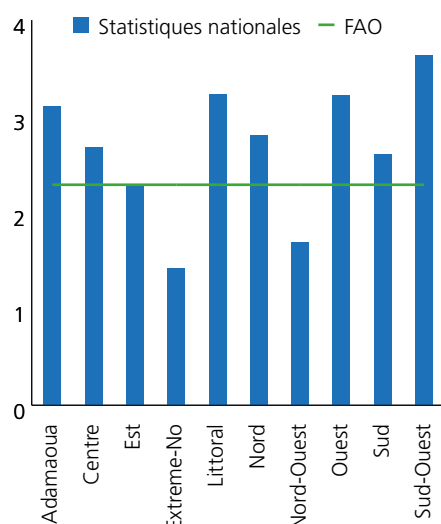
Haricots



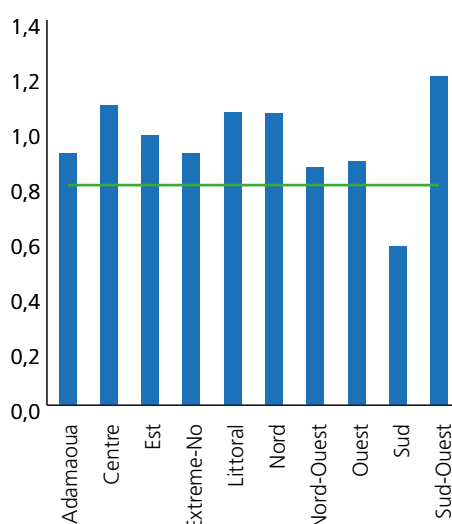
Manioc



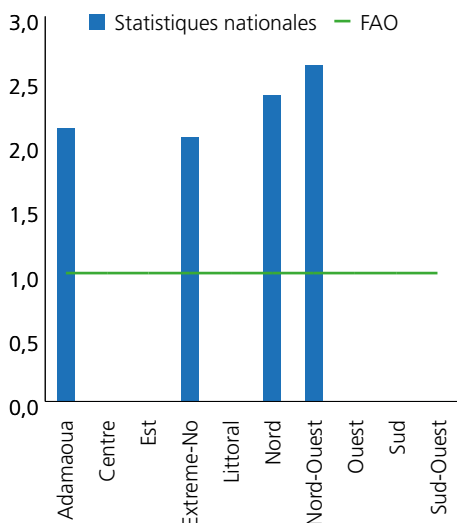
Maïs



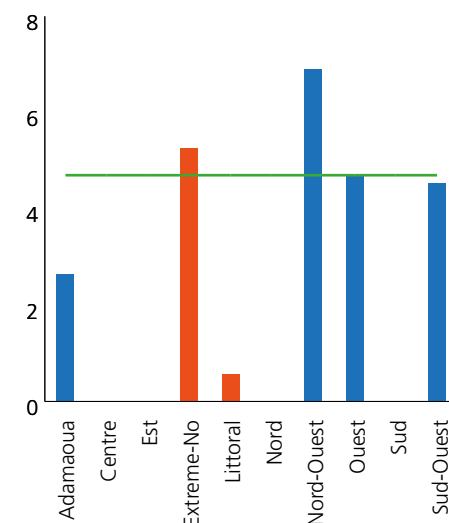
Arachide



Mil



Pommes de terre



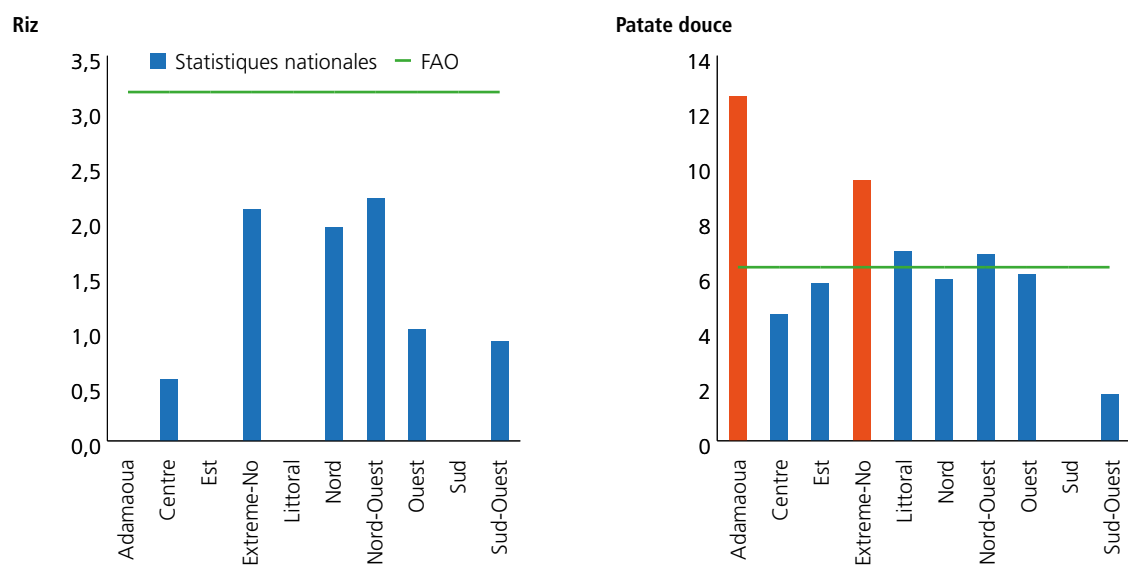


Figure 19. Rendements moyens par région et par culture en 2000 d'après le Ministère de l'Agriculture du Cameroun et rendement moyen FAO (en tonnes/ha)

4.3.3 Les plantations agro-industrielles

Nous avons également utilisé une carte des concessions agro-industrielles existantes pour le Cameroun (Figure 20). Ce sont majoritairement des concessions pour la culture de palmiers à huile mais il y a également deux grandes concessions d'hévéa dans le Sud et une grande concession de canne à sucre dans le Centre. Il n'y a pas de jachère associée avec les plantations agro-industrielles.

	Canne à sucre	Hévéa	Palmiers à huile	Autre	TOTAL
Centre	64.7	2.3	9.9	0.2	77.1
Est	31.3	1.8			33.1
Littoral		3.9	50.5	9.0	63.4
Nord-Ouest				2.9	2.9
Ouest				0.9	0.9
Sud		99.2	22.5	3.2	125.0
Sud-Ouest		4.1	58.7	10.9	73.7
TOTAL	96.0	111.3	141.6	27.2	376.0

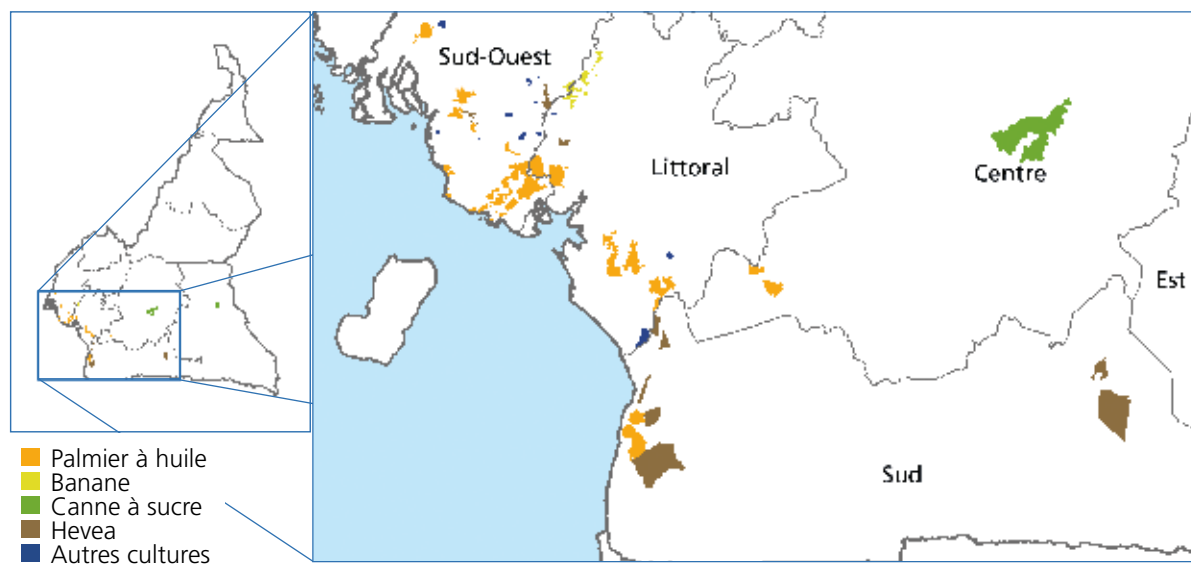


Figure 20. Localisation des concessions agro-industrielles au Cameroun et surfaces correspondantes par région en milliers d'hectares

4.3.4 Carte de potentiel du palmier à huile

De plus, afin d'améliorer la représentation et la possible expansion de la culture du palmier à huile dans le modèle, nous avons réalisé une carte mondiale de potentiel pour la culture du palmier à huile sur la base des contraintes biophysiques (Pirker *et al.*, 2016). Nous avons effectué une revue de la littérature afin d'établir les seuils minimum, optimum et maximum pour chaque critère biophysique. L'indicateur global est ensuite obtenu selon la loi du minimum c'est-à-dire qu'il prend la valeur du facteur le plus contraignant⁹. Comme plusieurs contraintes naturelles peuvent être levées avec certaines techniques de production, nous avons calculé le potentiel de production du palmier à huile selon deux cas : le premier reflète le cas des plantations agro-industrielles ou nous faisons l'hypothèse que des techniques de gestion adéquates peuvent être mobilisées (« gestion optimale »), et le deuxième cas reflète plutôt les petits producteurs qui n'ont pas les moyens d'investir dans le capital nécessaire pour aménager au préalable les plantations et qui restent donc limités par les contraintes naturelles (« gestion minimale »). Les critères biophysiques qui sont pris en compte sont listés ci-dessous.

- **Le climat** : quatre facteurs climatiques sont particulièrement importants pour le palmier à huile: la température moyenne, la température moyenne pendant le mois le plus froid de l'année, les précipitations annuelles et le nombre de mois qui reçoivent moins de 100 mm de précipitations.
- **Le type de sol** : plusieurs types de sols peuvent être problématiques pour la culture du palmier à huile : les sols naturellement pauvres en nutriments (ferralsols et acrisols), les sols salins, les sols très sableux qui ont peu de capacité de rétention d'eau (podsols), les sols rocheux qui empêchent une bonne prise des racines, les sols tourbeux, et les zones humides fréquemment inondées.
- **La topographie** : les terrains avec une forte pente augmentent le coût et l'effort de maintenance et de récolte sur les plantations ainsi que le risque d'érosion. Les zones d'altitude sont également moins propices due à des températures moins élevées.

Nos résultats montrent que le Cameroun dispose d'un total de 31,15 millions hectares de terres propices pour la culture industrielle du palmier à huile, soit 66 % de la superficie terrestre nationale (Figure 21). La plupart des terres propices à la culture du palmier à huile sont dans la classe 3/5 soit un niveau de productivité potentiel moyen. A l'exception de la zone côtière, les conditions biophysiques ne sont pas réunies au Cameroun pour avoir un très haut potentiel pour la culture du palmier à huile. Notamment les régions ou la saison sèche dépasse 2 à 3 mois le potentiel est diminué. D'un point de vue climat-topographie-sol les régions Littoral, Sud et Centre sont les plus favorables à la culture du palmier à huile. L'Adamaoua, le Nord et l'Extrême Nord sont faiblement propices voir inaptes pour la culture du palmier.

⁹ Le document qui renseigne plus en détail la méthodologie pour établir les zones potentielles de production du palmier à huile peut être téléchargé sur le lien suivant: http://www.iiasa.ac.at/publication/more_IR-15-006.php.

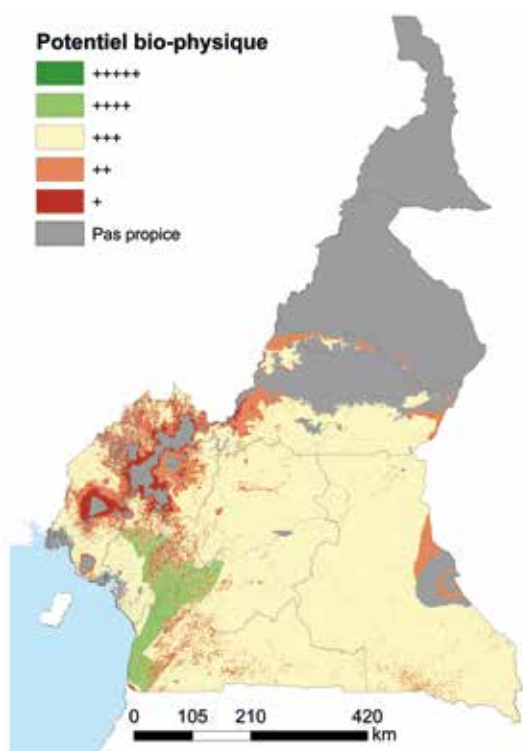


Figure 21. Carte de potentiel biophysique du palmier à huile au Cameroun (vert : très bon potentiel, jaune : potentiel moyen, rouge : faible potentiel, gris : non propice) d'après Pirker *et al.* (2016).

4.3.5 Processus d'allocation spatiale des surfaces agricoles pour l'année de base (2000) au niveau des unités de simulation

Les surfaces cultivées et les jachères sont finalement allouées au niveau des unités de simulation en utilisant une méthode de « cross-entropy » où les cartes de coûts de transport vers la ville la plus proche, les potentiels de productivité et la densité de population sont utilisés pour déterminer la localisation la plus probable des surfaces pour chaque culture. Les coûts de transport ont été calculés sur la base des infrastructures existantes (Mosnier *et al.*, 2012) et les potentiels de productivité ont été estimés par le modèle EPIC, sauf pour le palmier à huile pour lequel les cartes de potentiel décrites ci-dessus ont été utilisées. Deux contraintes additionnelles sont importantes : 1) la somme des activités par culture plus les jachères reste inférieure ou égale à la surface en terres agricoles de la carte initiale dans chaque unité de simulation et 2) la somme des surfaces cultivées dans les unités de simulation doit être égale à la surface initiale par administration.

Après ce processus, on obtient une surface en terres arables totale de 4,2 millions d'hectares en 2000 pour le Cameroun, dont un-tiers de terres sont sous jachères et un quart est occupé par les cultures pérennes (palmier à huile, café, cacao et bananiers, caoutchouc)¹⁰. La différence entre la classe « terres agricoles » de la carte de végétation initiale et les terres arables ainsi calculées est de 3,9 millions d'hectares qui sont réalloués à la classe « autres terres naturelles ». La répartition géographique des terres arables calculée reste cependant proche de la carte initiale, mais avec des superficies plus faibles par unité de simulation (Figure 22). On voit notamment sur la carte que dans la majorité des unités de simulation, la surface cultivée est comprise entre 3 et 15 % de la surface totale des unités de simulation.

10 A titre de comparaison, la FAO reporte 5,9 millions d'hectares de terres arables et 1,2 millions d'hectares de cultures pérennes.

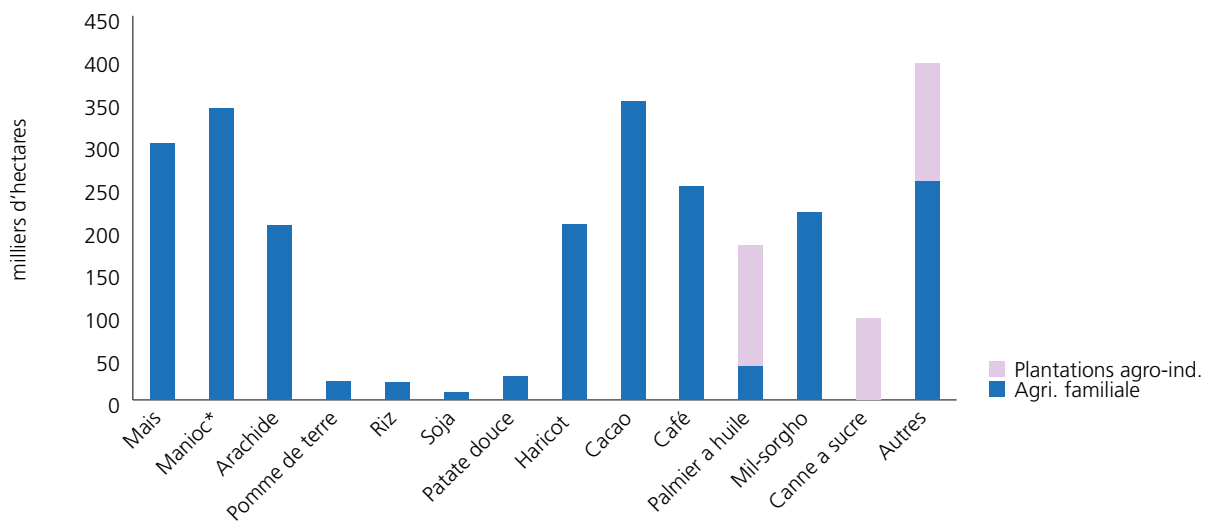


Figure 22. Surfaces en terres arables en 2000 en milliers d'hectares

4.3.6 L'élevage

Les données qui sont utilisées par défaut dans GLOBIOM sont issues de la FAO et de l'Institut international de recherche sur l'élevage (ILRI). Les statistiques de l'élevage du Cameroun ont été recueillies auprès du Ministère de l'Élevage, des pêches et industries animales (MINEPIA). Le nombre de bovins, caprins, porcins et ovins est renseigné pour les années 2005, 2008, 2009 et 2010 au niveau national et pour 2010 seulement au niveau des régions. Au niveau national, les statistiques du MINEPIA sont relativement proches des données FAO (Figure 23). Les statistiques nationales reportent des chiffres relativement plus grands que ceux de la FAO pour les bovins et les petits ruminants tandis que pour les porcins, la FAO reporte un effectif supérieur à celui des statistiques nationales. Cependant, comme nous ne pouvons pas comparer les mêmes années, il est difficile de savoir si ce n'est pas dû à l'évolution du cheptel entre 2000 et 2005.

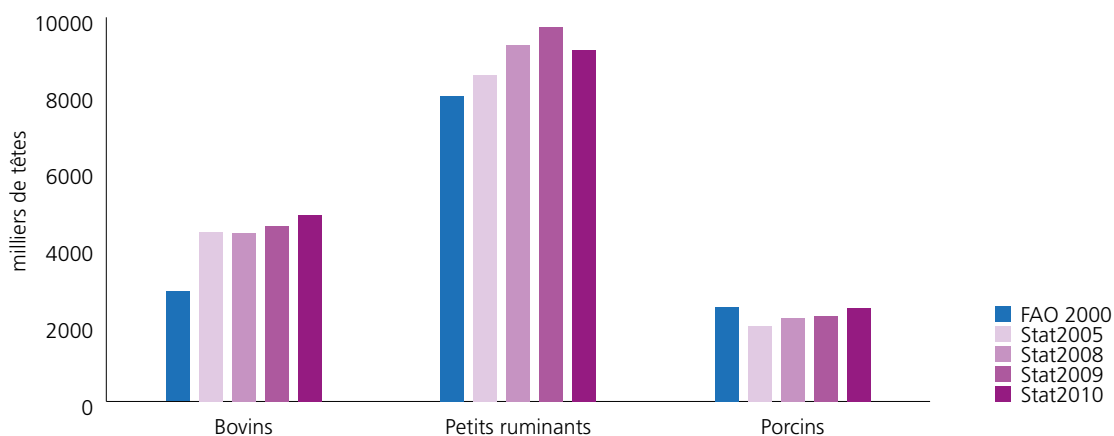


Figure 23. Comparaison des effectifs par espèce selon les sources

En termes de répartition spatiale des effectifs de bétail sur le territoire Camerounais, il y a de fortes différences entre les deux sources dans les régions du Sud-ouest, du Nord-ouest et de l'Adamaoua (Figure 24). En effet, tandis que pour FAO-ILRI, les régions de l'Adamaoua et de l'Extrême-nord regroupent respectivement 34 % et 23 % des élevages de bovins, elles ne représentent que 18 % chacune d'après les statistiques nationales. Pour les ovins et les caprins, on observe de gros écarts entre la répartition des effectifs selon les statistiques nationales et la FAO. En effet, d'après les statistiques nationales la moitié des petits ruminants

sont élevés dans l'Extrême Nord et le Nord alors que FAO-ILRI alloue une part significative des petits ruminants dans l'Est et le Centre. Après consultation avec les experts locaux, il semble que la répartition du bétail selon les statistiques nationales reflète mieux la réalité que la carte de la FAO-ILRI. Ainsi, nous avons décidé de garder le nombre de têtes de la FAO pour 2000 mais d'utiliser les parts du bétail dans chaque province d'après les statistiques nationales (Figure 25).

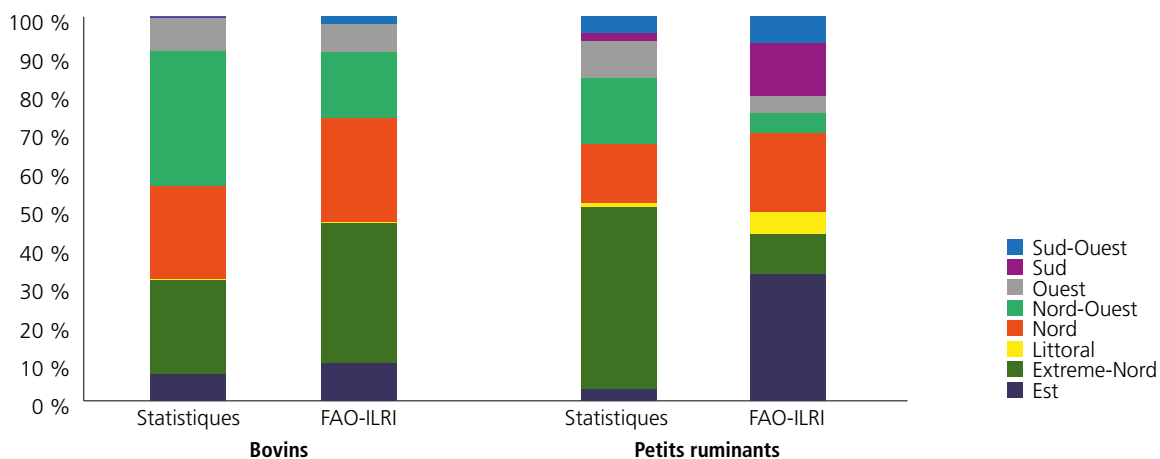


Figure 24. Comparaison entre les statistiques nationales et les données de FAO-ILRI de la répartition des effectifs de bovins et caprins entre région

Les surfaces en pâturage sont dérivées du nombre et du type de ruminants et de la productivité des prairies en herbe. Cette productivité est estimée par le modèle EPIC compte tenu des conditions climatiques et biophysiques. Les surfaces en pâturages sont déduites de la classe de végétation « autres terres naturelles ». D'après ces estimations, les pâturages couvrent 500 milliers d'hectares en 2000 au Cameroun (Tableau 3 et Figure 26).

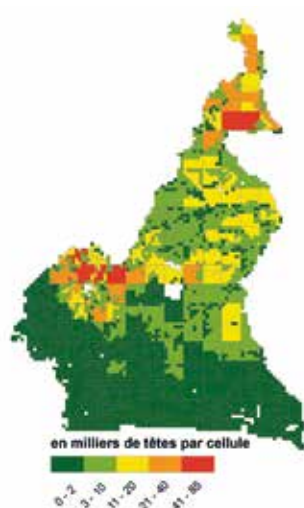


Figure 25. Nombre de bovins par unité de simulation en milliers de unités de bétail tropicales (UBT)

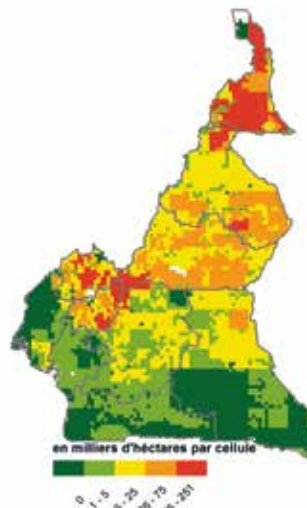


Figure 26. Part des unités de simulation occupées par les pâturages

4.3.7 Synthèse de la répartition des terres au Cameroun en 2000 dans le modèle

L'harmonisation de la carte de végétation avec les différents usages du sol comme présentée dans les chapitres précédents a comme résultat une carte cohérente entre l'utilisation des terres et la végétation pour l'année 2000 qui est présentée dans le Tableau 3. On obtient ainsi une surface de forêts non allouées de pratiquement 9.9 millions d'hectares. Presque la même surface de forêts se trouve dans les concessions forestières et dans les aires protégées au Cameroun. Les autres terres naturelles qui regroupent toutes les terres qui ne sont pas couvertes par des forêts et qui ne sont pas utilisées pour la production agricole, représentent plus de 40 % des terres totales au Cameroun. Les terres arables et les pâturages sur lesquels il y a une production ne représentent que 10 % de la superficie totale.

Tableau 3. Répartition des terres au Cameroun en 2000 dans le modèle

	En millions d'hectares
Terres arables	4,16
Forêts non allouées	9,93
Concessions forestières	6,37
Forêts dans les aires protégées	3,75
Plantations d'arbres à croissance rapide	5
Pâturages	0,5
Autres terres naturelles	19,6
Autres terres naturelles dans les aires protégées	1,18
Zones inondées	0,25
Non pertinent	0,5
Total	45,72

5 Le calcul des émissions de gaz à effet de serre et des impacts sur la biodiversité

5.1 Le calcul des émissions

5.1.1 Les émissions liées au changement d'utilisation des terres

Le calcul des émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) liées au changement d'utilisation des terres repose sur le niveau d'équilibre de carbone dans chaque type de végétation. Les estimations en carbone dans la biomasse vivante au-dessus et au-dessous du sol de (Kindermann *et al.*, 2008) sont utilisées par défaut dans GLOBIOM pour le carbone contenu dans la forêt. Ces estimations sont ajustées pour correspondre à l'Évaluation des Ressources Forestières Mondiales (FRA) de la FAO 2010 pour chaque pays. Pour les plantations forestières à courte rotation (ex : eucalyptus, peuplier, pin), le contenu carbone est calculé sur la base de leur productivité potentielle. Pour le carbone contenu dans les autres terres naturelles, on utilise la carte de biomasse de (Ruesch et Gibbs, 2008). En utilisant cette approche, le contenu carbone varie entre les types de végétation et entre les unités spatiales. Les émissions de CO₂ (ou la séquestration de CO₂) sont calculées comme la différence entre le contenu carbone du type de végétation finale et du type de végétation initiale. Par exemple, pour la déforestation due à l'expansion des terres cultivées, comme le contenu carbone des terres cultivées est supposé nul, les émissions seront égales au contenu carbone de la forêt dans la biomasse au-dessus et au-dessous du sol dans une certaine unité spatiale. Dans cette étude, nous ne prenons pas en compte le carbone dans la litière, le bois mort, et le sol en-dehors de la biomasse vivante.

Étant donné l'importance du calcul des émissions dans le cadre de REDD+, nous avons décidé d'utiliser des cartes de biomasse alternatives pour calculer les émissions issues de la déforestation. Deux cartes pantropicales sur la biomasse dans la végétation ligneuse au-dessus du sol ont été intégrées à notre base de données : Baccini *et al.*, (2012) du Wood Hole Research Center (WHRC) et Saatchi *et al.*, (2011) de la NASA. Les deux utilisent des données d'entrée similaires sur la hauteur des forêts et la structure de la canopée obtenues à l'aide de la Télédétection par Laser (LiDAR), mais utilisent différentes données de terrain pour la calibration et des méthodes de modélisation spatiale différentes Mitchard *et al.*, (2013). Cela a pour conséquence d'importantes différences dans les estimations de la biomasse entre les deux cartes, particulièrement pour le Bassin du Congo¹¹. Les auteurs soulignent le fait que le contenu carbone des deux cartes tend à converger au niveau national mais comme les émissions liées à la déforestation dépendent fortement de la localisation de la déforestation, le choix d'une carte ou de l'autre peut significativement affecter les émissions issues de la déforestation calculées au niveau national.

Les cartes du WHRC et de la NASA ne prennent en compte que la biomasse au-dessus du sol. Nous estimons la biomasse vivante en-dessous du sol en fonction de la biomasse vivante au-dessus du sol en prenant en compte les coefficients estimés par Mokany *et al.* (2006) : pour les forêts tropicales humides au-dessus de 125 tC/ha, la valeur médiane de la biomasse au-dessous du sol est de 23.5 % de la biomasse au-dessus du sol. Pour comparaison, l'intervalle de confiance fourni par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est un rapport entre 6 % et 33 % entre la biomasse au-dessous du sol et la biomasse au-dessus du sol.

¹¹ Les cartes de biomasse peuvent être comparées sur Geo-Wiki : <http://biomass.geo-wiki.org/>.

5.1.2 Les émissions liées à la dégradation de la forêt

Bien qu'il existe trois grands types d'activités qui ont été identifiées comme causes majeures de dégradation de la forêt au Cameroun : l'exploitation forestière formelle, la collecte informelle de bois d'œuvre et la collecte informelle de bois de chauffe (Section 3.2), nous ne présentons dans cette étude que les émissions liées à la dégradation des forêts dans les concessions formelles préalablement identifiées (Section 4.3.1).

D'après les mesures de Pearson *et al.* (2014) dans une concession de la Sangha dans le Nord de la République du Congo en 2004, le taux d'extraction moyen était de 9 m³/ha. Les émissions totales liées à l'exploitation sont décomposées en trois facteurs : 0.25 tC/m³ pour le volume de bois prélevé, 0.50 tC/m³ pour les dégâts sur le peuplement résiduel et les résidus d'exploitation et 0.24 pour les émissions liées à la construction des infrastructures¹². Cela revient à des émissions totales de 0.99 tonne de carbone par m³ exploité. Par rapport aux émissions liées à l'exploitation forestière dans les 5 autres pays tropicaux de leur étude, les émissions issues de l'exploitation forestière dans la concession du Congo sont de loin les plus faibles par unité de bois extraite. Au niveau des émissions par hectare exploité, le Congo reste dans la fourchette basse de l'échantillon de pays considérés avec 8.9 tonnes de perte de carbone par hectare exploité, mais cela est assez comparable avec le Brésil et la Bolivie. Une étude de la FAO a trouvé des résultats assez similaires dans le chantier forestier de la société « Industrie de Transformation des Bois de la Likouala (ITBL) » avec 10,2 tonnes de perte de carbone par hectare exploité.

Durrieu de Madron *et al.* (2011) ont calculé l'impact de différentes pratiques d'exploitation forestière sur les stocks carbone à partir de données d'aménagement issues de plusieurs concessions du bassin du Congo et de la littérature. Ils font l'hypothèse que la mise sous aménagement entraîne : i) la mise en place de séries de protection dans lesquelles il n'y a aucun prélèvement effectué, ii) une augmentation des diamètres minimum des arbres exploitables, iii) une réduction des surfaces occupées par les pistes de débardage et iv) une minimisation des impacts lors de la création des routes et des parcs à grumes. D'après leurs estimations, l'exploitation sous aménagement permettrait de diminuer les émissions de 9 à 10 % par rapport à l'exploitation conventionnelle. L'augmentation des diamètres minimums d'exploitation est la principale source de réduction des émissions.

Les facteurs d'émissions utilisés dans cette étude sont présentés dans le Tableau 4 ci-dessous. Les estimations fournies par Pearson *et al.* sont associées à l'exploitation formelle sous plan d'aménagement. Les émissions liées à l'exploitation formelle conventionnelles sont calculées en augmentant les facteurs d'émission pour les dommages occasionnés par l'exploitation de 10 % comme conseillé par Durrieu de Madron *et al.*

Tableau 4. Facteur d'émission total et par type d'impact pour différents types d'exploitation forestière

Type d'exploitation	tC dans le bois prélevé	tC pour les dégâts engendrés sur le peuplement	tC pour les dégâts engendrés par les infrastructures	TOTAL en tC par m ³ de bois extrait
Exploitation formelle sous aménagement	0.25	0.5	0.24	0.99
Exploitation formelle conventionnelle	0.25	0.50 x 1.1 = 0.55	0.24 x 1.1 = 0.26	1.06

12 L'hypothèse centrale de ces calculs est que les émissions ont toutes lieu au moment de l'exploitation bien qu'en réalité, le bois prélevé peut servir à produire des biens qui garderont le carbone pour plusieurs décennies.

5.1.3 Les émissions liées à l'agriculture

Les émissions liées à l'agriculture comprennent les émissions liées à l'élevage et les émissions liées aux cultures. Les émissions liées à l'élevage sont le méthane (CH_4) qui est émis à travers la fermentation entérique (pendant la digestion des ruminants), et le méthane (CH_4) et l'azote (N_2O) issus du fumier. La comptabilisation des émissions suit l'approche niveau 2 établie par le GIEC, pour chaque espèce, système et région de production (Herrero *et al.*, (2013); van Wijk *et al.* (2014)). Pour les cultures, les sources d'émissions qui sont prises en compte sont l'azote (N_2O) issu de l'application d'engrais chimiques et organiques, et le méthane (CH_4) issu de la culture du riz.

5.2 Le calcul des impacts sur la biodiversité

L'un des objectifs de l'analyse REDD-PAC est d'évaluer les liens entre la politique d'utilisation des terres et les impacts potentiels qui en résultent sur la biodiversité et des services écosystémiques, allant à l'encontre de la poursuite des Objectifs d'Aichi pour la Biodiversité. Les changements d'utilisation des terres représentent l'un des principaux facteurs de perte de biodiversité au niveau mondial. La conversion des écosystèmes naturels non seulement réduit leur étendue, mais, ce faisant, peut également provoquer la destruction de la biodiversité qu'ils contiennent et les services écosystémiques qu'ils fournissent, y compris par la perte et la fragmentation des habitats des espèces. Ces impacts dépendent de la localisation et de l'étendue de la conversion, et de la nature des nouvelles utilisations du sol.

Dans cette section, nous présentons plus en détail les méthodes utilisées dans l'évaluation des impacts sur la biodiversité. De nombreuses variables sont potentiellement pertinentes pour l'évaluation des impacts sur la biodiversité et la planification spatiale de la mise en œuvre des Objectifs d'Aichi, selon l'aspect considéré. Des informations sur les changements potentiels dans l'utilisation des terres et la déforestation peuvent être utilisées pour cibler certaines zones pour lutter contre l'appauvrissement des habitats naturels (Objectif d'Aichi 5). Combiner des informations sur la distribution spatiale de la biodiversité, les services écosystémiques et l'utilisation durable de la biodiversité avec des informations sur l'utilisation des terres peut informer la planification d'actions en renfort des Objectifs d'Aichi 12 (évitement de l'extinction d'espèce menacées) et 14, respectivement (sauvegarde et restauration des services fournis par les écosystèmes)¹³. Le manque de données disponibles dans la région du Bassin du Congo est un problème reconnu; cependant, plusieurs ensembles de données ont été identifiés dans le cadre de ce rapport.

13 Objectif d'Aichi 12 : « D'ici à 2020, l'extinction d'espèces menacées connues est évitée et leur état de conservation, en particulier de celles qui tombent le plus en déclin, est amélioré et maintenu. »
Objectif d'Aichi 14 « D'ici à 2020, les écosystèmes qui fournissent des services essentiels, en particulier l'eau et contribuent à la santé, aux moyens de subsistance et au bien-être, sont restaurés et sauvegardés, compte tenu des besoins des femmes, des communautés autochtones et locales, et des populations pauvres et vulnérables. »

5.2.1 Impact sur les écosystèmes

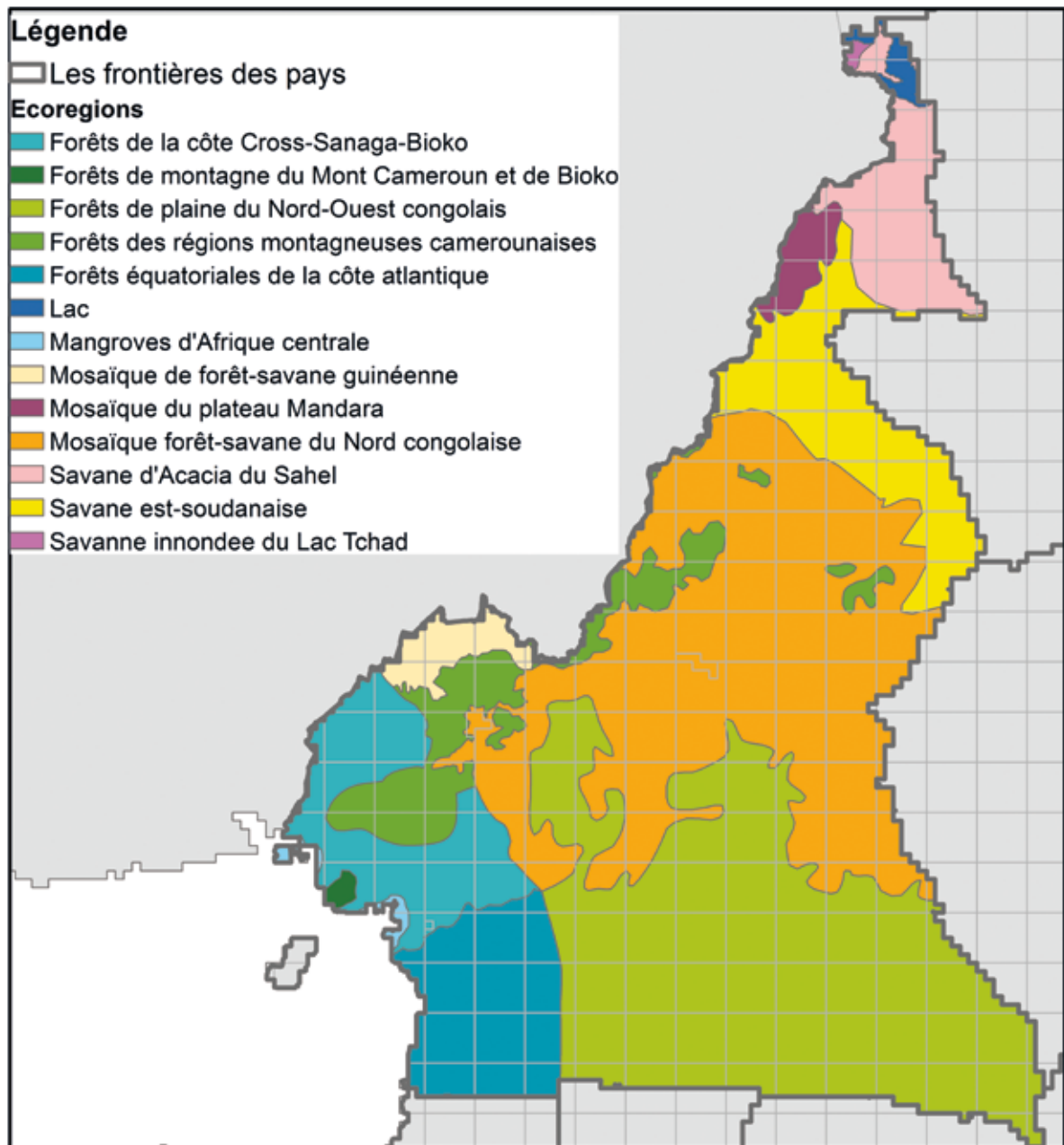


Figure 27. Carte des écorégions du Cameroun

Le territoire du Cameroun peut être divisé en un certain nombre d'écorégions aux différentes caractéristiques écologiques. La distribution des changements d'usage des sols à travers ces écorégions permet d'évaluer l'impact à travers différents écosystèmes et par là, une première évaluation des impacts sur différentes composantes de la biodiversité. Dans le cadre de cette étude nous utilisons les écorégions du WWF telles que présentées dans la Figure 27 (Olson *et al.*, 2001).

5.2.2 Impact sur les espèces

La perte de végétation naturelle (y compris les forêts et les savanes) aura un impact sur les espèces présentes à l'intérieur de ces aires et les valeurs potentielles qu'elles peuvent fournir. Une gamme de différentes espèces et groupes d'espèces peut être d'intérêt, par exemple en raison d'avantages particuliers qu'ils peuvent fournir ou en raison d'objectifs politiques spécifiques ou les deux. Par exemple, le Cameroun abrite deux espèces menacées de grands singes, qui ont le potentiel de soutenir le développement des activités d'écotourisme, un service écosystémique clé. Le Cameroun est également signataire de la Déclaration de Kinshasa sur la protection des Grands Singes de 2005.

La distribution de la richesse en espèces peut différer en fonction du groupe considéré et ainsi la sélection des espèces qui présentent un intérêt particulier peut influencer les conclusions des évaluations. L'évaluation des impacts par rapport à toutes les espèces potentiellement présentes permettrait une évaluation complète de l'impact sur la diversité en espèces. Cependant, il est impossible d'obtenir des données précises sur les exigences de localisation ou d'habitat de toutes les espèces, et de plus, de nombreuses espèces restent encore à découvrir (Pimm *et al.*, 2010).

L'évaluation des impacts sur le groupe des espèces menacées nous semble particulièrement pertinente pour l'objectif d'Aichi 12 (prévention de l'extinction des espèces). Afin que l'analyse spatiale puisse informer la prise de décision et l'élaboration des politiques, il est également important que les groupes d'espèces considérés soient ceux étant les plus pertinents à l'échelle nationale. Au niveau sous-régional, l'axe d'intervention du Plan de Convergence pour la Conservation et valorisation de la diversité biologique reprend les objectifs de la CDB et met l'accent sur le renforcement de l'effectivité des aires protégées et la conservation des grands mammifères. Certains de ces grands mammifères font également l'objet d'une attention particulière, déclinée à travers des instruments régionaux additionnels tels que la Déclaration de Kinshasa sur la Protection des Grands Singes ou les différents plans d'action pour l'interdiction du commerce de l'ivoire et le braconnage des éléphants de forêts, en recrudescence ces dernières années (Nellemann *et al.*, 2014). Au niveau national, il est possible de se référer aux textes législatifs afin d'identifier quelles sont les espèces partiellement ou intégralement protégées.

Par conséquent, le projet REDD-PAC a mis l'accent sur l'évaluation des impacts sur les grands singes, espèces identifiées comme menacées par l'UICN et comme une priorité politiques sous-régionale et nationale. Les impacts sont également évalués sur les espèces protégées par la loi, ainsi que pour toutes les espèces confondues pour lesquelles des informations étaient disponibles concernant leur aire de répartition potentielle. En l'absence de données nationales disponibles sur ces aires de répartition potentielles, le projet a utilisé les données recueillies par l'UICN sur les aires potentielles de la plupart des mammifères, oiseaux et amphibiens dans le cadre de l'évaluation mondiale pour la Liste Rouge¹⁴. Mammifères, oiseaux et amphibiens sont les groupes pour lesquels les données de l'UICN sont les plus complètes.

Pour évaluer l'impact du changement d'utilisation des terres sur les espèces de manière individuelle, l'un des premiers facteurs à considérer est le besoin en habitat des différentes espèces, qui détermine les impacts probables des changements de l'utilisation des terres. Par exemple, pour les espèces qui dépendent des forêts, la déforestation devrait probablement conduire à l'extinction locale de ces espèces dans la zone déboisée, alors qu'elle aura un impact probablement moindre sur les espèces qui peuvent également survivre dans les pâturages. Les besoins en habitat des espèces sont également inclus dans la base de données de la Liste rouge de l'UICN. L'impact sur les espèces individuelles peut être évalué par le calcul du pourcen-

¹⁴ Voir <http://www.iucnredlist.org/>

tage de leur habitat potentiel qui serait perdu d'après les projections du modèle. Sur cette base, il est alors possible d'évaluer l'impact combiné du changement d'usage des terres pour un groupe d'espèces donné en additionnant les impacts individuels sur les espèces de ce groupe.

Afin de comprendre la répartition dans l'espace de l'impact relatif du changement d'utilisation des terres sur les espèces, un indice agrégé a été développé : plus la surface de perte d'habitat est grande, plus cet habitat est partagé par un grand nombre d'espèces, et plus cela représente une grande proportion de l'habitat d'une espèce dans le pays (niveau d'endémisme), plus l'indice d'impact sur les espèces sera grand. La Figure 28 présente la méthodologie adoptée pour le calcul de cet indice composite de « changement combiné de l'habitat pour les espèces » :

- On part de la cartographie sur l'éventail des espèces étudié.
- On calcule la répartition de l'habitat de chaque espèce en tenant compte de leur degré d'endémisme dans chaque cellule (le calcul la proportion de l'aire potentielle dans chaque cellule donne un score plus élevé aux espèces à l'aire restreinte, ici représentées en gris foncé).
- On utilise les futurs changements de végétation calculés par le modèle GLOBIOM, notamment là où la végétation potentiellement convenable pour chaque espèce est détruite pour une mise en production des terres.
- On calcule là où chaque espèce perd (ou gagne) en habitat potentiel et la proportion de leur habitat que cela représente (représenté ici par les différents tons de couleur rouge).
- On fait la somme de la perte (ou gain) en habitat potentiel pour toutes les espèces.

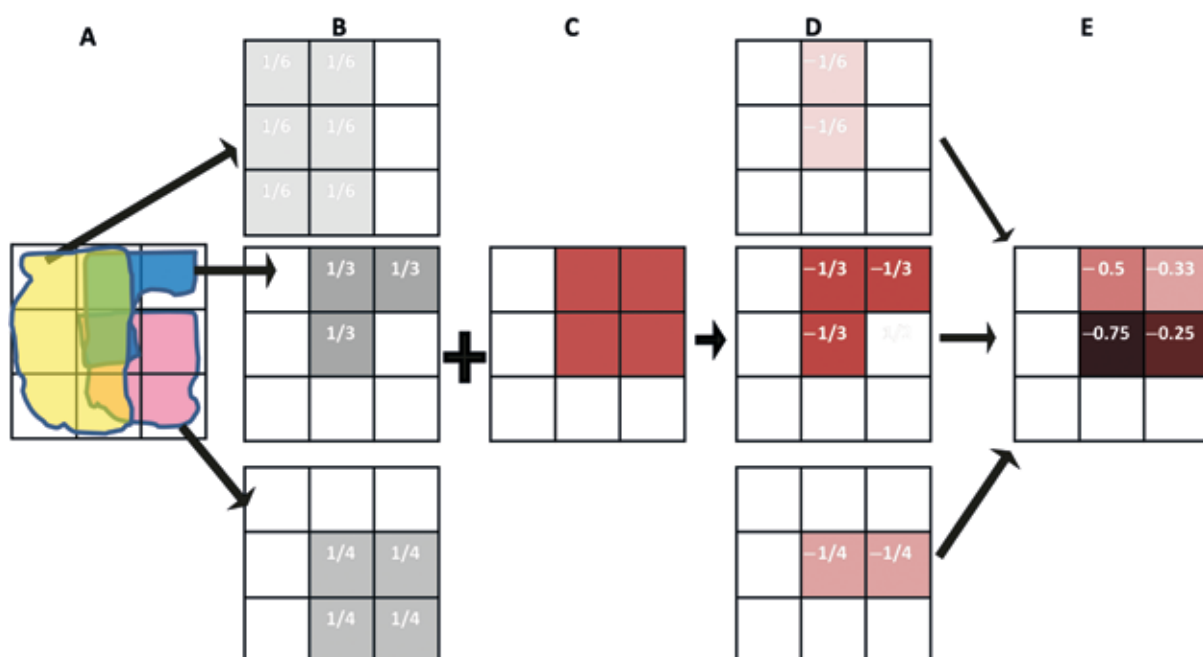


Figure 28. Méthode de calcul pour l'indice composite de changement combiné de l'habitat pour les espèces

5.2.3 Impact sur les produits forestiers non-ligneux

Les forêts sont importantes non seulement pour la valeur intrinsèque de la biodiversité qu'elles accueillent mais également pour les services qu'elles procurent aux populations locales et plus largement à l'économie des pays à fort couvert forestier. Par exemple, les produits forestiers non-ligneux, le bois-énergie, ou encore le bois d'œuvre contribuent d'une manière significative à la subsistance locale et aux économies nationales dans le bassin du Congo (Ingram, 2012). Des études récentes confirment l'importance du revenu que les populations locales tirent de ces produits forestiers (Angelsen *et al.*, 2014). Cependant, très peu de données sont disponibles dans la région pour quantifier la variation spatiale des Produits Forestiers Non-Ligneux (PFNL) de manière continue, ou celle des services écosystémiques de manière plus générale.

Des informations récentes ont cependant pu être identifiées pour certaines espèces dont le *Prunus africana*, un arbre dont l'écorce est largement utilisée en tant que produit médicinal et dont les zones d'occurrence et de présence probable sont présentées sur la Carte 6 (Vinceti *et al.*, 2013). Dans l'idéal, la détermination de zones prioritaires pour ces PFNL devrait être complétée par l'ajout d'informations sur l'utilisation réelle de ces ressources par les populations locales. Cependant, combiner ces informations sur les zones propices à la récolte des produits du *Prunus* avec celles sur les aires de perte probable du couvert forestier permet de déterminer l'ampleur de l'impact de différents scénarios sur ce service écosystémique potentiel et les zones où cet impact pourrait se produire.

Les informations sur le *Prunus* sont disponibles en termes de la probabilité de *Prunus* qui peut être trouvée dans différentes zones. Cette information sur la probabilité peut être divisée en zones où il est fort probable que le *Prunus* soit rencontré (probabilité de présence supérieure à 50 %) et les zones où il est possible qu'il soit rencontré (entre 13 % et 50 % de probabilité). Comme expliqué dans les sections précédentes, GLOBIOM fonctionne à partir de cellules de taille 30'x 30 '(environ 50x50km). Des hypothèses doivent donc être faites pour fusionner les deux ensembles de données. Nous prenons l'exemple d'une cellule qui est complètement couverte de forêt et où il est probable de trouver du *Prunus* dans la moitié de la cellule. L'impact de la perte de 25 % de la forêt de la cellule dépend du fait de connaître si le changement se produit à l'intérieur ou à l'extérieur des zones où se produit le *Prunus*. Nous supposons que les changements de la couverture terrestre sont répartis uniformément, indépendamment du lieu où le *Prunus* est prévu de se produire.

6 Description des scénarios

L'horizon temporel qui a été retenu pour cette étude est 2030. Afin d'explorer l'évolution de la déforestation dans le futur, nous présentons tout d'abord les projections de population et de PIB qui sont utilisées afin de déterminer la demande pour les différents produits qui sont représentés dans le modèle. Ensuite nous présentons les hypothèses spécifiques à l'évolution de l'utilisation de bioénergies et plus particulièrement du bois énergie. Ce scénario de base peut être vu comme ce qui se passerait en l'absence de nouvelles politiques du gouvernement avec une croissance modérée de la population et de la richesse mondiale.

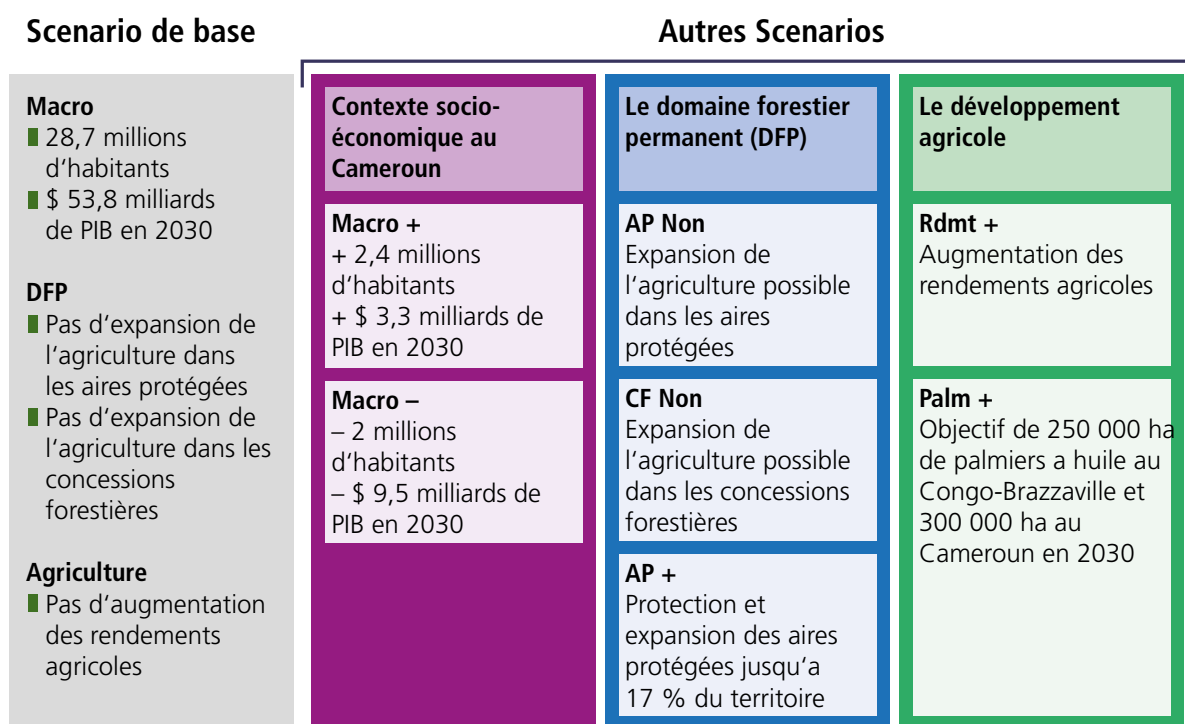


Figure 29. Les hypothèses du scénario de base sont présentées à gauche tandis que les changements introduits dans chaque scénario sont décrits à droite (un scénario par boîte blanche)

6.1 Contexte socio-économique

L'évolution de la population et l'évolution du PIB dépendent de facteurs qui ne sont pas représentés dans le modèle. La population future dépend des taux de natalité, des taux de mortalité et de la migration. Les politiques peuvent avoir un impact sur ces trois facteurs. Par exemple elles peuvent encourager la natalité par des subventions associées à chaque enfant ou freiner la natalité, tel que cela a été fait par exemple à travers la politique de l'enfant unique en Chine. Plus les projections vont loin dans le futur et plus l'incertitude associée aux projections de population est grande. Pour le PIB, l'incertitude est encore plus grande car cela dépend de l'évolution d'un ensemble complexe de facteurs qui ne sont pas tous du ressort d'un pays mais également des pays qui l'entourent.

Dans la perspective de l'élaboration du 5e rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), un groupe international de sociologues et d'économistes ont développé des scénarios présentant diverses caractéristiques de développements socio-économiques et

diverses stratégies d'adaptation et d'atténuation du changement climatique. Cinq familles de scénarios, nommés SSP (pour Shared Socioeconomic Pathways – Trajectoires socio-économiques communs), ont ainsi été définies (Figure 30)¹⁵. Pour chaque scénario, des projections de population et de PIB sont effectuées pour chaque pays, résultant en différents niveaux de PIB moyen par tête.

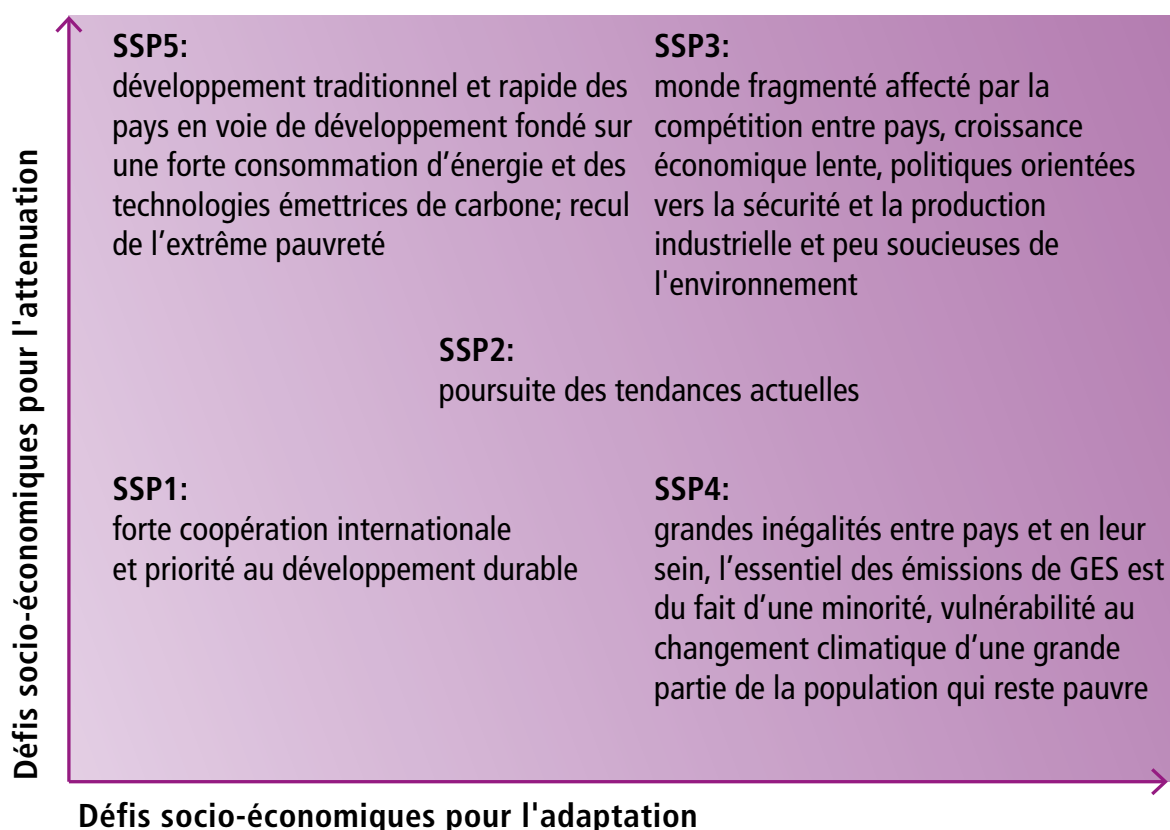


Figure 30. Trajectoires développement socio-économiques élaborées dans le cadre du GIEC (O'Neill *et al.*, 2013)

Dans le scénario de base, nous utilisons le scénario SSP2 qui reflète « la poursuite des tendances passées ». Le SSP2 est considéré comme un scénario intermédiaire avec une croissance du PIB et une croissance de la population modérées au niveau mondial : d'après ce scénario, la population mondiale devrait augmenter de 20 % et le PIB moyen par habitant devrait augmenter de 50 % d'ici à 2030. Nous remarquons cependant que les changements socio-économiques anticipés pour le Cameroun dans le SSP2 sont généralement beaucoup plus forts que la moyenne mondiale : la population du Cameroun devrait quasiment doubler en 2030 comparé au niveau de 2000 et le PIB devrait être multiplié par 4 en 2030 comparé rapport au niveau de 2000.

Scénarios « Macro - » et « Macro + » : Comme scénarios alternatifs, pour explorer le rôle de la population et du contexte économique sur la déforestation future, nous testons deux scénarios qui combinent différents scénarios SSPs. Ces scénarios ont été souhaités par les participants à l'atelier sous régional de présentation des résultats du projet à Douala en septembre 2015. « Macro + » est la combinaison de la projection de PIB la plus optimiste (SSP1) et la projection de population la plus forte (SSP3) tandis que « Macro- » est la combinaison de la projection de PIB la plus pessimiste (SSP3) et la projection de population

¹⁵ Ce travail a été réalisé en parallèle et en cohérence du travail des climatologues sur les futures conditions climatiques et les impacts du changement climatique relatifs à différents scénarios d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre (GES), d'ozone et de précurseurs des aérosols pour le XXI^e siècle au niveau mondial.

la plus faible (SSP1). Cela conduit à des projections de PIB moyen par habitant en 2030 pour le Cameroun de 2 \$ et 1,7 \$ respectivement. Ces scénarios alternatifs vont influencer la déforestation future en modifiant la consommation alimentaire, la demande pour le bois d'œuvre et pour le bois de chauffe.

Le régime alimentaire au Cameroun repose principalement sur la consommation de tubercules et de céréales. Cette caractéristique est partagée avec d'autres pays d'Afrique centrale mais n'est pas tellement répandue dans les autres régions du monde. La consommation moyenne de viande et de produits laitiers est très basse et même si l'augmentation relative qui est anticipée est forte, la viande et les produits laitiers continueront de représenter une faible part de l'apport journalier de calories en 2030. La consommation moyenne par habitant d'œufs, de haricots, de céréales, d'huile et de sucre augmente fortement dans les prochaines décennies, et cela plus particulièrement dans le SSP1 où le niveau de PIB moyen par habitant est élevé.

Au Cameroun comme dans de nombreux autres pays d'Afrique, de nombreux ménages ruraux produisent principalement pour satisfaire leur propre consommation. Une contrainte a été introduite dans le modèle afin de représenter ce phénomène : pour chaque département, la production locale de tubercules et de céréales doit être suffisamment élevée pour satisfaire les besoins de la population locale. Par contre la production peut être supérieure pour approvisionner les capitales Yaoundé et Douala ou être éventuellement exportée.

6.2 Le domaine forestier permanent

Par défaut, la conversion des forêts en d'autres usages n'est pas possible dans les aires protégées et les concessions forestières. Le domaine forestier permanent est plus vaste au Cameroun puisqu'il comprend également les forêts communales. Néanmoins, celles-ci ne bénéficient pas d'une protection stricte dans nos simulations et peuvent être converties à d'autres usages.

6.2.1 Scénarios alternatifs pour les aires protégées

De nombreuses aires protégées de la sous-région ne sont actuellement pas complètement efficaces faute de moyens.

Scénario « AP Non » : Nous explorons les conséquences du non-respect des aires protégées sur la déforestation. C'est une situation extrême qui ne reflète pas la réalité mais ce scénario peut nous aider à identifier : 1) les aires protégées qui pourraient être menacées par l'expansion des activités agricoles dans les prochaines décennies et où un renforcement de la protection pourrait être envisagé et 2) la contribution potentielle des aires protégées à la lutte contre la déforestation.

Deux scénarios ont été développés pour explorer l'impact potentiel d'une augmentation des aires protégées pour couvrir 17 % du pays. Bien que le premier objectif des aires protégées soit la conservation de la biodiversité, leur localisation pourrait aussi dépendre des autres bénéfices écosystémiques associés dont la réduction des émissions de gaz à effet de serre¹⁶.

Scénario « AP+ Biod » : les nouvelles aires protégées sont installées dans les zones qui sont soumises aux plus fortes menaces de perte de biodiversité dans les deux prochaines décennies d'après le scénario et dans les écorégions qui sont actuellement sous-représentées dans le réseau existant d'aires protégées.

16 En réalité la décision de localisation des nouvelles aires protégées est prise en utilisant bien d'autres critères notamment la représentativité des aires protégées et leur connectivité, les coûts d'opportunité et de mise en œuvre, ou encore le consentement des populations autochtones.

Scénario « AP+ Carb » : les nouvelles aires protégées sont installées dans les zones qui ont les émissions les plus élevées dans le scénario de base d'ici 2030.

6.2.2 Les concessions forestières

De plus, dans le passé, il est arrivé que des concessionnaires forestiers seulement intéressés par les gains à court terme soient partis avant la fin du temps de rotation préconisé après avoir exploité intensivement leur concession pendant quelques années seulement. Dans ce cas, le devenir des forêts dans les concessions rétrocédées peut être plus fragile avec notamment le risque d'une conversion des titres de concession forestière en une concession agricole. Avec l'aménagement des concessions forestières, ce risque devrait être maintenant de plus en plus faible mais le problème de la rentabilité à long terme des exploitations forestières est alors posé.

Scénario « CF Non » : Dans ce scénario, nous faisons l'hypothèse d'une rétrocession des concessions forestières existantes dans le domaine forestier non permanent, ce qui résulte en une conversion possible des forêts à d'autres usages après 2010. Evidemment c'est un scénario extrême qui n'est pas réaliste mais qui reflète le risque de rétrocession de certaines concessions forestières. De plus, ce scénario nous permet de quantifier le rôle des concessions forestières pour lutter contre la déforestation en plus de leur rôle économique.

6.3 Le développement agricole

6.3.1 Evolution des rendements agricoles

Par défaut dans le modèle, l'évolution des rendements agricoles (en tonne par hectare) est liée à l'évolution du PIB : on suppose qu'une plus grande croissance économique permet un plus grand progrès technologique qui se traduit par des rendements plus élevés (Valin *et al.*, 2010). Cependant, quoique l'agriculture continue à prendre de l'envergure au Cameroun et le fera davantage compte tenu des incitations et facilitations gouvernementales dans ce sens, cela se fait davantage par l'utilisation d'engrais chimiques. Ainsi, dans le scénario de base, nous faisons l'hypothèse qu'il n'y a pas de progrès technique permettant une amélioration généralisée des rendements au Cameroun dans les prochaines décennies c'est-à-dire que la seule possibilité d'augmenter les rendements agricoles dans le modèle est alors à travers l'utilisation d'engrais qui sont coûteux.

Scénario « RDMT+ » : nous utilisons une hypothèse alternative qui est une diffusion du progrès technique dans le secteur agricole grâce à la diffusion de semences améliorées par exemple (Tableau 5).

Tableau 5. Taux de croissance des rendements agricoles dans le scénario RDMT+

	Sur la période 2001–2030
Haricots	12 %
Manioc	26 %
Mais	41 %
Coton	74 %
Arachide	34 %
Mil	113 %
Palmiers à huile	12 %
Pommes de terre	33 %
Riz	18 %
Soja	34 %
Sorgho	48 %
Canne à sucre	65 %
Patate douce	8 %
Ble	20 %

6.3.2 Les objectifs de plantations de palmiers à huile

Le Cameroun est le plus gros producteur d'huile de palme de la sous-région. La production est assurée à la fois par des petits exploitants et par des agro-industries. La fraction la plus importante de la production est assurée par les agro-industries qui réalisent près de 80 % de la production nationale d'huile de palme et dont les superficies s'étendent sur près de 60 000 ha et sont essentiellement localisées dans les régions du Littoral et du Sud-ouest. Toutefois, la demande nationale d'huile de palme reste insatisfaite. En effet, le Cameroun ne parvient à produire qu'entre 235 et 270 000 tonnes d'huile de palme par an tandis que la demande nationale, elle, se situe officiellement autour de 385 000 tonnes. Le déficit pour le moment est comblé par les importations en provenance d'Asie. Toutefois il y a une volonté politique forte de la part du gouvernement de mettre fin aux importations d'huile de palme pour satisfaire la demande locale. Ceci justifie l'objectif de production de 450 000 tonnes d'huile de palme, correspondant à une superficie de 250 000 ha de plantations à l'horizon 2020 qui est mentionné dans le document de stratégie de développement du secteur rural.

Scénario « PALM+ » : Ce scénario force les surfaces en palmiers à huile à atteindre 300 000 hectares en 2030. Ces objectifs sont introduits au niveau national, c'est-à-dire que le modèle est libre de choisir dans quels départements allouer les plantations selon la maximisation du profit attendu et les terres disponibles.

7 Validation du modèle sur la période 2000–2010

L'année de base du modèle GLOBIOM-Cameroun est 2000 et le modèle fournit des estimations pour chaque période de 10 ans. La première période pour laquelle GLOBIOM fournit des estimations est donc 2010. De plus en plus de statistiques sont maintenant disponibles pour 2010 que ce soit pour les estimations de la déforestation, l'évolution de la production ou des surfaces cultivées. Dans un premier temps, nous comparons donc nos résultats pour l'année 2010 avec les observations afin de voir si le modèle est capable de reproduire d'une manière satisfaisante les tendances observées sur 2000–2010.

7.1 Comparaison avec la déforestation historique 2001–2010

Pour le calcul de la déforestation historique, trois cartes de changements de la couverture forestière produites sur la base de données de télédétection ont été jugées potentiellement pertinentes pour le Cameroun : GFC (2001–2010), GAF (2000–2010) et AIRBUS (1990–2010). GFC couvre l'ensemble du territoire, AIRBUS couvre l'Adamaoua, le Sud-Ouest, le Nord-Ouest, l'Ouest, l'Est, le Sud et le Littoral tandis que l'étude de GAF s'est concentrée sur la région du Centre. Comme les régions Nord et Extrême Nord ont peu de forêts, nous calculons la déforestation au niveau national en combinant les estimations d'Airbus et GAF.

Selon GFC, la déforestation historique sur 2001–2010 s'établit à 352 milliers d'hectares au Cameroun tandis que selon AIRBUS-GAF elle s'établit à 422 milliers d'hectares sur 2000–2010. Avec GLOBIOM, nous estimons la déforestation qui est causée par l'expansion des terres agricoles sur la période 2001–2010 à 582 milliers d'hectares. Le modèle a donc tendance à surestimer la déforestation historique au Cameroun.

En termes de répartition spatiale, le Centre est la région qui a connu la déforestation la plus élevée tandis que dû à la rareté des forêts dans la moitié nord du pays, la déforestation est faible dans les régions du Nord et de l'Extrême Nord. Pour l'Adamaoua, le Centre, le Littoral, le Sud et le Sud-Ouest, les prévisions du modèle sont proches des observations historiques (Figure 31). Par contre, pour l'Est, l'Ouest et le Nord-Ouest, le modèle surestime fortement la déforestation historique. La déforestation est causée par l'expansion des terres agricoles dans le modèle. Si nous surestimons la déforestation historique au Cameroun, cela signifie que nous surestimons l'expansion des terres agricoles par rapport à ce qui s'est passé ou que cette expansion des terres agricoles a eu lieu davantage dans des terres non-forestières telles que les savanes. C'est ce que nous allons tâcher d'élucider dans les sections suivantes.

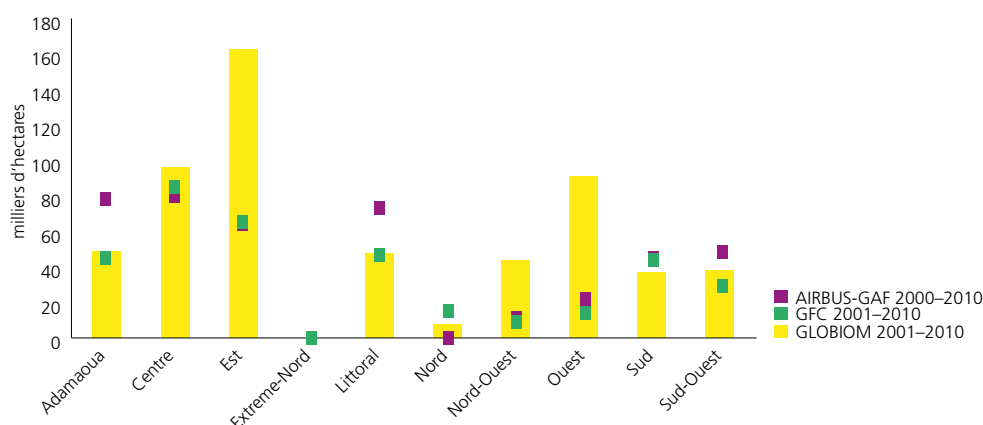


Figure 31. Comparaison de la déforestation calculée sur la période 2001–2010 avec le modèle avec la déforestation historique observée

7.2 Evolution des surfaces cultivées

D'après nos résultats, les surfaces cultivées passent de 2.7 à 3.1 millions d'hectares entre 2000 et 2010, soit une augmentation de 14 % sur la période. Or, la FAO reporte une augmentation beaucoup plus forte : de 2.6 à 4.5 millions d'hectares entre 2000 et 2010, soit une augmentation de 71 %. Comme nous pouvons le constater dans la Figure 32, les différences sont particulièrement fortes pour 4 cultures : le mil-sorgho, le maïs, le cacao et le riz. En fait, d'après les statistiques nationales, la croissance des surfaces en mil-sorgho est même encore plus forte que d'après la FAO, avec plus d'un million de terres cultivées entre 2000 et 2010. Comme le mil-sorgho est principalement cultivé dans les régions Nord et Extrême-Nord, nous ne sommes pas surpris de voir que les plus grosses différences entre les estimations du modèle et les statistiques apparaissent pour ces deux régions (Figure 32). Cela ne devrait toutefois pas beaucoup affecter les résultats sur la déforestation, car du fait de la rareté des forêts dans ces régions arides, la déforestation est faible. Mais lorsque l'on compare les surfaces cultivées estimées par le modèle avec les statistiques nationales au niveau de chaque région, nous observons également une tendance à sous-estimer les surfaces cultivées dans les autres régions du Cameroun. Ce constat est également valable pour l'Est, le Nord-Ouest et l'Ouest, des régions pour lesquelles nos estimations de la déforestation entre 2000 et 2010 sont plus fortes que les observations sur la base d'images satellite (Section 7.1, Figure 31).

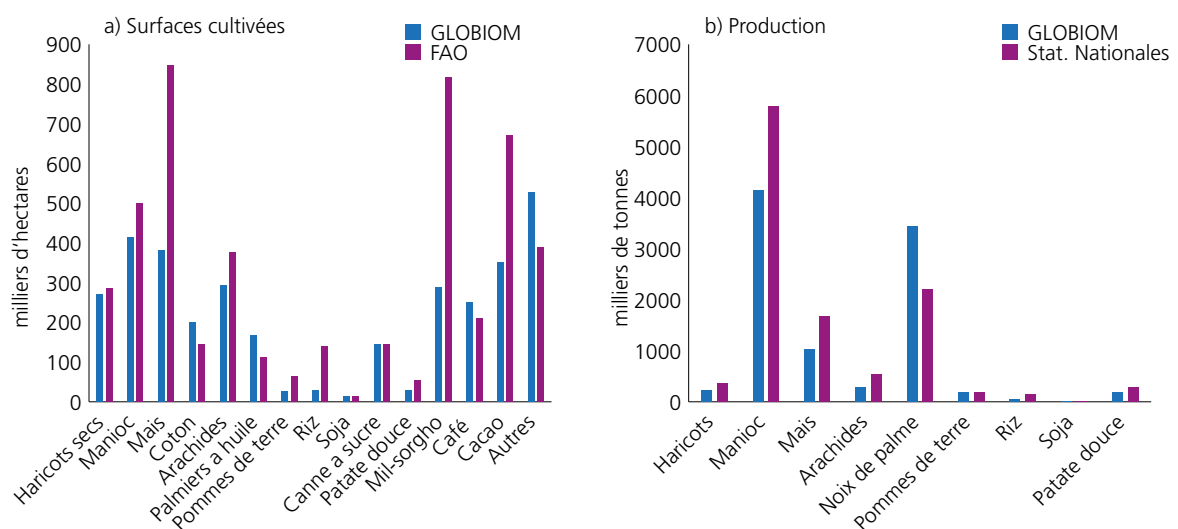


Figure 32. Comparaison par culture entre les surfaces cultivées (gauche) et la production (droite) calculées par le modèle pour l'année 2010 et observée selon la FAO en 2010 au Cameroun

En fait, la confrontation des statistiques agricoles avec la déforestation historique telle que mesurée par Airbus-GAF révèle qu'au niveau national, moins de 20 % de l'expansion des surfaces agricoles aurait eu lieu dans des terres forestières. Bien sûr cela dépend des régions, mais cela est tout de même surprenant que seulement 30 % de l'expansion des surfaces agricoles dans les régions du Centre et de l'Est aient pu avoir lieu dans des forêts. De plus, si on prend en compte les jachères agricoles, l'écart entre le besoin de nouvelles terres pour l'agriculture et la réduction observée des forêts est encore plus fort.

Une première explication possible est une erreur d'interprétation des surfaces agricoles dans les statistiques nationales. En effet, comme plusieurs zones du Cameroun bénéficient d'un climat chaud et humide tout au long de l'année, les surfaces récoltées peuvent être plus grandes que les surfaces plantées du fait de plusieurs récoltes par an. Dans ce cas, il faudrait calculer les surfaces plantées en divisant les surfaces reportées par les statistiques par le nombre de fois où elles sont récoltées dans l'année.

Il se peut qu'il y ait également un problème de définition des terres cultivées dans l'analyse Airbus/GAF. Selon la FAO, il y avait environ 7 millions d'hectares de terres arables en 2000 qui comprennent les surfaces dédiées aux cultures et les jachères. Selon l'étude Airbus/ GAF, moins d'un million de terres sont classées comme cultivées en 2010. Il est vrai que les régions Nord et Extrême Nord ne sont pas couvertes par l'étude, mais cela n'explique pas une différence de 6 millions d'hectares. Une autre explication qui devra être vérifiée avec les auteurs de l'étude Airbus/GAF est la non-prise en compte des jachères agricoles et/ou ou la non-prise en compte des champs agricoles de moins de 0.5 hectares qui sont courants au Cameroun.

Le temps de jachère est un des paramètres pour lesquels nous ne disposons pas de données pour vérifier que nos estimations sont correctes. D'après nos résultats, les surfaces en jachère représentent 43 % de la surface agricole totale: pour une augmentation des terres mises en culture de 682 milliers d'hectares entre 2000 et 2010, les surfaces en jachères ont augmenté de 291 milliers d'hectares.

Selon les statistiques nationales, l'augmentation de la culture du maïs a été très importante dans toutes les régions du Cameroun entre 2000 et 2010 (Figure 33). Cette dynamique n'a pas été bien capturée par le modèle, nous chercherons à savoir pourquoi dans les prochaines sections.

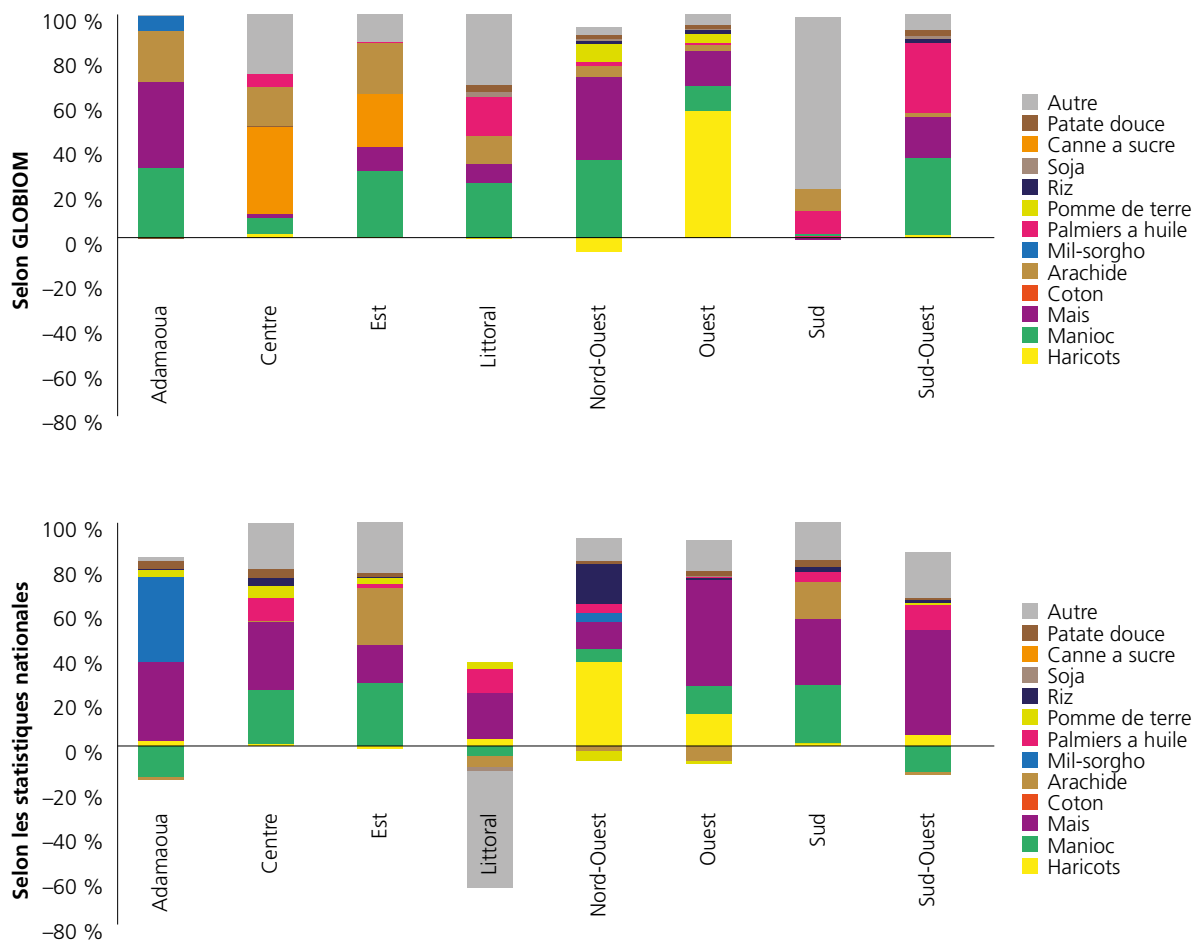


Figure 33. Comparaison de la part des différentes cultures dans l'expansion totale des terres cultivées par région entre 2000 et 2010 selon GLOBIOM (haut) et selon les statistiques agricoles (bas)

7.3 Evolution de la production et de la consommation de produits agricoles

On constate que pour la plupart des produits, le modèle a tendance à sous-estimer l'augmentation de la consommation entre 2000 et 2010 au Cameroun (Figure 34), ce qui explique la sous-estimation de la production et des surfaces allouées aux cultures correspondantes. Il n'y a que trois cultures pour lesquelles le modèle surestime la hausse de la demande : le maïs, l'huile de palme, et le sucre de canne. Pour le sucre de canne et l'huile de palme, il y a sans doute une revue à faire de nos projections de la demande. En même temps, il est un peu surprenant qu'il n'y ait pas eu une augmentation de la consommation de sucre au Cameroun pendant la dernière décennie malgré la croissance de la population et de l'urbanisation. Nous avons vu dans la section précédente que le modèle sous-estimait grandement l'expansion des surfaces cultivées en maïs et en mil-sorgho. Nos estimations de la hausse de la consommation alimentaire pour ces cultures ne sont cependant pas très éloignées de la FAO.

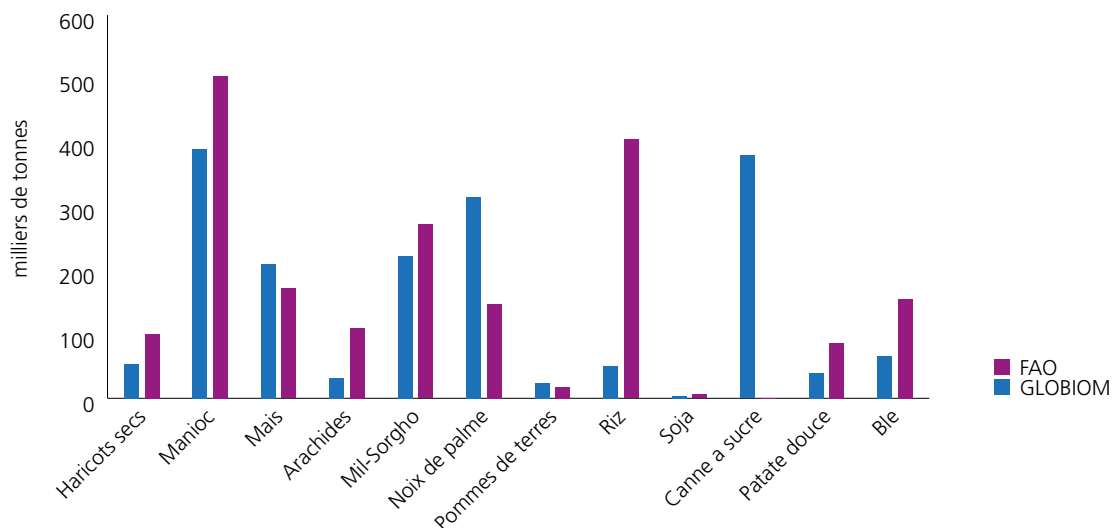


Figure 34. Différence entre les quantités consommées par produit entre 2000 et 2010 au Cameroun d'après la FAO

Cela peut s'expliquer par le fait que la consommation alimentaire humaine n'est pas la seule utilisation possible de la production agricole : elle peut également servir à l'alimentation du bétail ou être exportée vers les marchés extérieurs. Il semble qu'il y ait eu une forte augmentation de l'utilisation de maïs et de sorgho pour l'alimentation animale (Figure 35), et plus particulièrement pour les élevages de poulets. En effet, alors que la consommation de viande de mouton et de bœuf n'a pas augmenté de plus de 14 % sur la période 2000–2010, la consommation de viande de poulet a presque doublé (+92 %) et la consommation de viande de porc a plus que doublé (+120 %). Comme les importations de poulet ont également diminué sur la période, cela s'est traduit par une forte augmentation de la production locale à travers le développement des élevages de poulets et de porc au Cameroun. A l'heure actuelle, le modèle ne parvient pas à bien reproduire ces dynamiques (voir Section 10 pour des pistes d'amélioration).

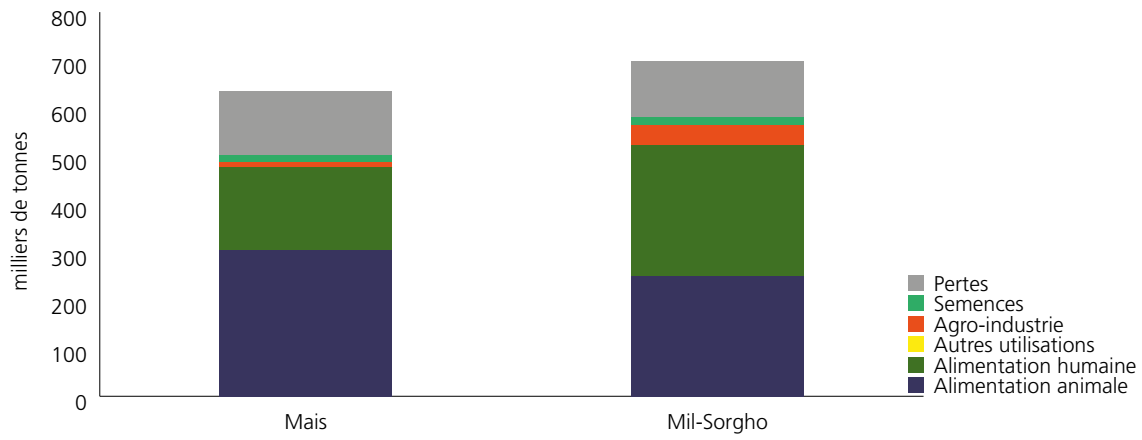


Figure 35. Différence entre les quantités de maïs et de mil-sorgho utilisées entre 2000 et 2010 au Cameroun par poste d'après la FAO

8 Résultats sur 2010–2030 dans le scénario de base

8.1 Déforestation et autres changements d'utilisation des terres

Dans le scénario de base, la déforestation passe de 582 milliers d'hectares sur la période 2001–2010 à 1,1 millions d'hectares sur la période 2021–2030, soit une augmentation de 94 %. La déforestation est principalement causée par l'expansion des cultures et pour une faible proportion par l'expansion de pâturages. Nous remarquons également une forte augmentation de la conversion des autres terres naturelles en terres cultivées : environ la moitié de l'expansion des terres cultivées a lieu dans les savanes sur la période 2021–2030 (Figure 36).

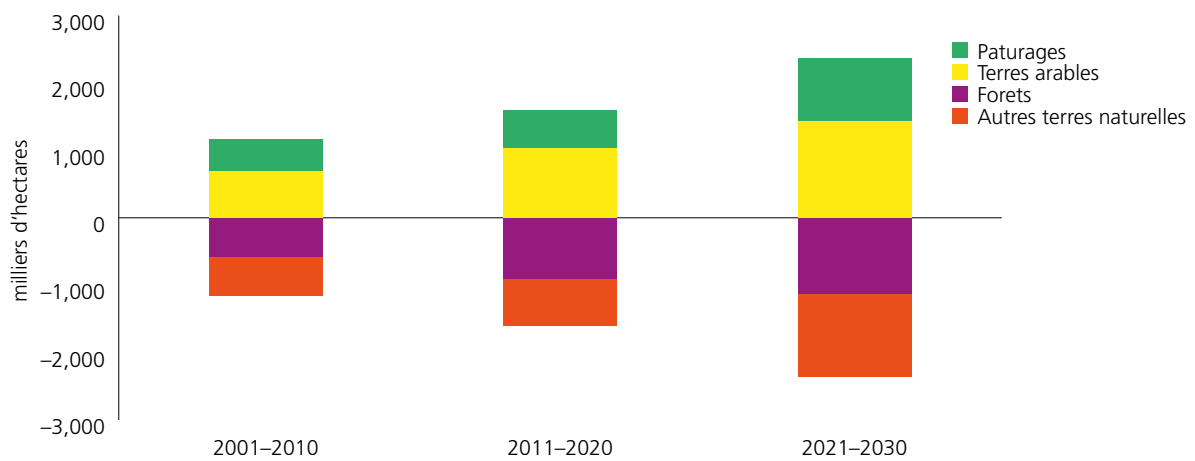


Figure 36. Conversion ou expansion des différents types d'occupation des sols pour chaque période de simulation (période de 10 ans). Comme la surface de terre totale est fixe, la somme de ces changements est égale à zéro pour chaque période.

Plus précisément, on estime que 64 % de la déforestation calculée entre 2011 et 2030 vient de l'expansion du manioc et de l'arachide et des jachères associées. Les surfaces d'arachides augmentent sur la période et avec elles la surface déforestée associée se situant à environ 128 000 hectares par an en moyenne (Figure 37). Alors que la culture du palmier à huile de 2001 à 2010 avait un impact faible sur la forêt en termes de déforestation avec seulement une déforestation induite de 20 000 ha, de 2021 à 2030, cette tendance change considérablement se traduisant par une déforestation de 140 000 et 100 000 ha de 2011 à 2020, puis de 2021 à 2030 respectivement.

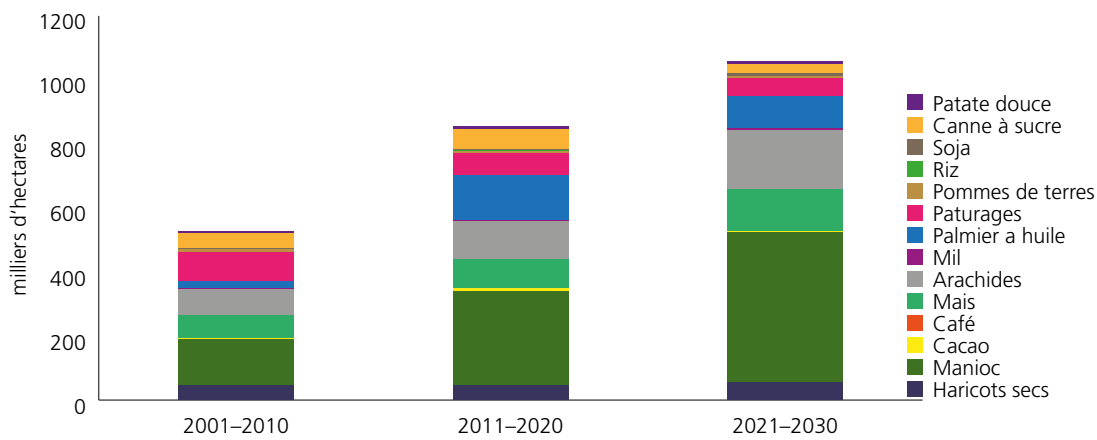


Figure 37. Evolution de la déforestation par culture au Cameroun de 2010 à 2030

En termes d'allocation spatiale de cette déforestation, 43 % de la déforestation qui est prédite par le modèle sur la période 2011–2030 est localisée dans la région de l'Est où elle est principalement expliquée par l'augmentation du manioc, des arachides et des pâturages. Les régions du Centre et du Nord-Ouest suivent avec une déforestation entre 200 000 et 400 000 hectares sur la période 2011–2030. Nous remarquons que tandis que la déforestation dans le Centre et le Sud est expliquée à plus de 80 % par l'expansion du manioc, de l'arachide et du maïs, dans le Sud-Ouest le palmier à huile cause 75 % de la déforestation (Figure 38).

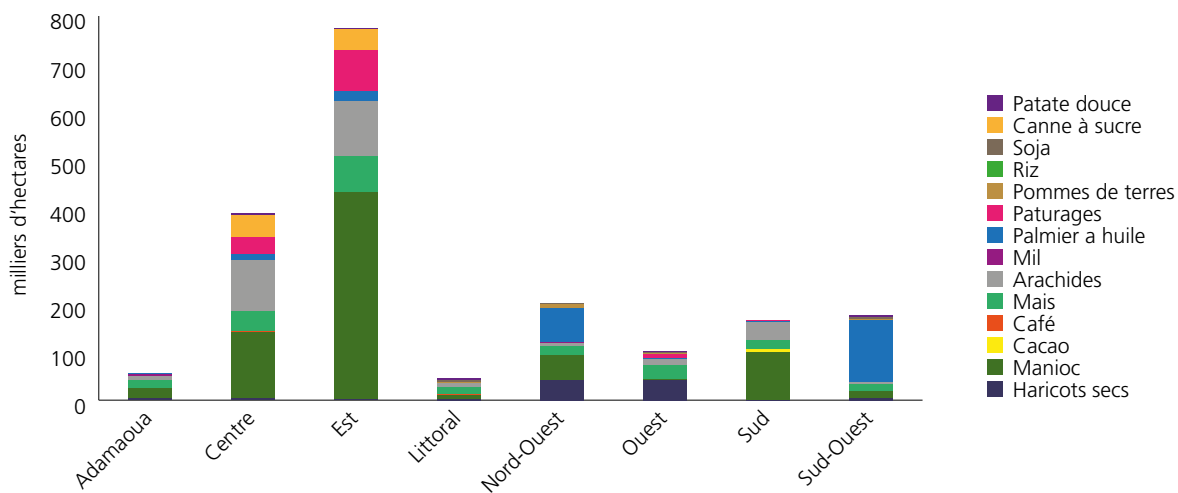


Figure 38. Déforestation cumulée entre 2010 et 2030 par région et par source au Cameroun

8.2 Production et consommation agricole

La consommation moyenne de calories par habitant par an augmente de 24 % entre 2010 et 2030 au Cameroun. La production de calories d'origine végétale (cultures) reste supérieure à la consommation sur la période 2011–2030 ce qui veut dire que le Cameroun garde son statut d'exportateur net de calories d'origine végétale sur la période. Plus précisément, le Cameroun exporte vers les produits voisins de nombreuses cultures vivrières comme le manioc, les arachides ou la pomme de terre, mais augmente toutefois les importations de céréales, notamment de riz et de blé entre 2011 et 2030 (+ 70 %). D'après nos résultats, l'augmentation de la consommation de calories d'origine animale (viande, poisson et lait) est principalement satisfaite à travers une augmentation des importations. Ces résultats sont néanmoins à prendre avec précaution car nos estimations ont tendance à sous-estimer la croissance de la production animale, notamment de poulets, au Cameroun (voir Section 7.3).

8.3 Exploitation du bois

Comme nous avons figé les surfaces sous concessions forestières à la surface actuelle et que nous ne prenons en compte que les forêts humides non inondées dans les concessions, nous obtenons 6.4 millions d'hectares de forêts exploitées au Cameroun en 2030 (cf. section 4.3.1). La production de grumes reste donc similaire à ce qu'elle est actuellement c'est-à-dire 2 millions de m³. La production annuelle de bois de chauffe passe de 11 à 18 millions de m³ entre 2010 et 2030 afin de satisfaire la demande en énergie de la population. Dans nos simulations, le bois de chauffe provient de forêts non gérées à proximité des centres urbains et des jachères agricoles. A l'heure actuelle, la dégradation des forêts liée au bois de chauffe n'est cependant pas comptabilisée (voir Section 10).

8.4 Les émissions

Nous utilisons cinq cartes de biomasse alternatives pour calculer les émissions issues de la déforestation au Cameroun : Saatchi (Saatchi *et al.*, 2011), Baccini (Baccini *et al.*, 2012), FRA 2010 (Kindermann *et al.* 2008), Mermoz (Mermoz *et al.*, 2014) et Avitabile (Avitabile *et al.*, 2016). Nos résultats montrent des émissions issues de la déforestation entre 702 et 1785 millions tCO₂ sur la période 2011–2030 selon les sources. Le choix de la carte de biomasse mène à une différence de 154 % des émissions cumulées issues de la déforestation au niveau national sur la période 2011–2030 (Figure 39). On observe que les différences d'émissions selon la carte de biomasse utilisée augmentent au cours de la période. L'intensité moyenne en carbone que l'on obtient (ou facteur d'émission par hectare) varie entre 94 et 239 tC/ha sur la période 2011–2030 selon la carte de biomasse utilisée (Tableau 6). Pour comparaison, (Harris *et al.*, 2012) trouvaient un contenu carbone moyen de la déforestation historique de 142 tC par hectare pour le Cameroun.

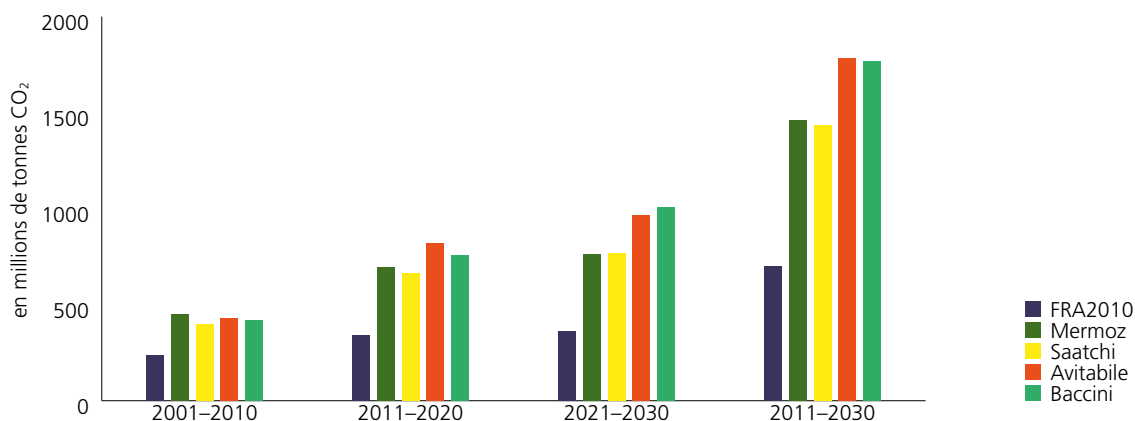


Figure 39. Emissions issues de la déforestation par période de 10 ans et cumulées sur la période 2010–2030 en utilisant différentes cartes de biomasse

Tableau 6. Evolution des facteurs d'émission pour la déforestation selon la carte de biomasse utilisée

Unité	Carte de biomasse	2001–2010	2011–2020	2021–2030	2011–2030
en tCO ₂ /ha	Baccini	718	836	895	869
	FRA2010	405	376	321	345
	Mermoz	777	768	676	717
	Saatchi	686	734	683	706
	Avitabile	742	902	857	877
en tC/ha	Baccini	196	228	244	237
	FRA2010	110	102	87	94
	Mermoz	212	209	184	195
	Saatchi	187	200	186	192
	Avitabile	202	246	234	239

Il y a deux autres sources principales d'émissions issues de l'utilisation des terres au Cameroun : l'exploitation forestière et la conversion d'autres terres naturelles pour l'agriculture. Le secteur agricole n'utilisant quasiment pas d'intrants et l'élevage étant faible dans nos simulations, très peu d'émissions sont issues de ce secteur d'activité au Cameroun (moins de dix millions de tonnes CO₂ sur 2011–2030). Si on utilise le facteur d'émission pour l'exploitation forestière conventionnelle formelle, on obtient 155 millions de tonnes CO₂ issues des concessions forestières sur la période 2011–2030. Cela représente 15 % des émissions issues de la déforestation. On estime également 261 millions de tonnes CO₂ dues à la conversion des autres terres naturelles en terres agricoles (Figure 40). Le total des émissions issues de la conversion des terres naturelles (forêts et autres), de l'agriculture et de l'exploitation forestière sous concessions atteint 2,2 gigatonnes de CO₂ sur la période 2011–2030.

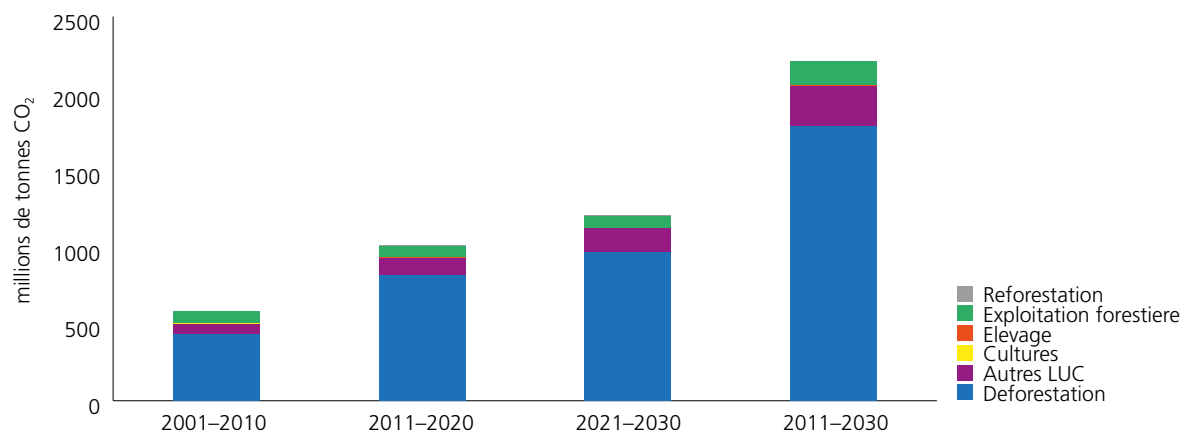


Figure 40. Emissions par source par période de 10 ans ou cumulées sur 2011–2030 au Cameroun

8.5 Impacts potentiels sur la biodiversité

La diminution à la fois des aires forestières et des autres terres naturelles dans le scénario de référence représente une menace pour la biodiversité dans ces aires et les services pour les hommes que ces zones naturelles peuvent fournir. Cependant, le changement d'utilisation des terres projeté, et les menaces à la biodiversité y relatives, ne sont pas repartis uniformément entre les différents écosystèmes du Cameroun (Figure 41). Les principaux moteurs du changement de l'utilisation des terres ne sont également pas les mêmes dans les différentes écorégions.

Dans la plupart des écorégions, le principal facteur de changement d'utilisation des terres est l'agriculture. Cependant dans les mangroves d'Afrique centrale et les forêts côtières de la Sanaga et de Bioko, la dégradation des forêts est aussi importante. L'impact de la conversion des forêts en forêts dégradées dépendra de l'ampleur de la dégradation observée. Une plus grande expansion des pâturages se manifeste dans les savanes est-soudanaises, le pâturage du bétail a un impact plus faible sur les zones de savane que la conversion des espaces en terres agricoles en fonction de l'intensité du pâturage dont il est question.

Le changement est présenté comme le pourcentage de la superficie totale de l'écorégion en pleine mutation.

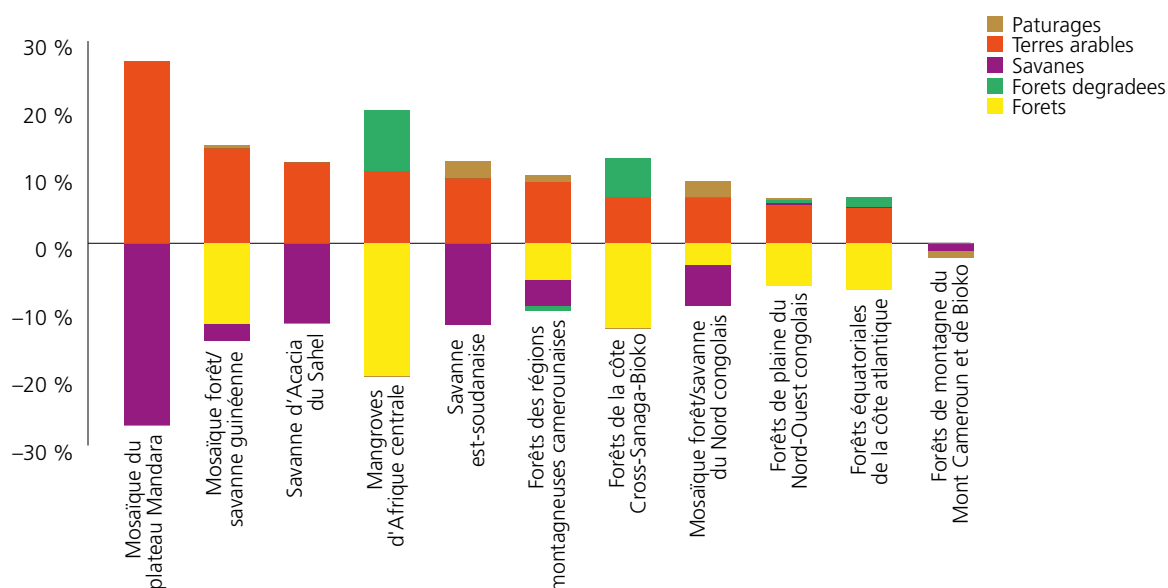
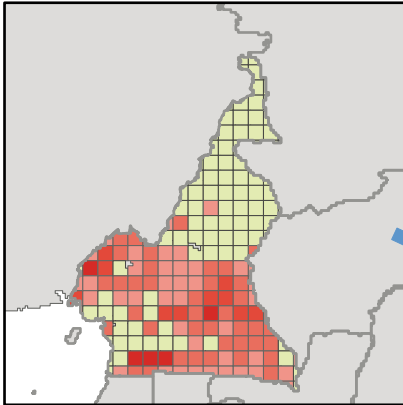


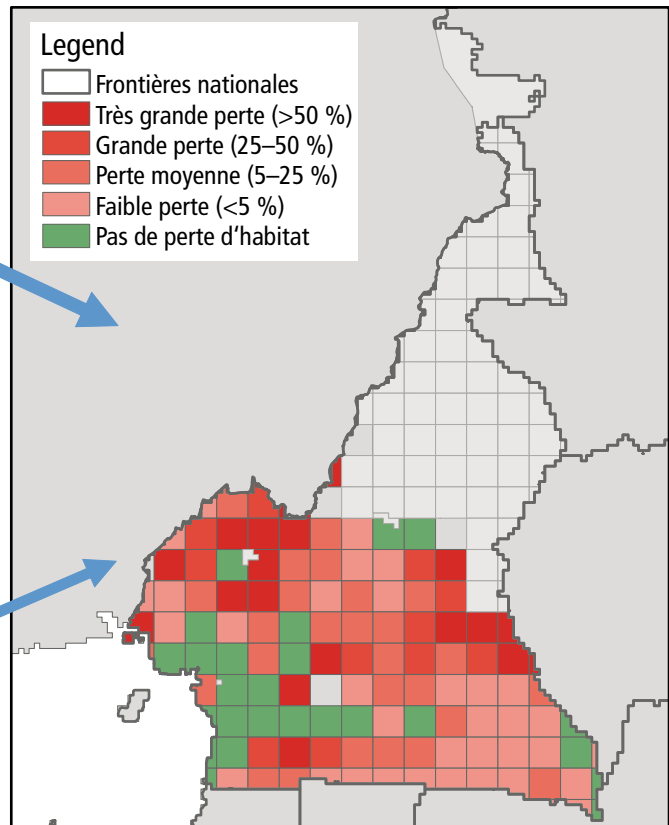
Figure 41. Variation totale de l'utilisation des terres sur la période 2011–2030 dans les écorégions du Cameroun.

La combinaison des informations sur la perte des forêts entre 2011 et 2030 avec les informations sur la répartition des grands singes souligne, selon les projections, une perte de leur habitat sur une grande partie de leur aire de répartition dans le pays dans le scénario de référence (Figure 42). Le modèle prédit une perte d'habitat particulièrement importante pour les grands singes dans les régions du Sud-Ouest, du Centre et de l'Est. La perte totale est supérieure à dix pourcent de leur étendue dans le pays et il y a un risque que cela augmente la fragmentation de la répartition des grands singes. En outre, l'étendue de la perte signifie qu'il y a beaucoup de régions dans lesquelles les services potentiels que les espèces de grands singes peuvent fournir, y compris leur rôle dans le soutien du développement des activités d'écotourisme, présentent un risque accru à l'avenir.

Modélisation de la distribution des déforestation (2010–2030) dans le scénario de base



Modélisation de l'impact des changements de couverture des sols sur l'habitat potentiel disponible pour les grands singes



Habitat potentiel pour les grands singes 2010

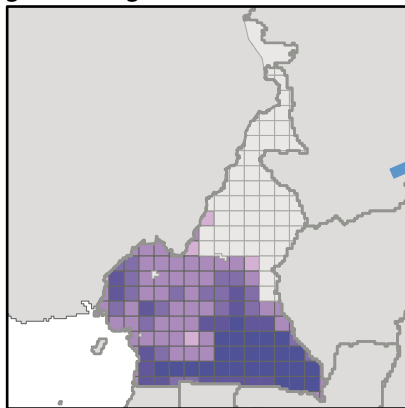


Figure 42. Impact sur l'aire d'habitat des Grands Singes

La perte estimée de la végétation naturelle aura un impact, non pas seulement sur les grands singes, mais sur toutes les espèces présentes dans ces aires, et sur les valeurs potentielles qu'elles peuvent offrir. La combinaison des informations sur les changements prévus d'utilisation des terres (y compris les forêts et les savanes) avec les informations sur la répartition des espèces et de leurs besoins en habitat souligne que 675 des 1367 espèces évaluées sont estimées perdre plus de 10 % de leur habitat potentiel disponible dans le pays dans le scénario de base, et 76 sont estimées perdre plus de 20 % de leur habitat potentiel disponible. 43 des 675 espèces estimées perdre plus de 10 % de leur habitat potentiel sont globalement menacées et 104 sont protégés par la loi. La combinaison des informations sur la proportion d'habitat perdu pour chaque espèce dans une aire produit un indice sur la perte totale d'habitat dans les différentes zones (Figure 43), la perte sera plus grande dans les aires où il y a à la fois une grande quantité de conversion et un grand nombre d'espèces qui perdent leur habitat.

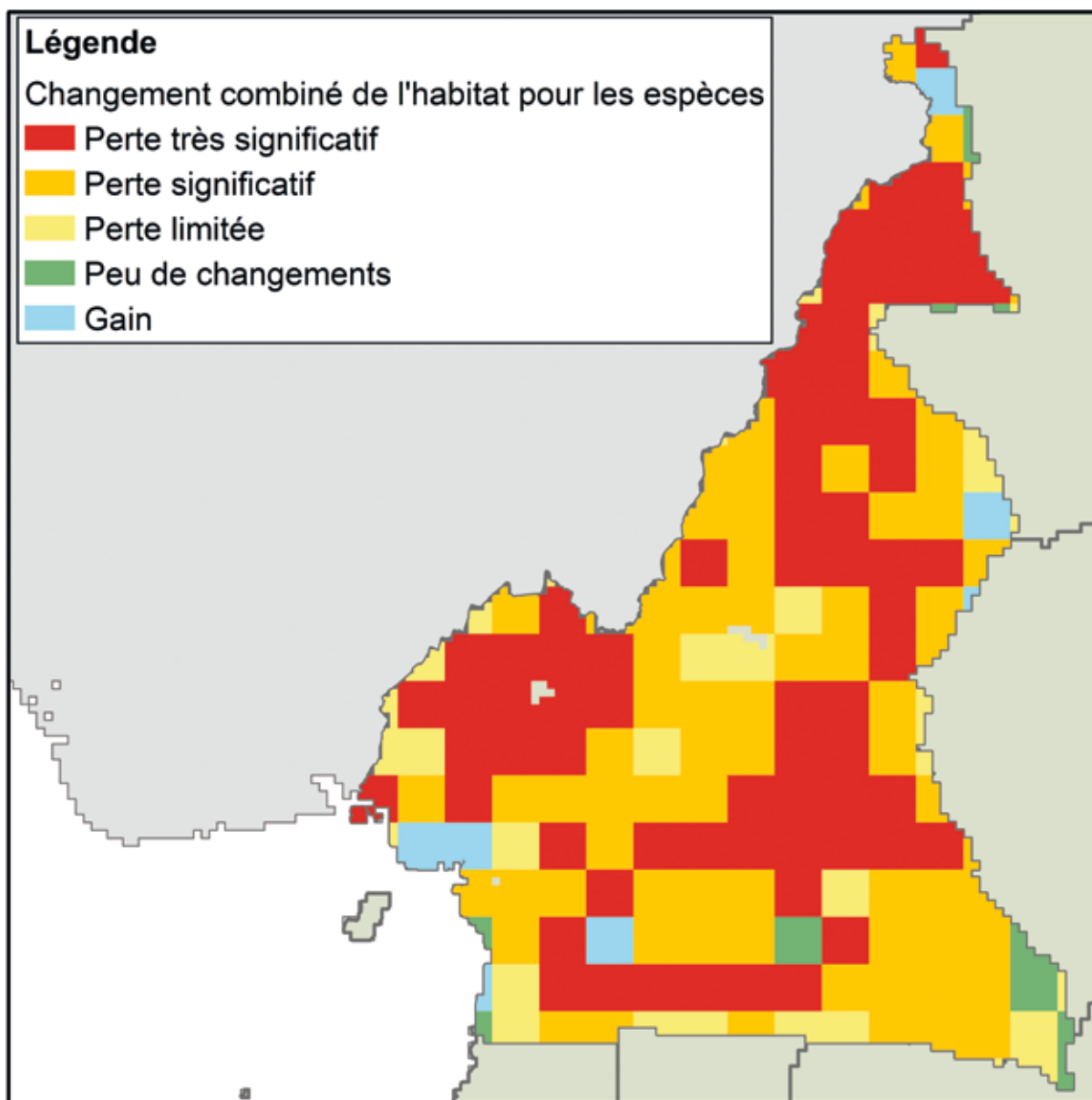


Figure 43. Carte de l'impact combiné de la perte d'habitat des espèces de 2030 à 2010 pour l'ensemble des espèces, pondérée par l'endémisme relatif de chaque espèce.

Il est difficile d'évaluer l'impact de la perte de l'habitat naturel sur les services écosystémiques fournis dans ces zones à cause de données d'information limitées sur les distributions des services écosystémiques. Toutefois, combiner les informations de changement d'usage des sols avec les informations sur la répartition du *Prunus Africana*, montre que la déforestation est susceptible de se produire dans 36 % de la superficie où il est fort probable de se produire et 12 % de la zone où il peut se produire.

9 Résultats pour les scénarios alternatifs

9.1 Déforestation et autres changements d'utilisation des terres

La déforestation totale entre 2011 et 2030 au Cameroun varie entre 1366 et 2210 milliers d'hectares soit une réduction de la déforestation de 33 % par rapport au scénario de base ou une augmentation de 9 % (Figure 44).

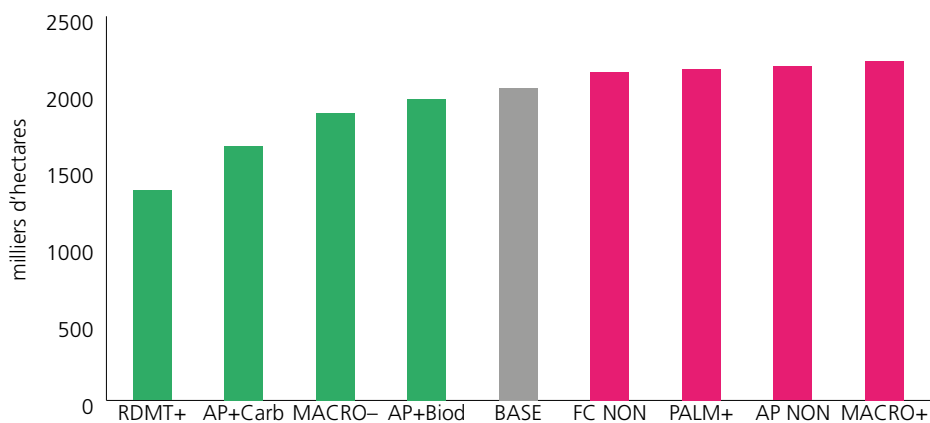


Figure 44. Déforestation totale cumulée sur la période 2010–2030 selon différents scénarios : les scénarios en bleu réduisent la déforestation future par rapport au scénario de base tandis que les scénarios en rouge augmentent la déforestation future

Le scénario le plus pessimiste est celui où il pourrait avoir une plus forte augmentation de la population et du PIB (MACRO+). Les autres scénarios qui entraînent une augmentation des pressions sur les forêts du Cameroun sont: une rétrocession des concessions forestières dans le domaine forestier non permanent (CF Non) ; les objectifs de développement du palmier à huile (Palm+) ; et le non-respect des aires protégées (AP Non).

Pour les facteurs qui pourraient conduire à une plus faible déforestation dans les prochaines décennies il y a l'utilisation des techniques de production agricole plus performantes (Rdmt+) qui est celui qui réduit le plus la déforestation par rapport au scénario de base. L'expansion des aires protégées jusqu'à 17 % du territoire national (AP+) contribuerait aussi à réduire la déforestation relativement au scénario de base. Nous rappelons ici que l'expansion des aires protégées est basée ici sur les zones où la pression démographique est particulièrement forte dans le futur. Une plus faible croissance démographique et économique (Macro-) réduirait également la déforestation par rapport au scénario de base, mais seulement de 8 %. Cependant, la déforestation pourrait être réduite presque d'autant sans réduire la croissance économique et la croissance démographique mais en investissant dans la création des aires protégées dans les zones soumises aux plus fortes menaces de perte de biodiversité (AP+Biod).

Pour l'ensemble des changements d'utilisation des terres sur la période 2011–2030 au Cameroun, on observe simultanément la plus grande conversion des autres terres naturelles et la plus grande déforestation dans le scénario de plus forte augmentation de la population et du PIB (Macro+) car ce scénario conduit à l'augmentation la plus forte de terres cultivées. Cependant, si les concessions forestières et les aires protégées existantes sont bien respectées, près de 50 % de cette expansion a lieu dans les savanes (Figure 45). Dans le cas où le gouvernement déciderait plutôt de miser sur des techniques de production agricole plus performantes (Rdmt+), cela conduirait à une plus faible conversion ou expansion des terres selon tous les différents types d'occupation.

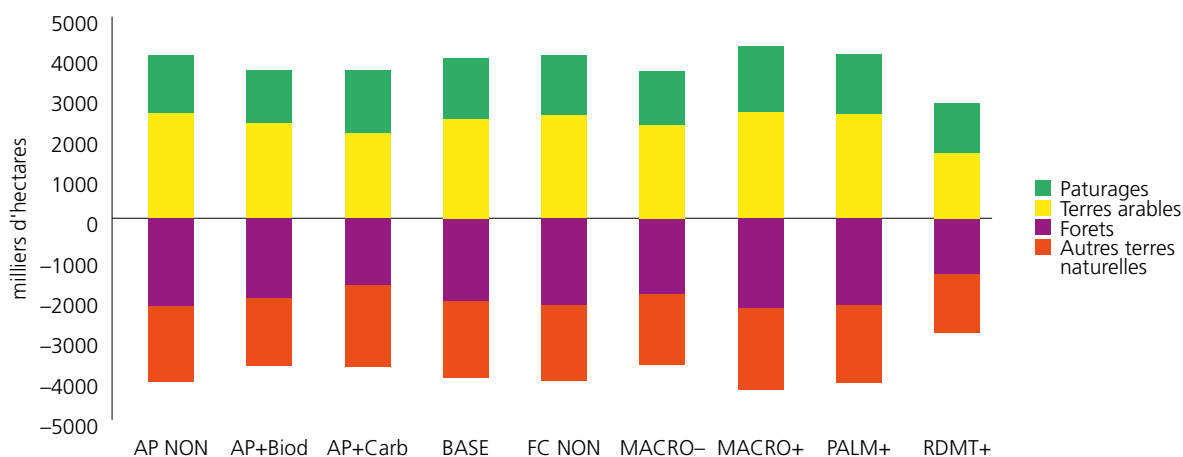


Figure 45. Conversion ou expansion des différents types d'occupation des sols entre 2011 et 2030 pour chaque scénario.

9.2 Production et consommation agricole

La consommation de produits agricoles augmente dans le scénario Macro+ et diminue dans le scénario Macro- ce qui n'est pas surprenant compte tenu de la variation dans le même sens de la population et des revenus dans ces deux scénarios (Figure 46). Cependant en termes de consommation moyenne de calories par habitant, les deux scénarios conduisent à une diminution. Cela s'explique par l'évolution des prix. En effet même si dans le scénario Macro+, les habitants ont des revenus plus élevés, l'augmentation de la demande au Cameroun et des exportations vers les pays voisins conduit à une augmentation des prix sur les marchés agricoles qui au final freine la consommation par individu. On observe également une réduction de la consommation dans les scénarios d'expansion des aires protégées mais cela reste limité à 5 % maximum. On remarque que le scénario d'expansion des aires protégées sur un critère de biodiversité est plus pénalisant pour la production agricole et la consommation alimentaire que le scénario d'expansion sur un critère carbone. L'augmentation des rendements agricoles augmente la consommation de toutes les cultures. Cependant ce scénario entraîne une réduction de la production de certaines cultures comme le manioc du fait de la réduction des exportations vers les pays voisins, du fait de l'amélioration de la productivité agricole dans toute la sous-région dans ce scénario. De manière générale, on constate une plus grande variation de la production que de la consommation, du fait des ajustements du commerce extérieur.

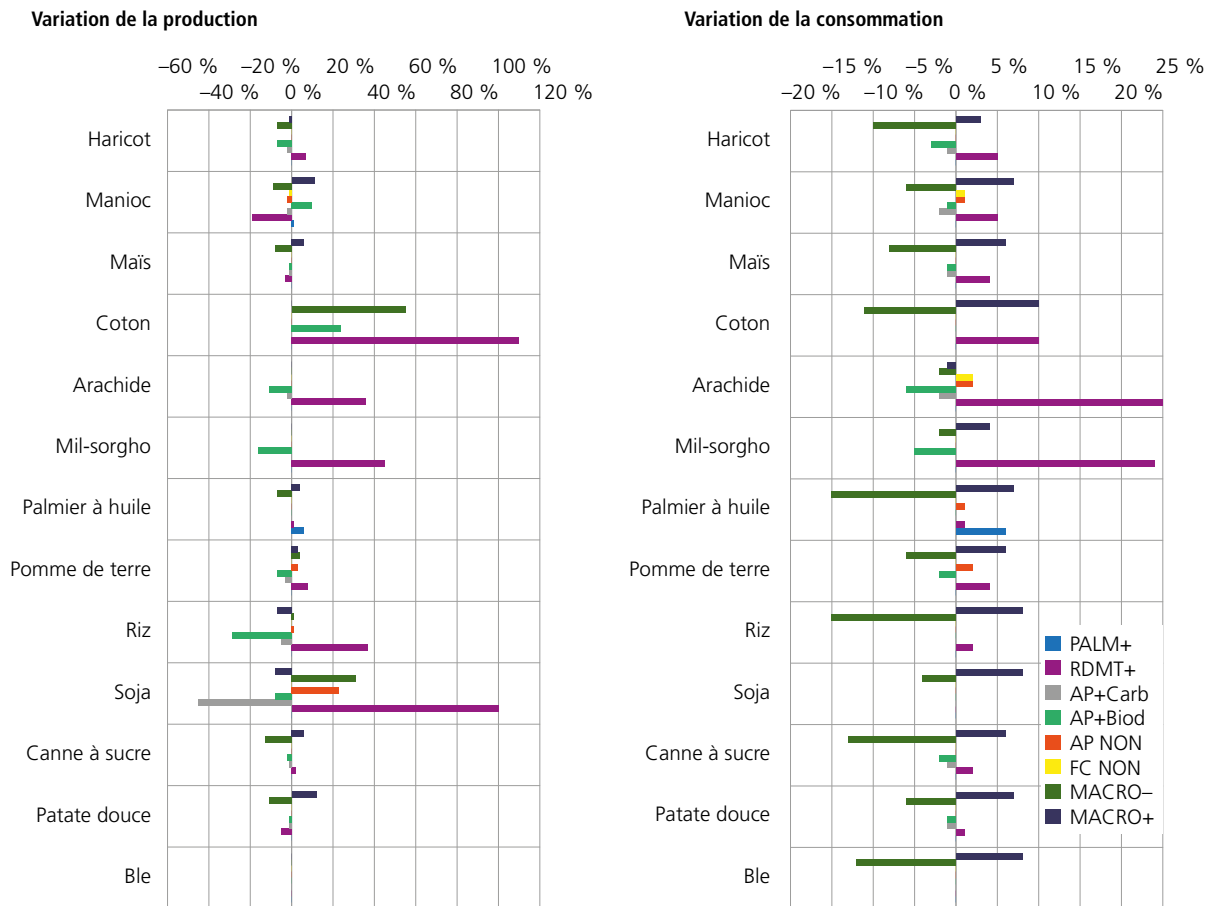


Figure 46. Variation de la production (gauche) et de la consommation (droite) par culture en 2030 par rapport au scénario de base

9.3 Emissions

Les émissions issues de la déforestation sur la période 2011–2030 varient entre 517 et 1954 millions de tCO₂, soit une variation entre -26% et +9% par rapport au scénario de base (Figure 47). On remarque qu’au Cameroun, les émissions issues de la déforestation augmentent proportionnellement aux surfaces déforestées selon les différents scénarios. Lorsque l’on prend en compte les autres sources d’émissions représentées dans le modèle, on voit que les émissions totales varient entre -35% et +9% par rapport au scénario de base. On remarque que les émissions issues de la conversion des autres terres naturelles tendent à augmenter dans les scénarios d’expansion des aires protégées. Cela pourrait s’expliquer par le renforcement de la protection de zones où les rendements sont plus élevés qui entraîne des besoins en terre plus élevés pour le même niveau de production. Cela pourrait également s’expliquer par le renforcement de la protection de zones forestières qui sont utilisées pour la production agricole dans les autres scénarios, conduisant à une relocation de la production agricole dans les autres terres naturelles.

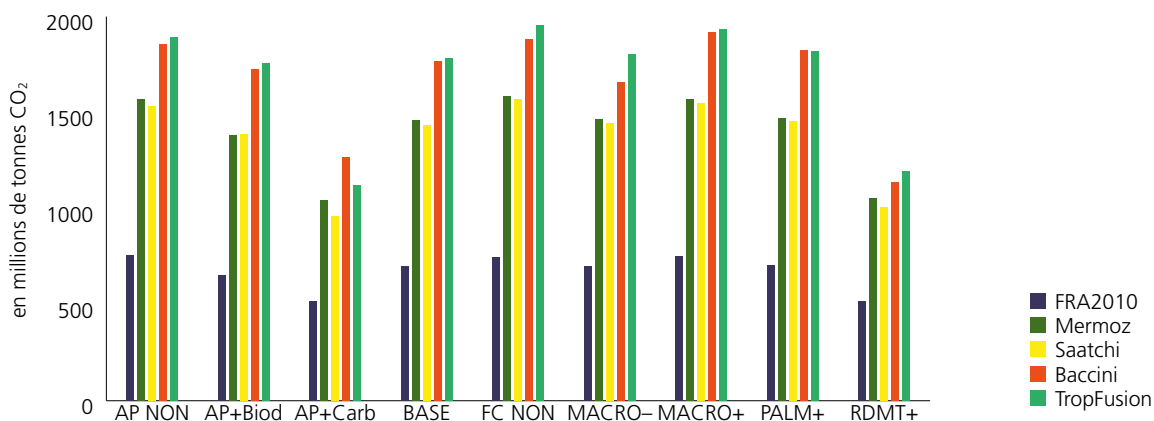


Figure 47. Variation des émissions issues de la déforestation sur la période 2011–2030 au Cameroun selon les scénarios et la carte de biomasse utilisée

9.4 Impacts sur la biodiversité

Les impacts sur la biodiversité varient entre les différents scénarios, et le scénario qui a le plus d'impact dépend de l'aspect de la biodiversité considéré. La Figure 48 montre l'impact total sur l'habitat du gorille des plaines occidentales (*Gorilla gorilla*) et du chimpanzé (*Pan troglodytes*). Là où la déforestation conduit à la perte d'étendues représentant un habitat pour les deux espèces, la zone est effectivement représentée deux fois. Par conséquent, les scénarios où chaque espèce perd en habitat à des endroits différents ont un impact équivalent aux scénarios où les deux espèces perdent de leur habitat aux mêmes endroits. Dans les zones où les espèces coïncident, l'aire de perte totale de l'habitat des espèces peut donc être supérieure à l'aire déforestée totale. Le non-respect des aires protégées et la suppression des concessions forestières entraînent une augmentation de la perte de l'habitat des grands singes par rapport au scénario de base. Cela souligne l'importance de s'assurer que les aires protégées et les concessions forestières soient effectivement gardées.

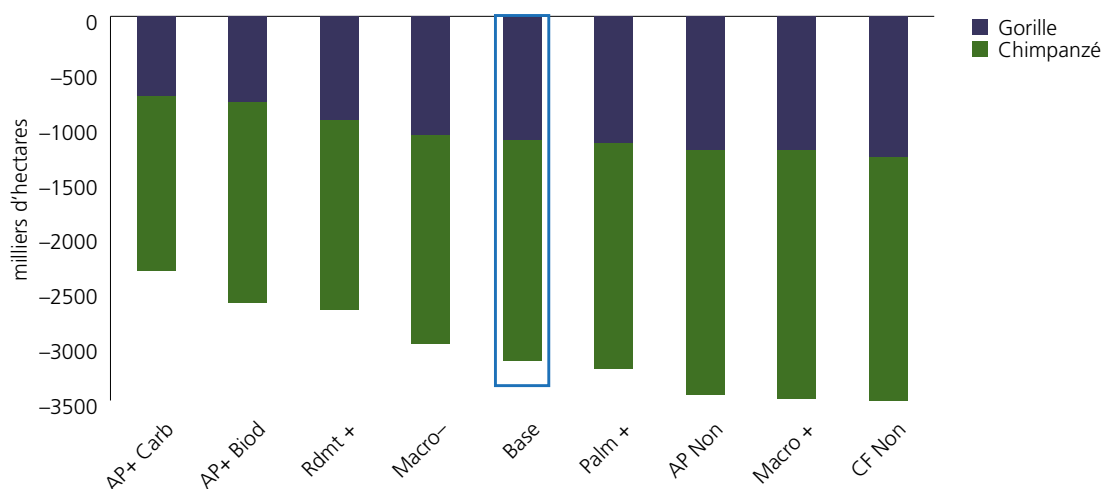


Figure 48. Impact des différents scénarios sur la perte d'habitat potentiel pour les grands singes 2030.

Les scénarios dans lesquels la perte d'habitat des espèces est la moindre, et dans lesquels la perte de l'habitat des grands singes est minimale, sont ceux où il y a une expansion des aires protégées, ce qui souligne le rôle important que les aires protégées peuvent jouer dans la protection de la biodiversité et des

services écosystémiques, tels que le tourisme lié aux grands singes (Figure 49). Parmi les scénarios modélisés, le scénario dans lequel les aires protégées sont étendues seulement sur la base du critère de l'habitat des espèces les plus menacées (AP+Biod), conduit sans surprise à la plus grande réduction de la perte d'habitat de toutes les espèces. C'est également le scénario qui conduit au plus petit nombre d'espèces qui perdent plus de 30 % d'habitat, et le scénario qui conduit à la plus petite perte de zones où le *Prunus* est présent. Même si en pratique, les aires protégées sont créées en fonction de nombreux autres critères (présence d'espèces ou écosystèmes spécifiques, de certains services écosystémiques, point de vue des parties prenantes locales ou encore faisabilité), cette simulation permet de déterminer dans quelle mesure une telle expansion sur la base du seul critère d'évitement de la perte future d'habitat pour les espèces pourrait contribuer à cet objectif.

Le classement des scénarios d'expansion des aires protégées est différent pour les grands singes. Le scénario fondé sur les critères de biodiversité alloue l'expansion des aires protégées sur la base des pressions futures sur l'habitat d'un large éventail d'espèces, y compris les espèces non forestières, et ces critères peuvent ne pas être les plus efficaces pour protéger l'habitat des grands singes qui tend plutôt à coïncider avec les zones de forêt dense à teneur élevée en carbone. Cela met en évidence les arbitrages éventuels à réaliser entre le but de protéger un large éventail d'espèces et celui de se concentrer sur des espèces ou services écosystémiques particuliers.

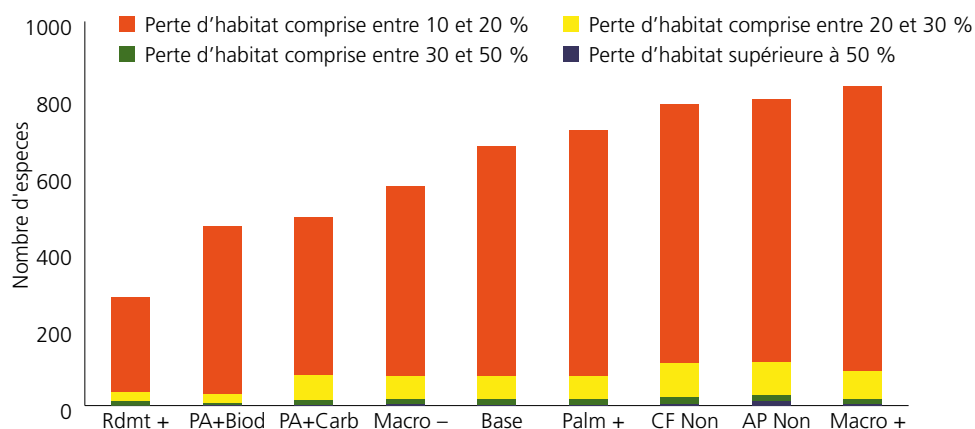


Figure 49. Nombre d'espèces dont une certaine part de leur aire d'habitat potentiel est convertie à d'autres usages sur la période 2010–2030

En termes des impacts sur les services écosystémiques, le scénario dans lequel il y a le plus de déforestation dans les zones où la présence de *Prunus Africana* est probable est le scénario de non-respect des aires protégées (AP Non) tandis que le scénario AP+Biod permet de préserver le plus le *Prunus Africana*. Bien que la distribution d'autres services écosystémiques (y compris des autres produits forestiers non ligneux) pourrait ne pas correspondre à celui du *Prunus Africana*, ces résultats montrent toutefois le rôle considérable que les aires protégées peuvent jouer dans la protection des écosystèmes. Les grandes barres d'erreur sur la Figure 49 montrent que l'impact sera variable en fonction de l'emplacement des changements d'utilisation des terres par rapport à la localisation des zones importantes pour les services écosystémiques. La perte de *Prunus Africana* pourrait varier considérablement selon que la déforestation a plus ou moins de chance de se produire dans les endroits où le *Prunus* est présent plutôt que dans les forêts avoisinantes dans les mêmes unités de simulation.

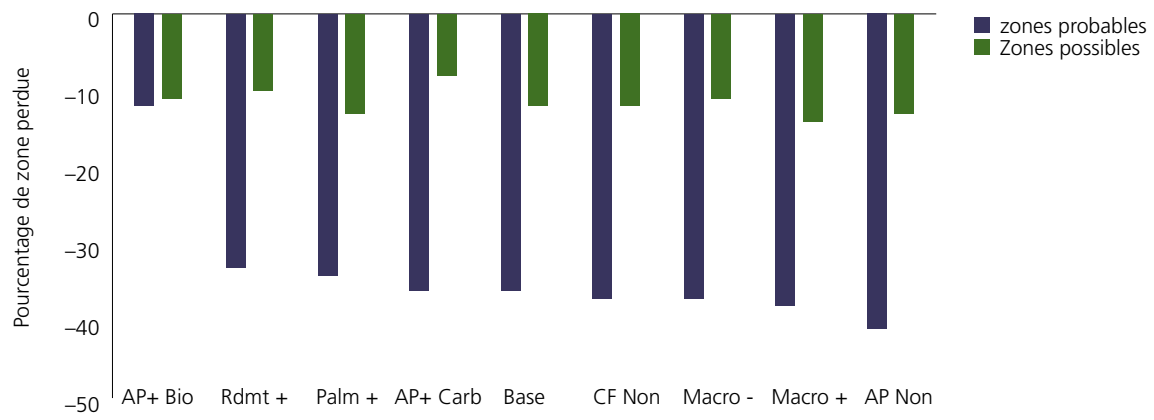


Figure 50. L'impact de différents scénarios sur l'aire de répartition possible et probable du prunus en pourcentage de la surface qui est touché par la déforestation.

10 Quels facteurs peuvent réconcilier plusieurs objectifs ?

10.1 OMD et ODD

Les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) ont été adoptés par les 193 Etats membres de l'ONU en 2000 à New York. Les huit objectifs recouvrent des grands enjeux humanitaires avec des cibles chiffrées pour les progrès à réaliser à l'horizon 2015. Dans le cadre de cette étude, deux de ces objectifs sont particulièrement importants.

- **Eliminer l'extrême pauvreté et la faim (Objectif 1)** : les cibles étaient de réduire de moitié, entre 1990 et 2015, la proportion de la population dont le revenu est inférieur à un dollar par jour, d'assurer le plein-emploi et la possibilité pour chacun, y compris les femmes et les jeunes, de trouver un travail décent et productif, et de réduire de moitié, entre 1990 et 2015, la proportion de la population qui souffre de la faim.
- **Assurer un environnement durable (Objectif 7)** : les cibles étaient d'intégrer les principes du développement durable dans les politiques et programmes nationaux et d'inverser la tendance à la déperdition des ressources environnementales et de réduire la perte de biodiversité et atteindre, d'ici à 2010, une diminution significative du taux de perte.

En 2013, lors de l'évaluation de l'atteinte de ces objectifs pour les différents pays, le problème de disponibilité des données a néanmoins été souligné : **« Dans de nombreux pays, la disponibilité, la fréquence et la qualité des données pour mesurer la pauvreté restent d'un faible niveau [...]. Des obstacles institutionnels, politiques et financiers entravent la collecte, l'analyse et l'accès public aux données. Il est urgent d'améliorer dans ces pays les programmes d'enquêtes sur les ménages pour mesurer la pauvreté. »**

En 2015, les Etats membres de l'ONU ont adopté un nouveau programme de développement durable avec 17 objectifs mondiaux qui prennent la suite des objectifs de développement pour le millénaire pour la période 2016–2030. Comme pour ces derniers, des cibles chiffrées ont été définies pour chaque objectif.

- **L'élimination de la pauvreté sous toutes ses formes (Objectif 1)**
- **L'élimination de la faim¹⁷ (Objectif 2)** : les cibles sont notamment de doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs d'ici 2030, et d'assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui contribuent à la préservation des écosystèmes, renforcent les capacités d'adaptation aux catastrophes climatiques et aux changements climatiques, et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols.
- **Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres (Objectif 15)** : cela inclut la promotion de la gestion durable de tous les types de forêt, la fin de la déforestation, la restauration des forêts dégradées et l'accroissement du boisement et du reboisement, ce qui est assez proche des objectifs de REDD+. Un accent particulier est également mis sur la préservation de la biodiversité dans l'objectif 15 avec notamment la lutte contre le braconnage et la protection des espèces menacées.

17 <http://www.un.org/fr/zerohunger/#&panel1-1>

10.2 Analyse multi-objective

Les décideurs politiques sont souvent confrontés à la nécessité de réaliser plusieurs objectifs avec des ressources limitées. Les politiques qui peuvent permettre de réaliser plusieurs objectifs à la fois sont donc susceptibles d'intéresser particulièrement les décideurs.

Nous comparons ici l'impact de chaque scénario sur trois objectifs : la sécurité alimentaire, la lutte contre le réchauffement climatique et la protection de la biodiversité. Pour chacun de ces objectifs, nous avons retenu deux indicateurs qui peuvent être calculés en utilisant les résultats du modèle. Pour le développement économique et la sécurité alimentaire nous avons retenu a) la production moyenne de calories d'origine végétale par habitant en 2030 et b) la valeur des importations agricoles nettes d'origine végétale en 2030. Ceci peut faire écho aux objectifs de développement durable 2 pour éliminer la faim et assurer la sécurité alimentaire mais aussi l'objectif 8 pour une croissance économique inclusive créatrice d'emplois pour tous. Pour la lutte contre le réchauffement climatique nous avons retenu c) les émissions issues du secteur agricole et du changement d'usage des terres entre 2011–2030 et d) les émissions issues de la déforestation seulement entre 2011 et 2030. Ces indicateurs sont pertinents pour mesurer les progrès vers l'objectif de développement durable 13 pour combattre le réchauffement climatique, et les engagements du Cameroun pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le cadre des négociations à l'UNFCCC et plus particulièrement, dans le cadre du processus REDD+. Enfin pour la conservation et l'usage durable de la biodiversité nous considérons e) la perte de l'aire d'habitat potentiel des grands singes dans le pays et f) le nombre d'espèces qui perdent plus de 10 % de leur habitat potentiel dans le pays entre 2010 et 2030. Ceci est directement lié à l'objectif de développement durable 15 pour la préservation de la biodiversité.

Tableau 7. Comparaison des scénarios sur leur contribution à plusieurs objectifs (la couleur verte indique un rapprochement vers la réalisation d'un objectif tandis que la couleur rouge signifie un éloignement de l'objectif)

	Développement économique et sécurité alimentaire		Atténuation du changement climatique		Conservation et usage durable de biodiversité	
	Calories produites par hab.	Exportations nettes	Emissions totales	Emissions issues de la déforestation	Perte d'habitat des grands singes	Nombre d'espèces qui perdent > 10 % de leur habitat
BASE	2303	266	2444	1785.0	10.9 %	675
MACRO+	-2.2 %	15.2 %	9.3 %	8.4 %	11.1 %	23.0 %
MACRO-	-0.5 %	-21.6 %	-5.8 %	1.0 %	-5.1 %	-15.4 %
AP Non	-0.6 %	-14.0 %	5.1 %	6.0 %	10.0 %	18.1 %
CF Non	-0.4 %	-8.5 %	8.0 %	9.4 %	11.5 %	16.3 %
AP +	1.3 %	-16.9 %	5.0 %	-1.7 %	-18.0 %	-41.9 %
RDMT +	-2.2 %	-60.0 %	-36.7 %	-33.2 %	-14.7 %	-58.2 %
PALM+	1.4 %	-3.1 %	5.6 %	1.9 %	2.3 %	6.2 %

Il n'y a aucun scénario pour lequel on observe une amélioration de tous les objectifs à la fois (Tableau 7). L'augmentation des rendements agricoles (Rdmt+), permet une amélioration des indicateurs environnementaux, que ce soit pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou un plus faible impact sur la faune. Cependant, ce scénario entraîne une réduction des exportations agricoles et de la production de calories par habitant. Cela est dû à la dimension sous régionale de la définition de ces scénarios : en effet, tous ces scénarios sont introduits pour tous les pays de la COMIFAC en même temps. Comme le Cameroun exporte des produits agricoles vers les autres pays de la région, lorsque ceux-ci connaissent une augmentation de leur productivité (Rdmt+), ou une réduction de leur consommation (Macro-), cela a comme répercussion une diminution de la production au Cameroun pour les cultures qui sont exportées. Dans nos travaux futurs, nous ferons des simulations pour essayer de distinguer l'impact des changements purement internes des changements dans le reste de la sous-région.

11 Discussion des résultats

La magnitude de la déforestation et des émissions associées que nous avons obtenue dans cette étude dépend en partie de facteurs qui n'ont pas pu être mesurés avec précision ou de mécanismes qui ne sont pas parfaitement représentés dans le modèle à l'heure actuelle. Nous discutons dans les paragraphes suivants les principales sources d'incertitude de cette étude et les pistes d'amélioration pour nos travaux futurs.

11.1 L'agriculture

Depuis 2006, le Cameroun a interdit les importations de poulet congelé à bas prix qui avaient commencé d'envahir le marché local. Cette mesure qui a été obtenue après plusieurs années de mobilisation de la société civile, a permis de relancer la production de poulets au Cameroun. On estime que 90 % de la demande est aujourd'hui couverte par la production locale contre seulement 37 % en 2003 (Dupraz *et al.*, 2009) alors que la consommation de poulets a augmenté de 30 % entre 2003 et 2011. La production de porc a également doublé entre 2000 et 2010 au Cameroun (FAOSTAT). Cette augmentation de l'élevage, particulièrement de poulets et de porcs, a entraîné une forte augmentation de l'utilisation de maïs et de sorgho au cours de la dernière décennie au Cameroun. L'utilisation du maïs pour l'alimentation animale est passée de 170 à 475 milliers de tonnes entre 2000 et 2010, ce qui représente la moitié de l'augmentation de la demande totale (FAOSTAT). Alors que les objectifs nationaux de consommation de viande sont d'atteindre 33 kg de viande par habitant et par an contre 13 kg à l'heure actuelle, les perspectives de croissance de l'élevage sont grandes au Cameroun (Labonne *et al.*, 2007). L'élevage confiné a des impacts directs limités sur l'utilisation des terres mais les impacts indirects sur les terres cultivées à travers une augmentation de l'utilisation des cultures pour l'alimentation animale peuvent être importants. Nos résultats sous-estiment l'expansion de l'élevage au Cameroun et cela a certainement des conséquences sur l'expansion des terres cultivées, notamment pour les céréales. L'introduction de l'interdiction des importations de poulets et la collecte de données plus spécifiques au secteur de l'élevage au Cameroun devraient permettre d'améliorer nos résultats dans le futur.

Nos résultats montrent qu'une augmentation des rendements agricoles permettrait de réduire la déforestation future au Cameroun. Plusieurs articles ont cependant montré qu'une augmentation des rendements agricoles peut en fait s'accompagner d'une augmentation de la déforestation (Byerlee *et al.*, 2014; Hertel *et al.*, 2014; Rudel *et al.*, 2009). Dans le cadre d'un projet pour la Banque Mondiale où le modèle CongoBIOM avait été utilisé pour la première fois, nous avons également trouvé qu'une augmentation des rendements agricoles entraînait une augmentation de la déforestation (Mosnier *et al.*, 2012). Le modèle a connu d'importantes modifications depuis 2010, ce qui peut expliquer la différence de résultat dans cette étude. Le mécanisme économique qui peut expliquer une augmentation de la déforestation suite à une augmentation de la productivité agricole est le fait qu'une augmentation de la productivité tend à faire diminuer le coût de production par unité et donc le prix des denrées agricoles. Ces prix plus bas stimulent la consommation qui peut augmenter potentiellement plus que ce qui peut être atteint par la seule augmentation de productivité par hectare, menant alors à une augmentation des surfaces cultivées. Côté production, il est donc crucial de connaître quelles technologies peuvent être utilisées, leur coût, et leur impact sur la productivité, et côté demande, comment réagit la consommation face à un changement de prix (élasticité prix de la demande). Il est aussi important de comprendre quelles sont les principales contraintes des agriculteurs afin d'augmenter les chances d'adoption de ces nouvelles pratiques (investissement en travail, coût des intrants, sécurité des investissements, etc.). Suite à cette étude, nous allons donc mener une étude de sensibilité approfondie pour analyser en détail sous quelles conditions l'augmentation des rendements agricoles entraîne ou non une réduction de la déforestation dans le Bassin du Congo avec GLOBIOM.

L'agriculture provoque la disparition totale de la forêt dans notre modèle. En réalité, le système itinérant sur brûlis qui est encore le plus répandu dans les zones forestières au Cameroun, garde souvent les arbres de valeur pendant la mise en culture. De plus, deux à trois années de culture sont généralement suivies de plusieurs années de jachères, ce qui permet la régénération de la forêt sur les terres abandonnées (Makana et Thomas, 2006; Russell *et al.*, 2011). La croissance des stocks de carbone est particulièrement rapide pendant les 20 premières années après l'arrêt des cultures. Cela peut se traduire en une séquestration de carbone de 3 à 9 tC par an par hectare selon la fertilité du sol et le temps de jachères (Palm *et al.*, 2000). D'après nos résultats, il pourrait y avoir plus de 4,3 millions d'hectares en jachères en 2030 au Cameroun. Même si certaines zones ont des jachères moins longues et des sols moins fertiles qui peuvent réduire la capacité de régénération des forêts, les jachères agricoles en zone forestière pourraient représenter une séquestration importante de carbone dans le bilan carbone national. La contribution du système agricole traditionnel à la séquestration de carbone dans le Bassin du Congo fera l'objet d'une évaluation plus détaillée dans nos prochains travaux.

L'aquaculture est actuellement marginale au Cameroun avec moins de 1000 tonnes par an (AQUASTAT ; FAO). Cependant alors que la consommation moyenne annuelle de poisson par habitant s'élève à 18 kg (soit plus que la consommation de viande) et que les pêcheries semblent avoir atteint leur niveau maximal d'exploitation (150 000 tonnes par an), l'aquaculture a un fort potentiel de développement au Cameroun. Un peu partout dans le monde, l'aquaculture est considérée comme une alternative durable au déclin des stocks naturels de poisson suite à la pêche intensive (AQUASTAT). Il convient cependant de faire une analyse détaillée du système de production mis en place dans les aquacultures afin de déterminer leur niveau de durabilité. L'alimentation des poissons dans les systèmes d'aquaculture peut reposer sur des mélanges de farines d'origine animale et végétale qui peuvent avoir un impact indirect sur l'utilisation des terres ou bien sur l'utilisation de résidus des cultures ou de l'alimentation humaine. De plus, le développement de l'aquaculture peut avoir des effets nocifs sur l'environnement à travers l'utilisation de produits chimiques pour traiter les maladies et parasites des poissons et le rejet des boues des étangs. En Indonésie, certains auteurs ont également souligné le risque accru d'érosion et d'affaissement des côtes suite à l'expansion rapide de l'aquaculture au cours de la dernière décennie au détriment des mangroves (van Wesenbeeck *et al.*, 2015).

La forte augmentation de la déforestation qui est projetée par le modèle au Cameroun au cours des prochaines décennies est en partie provoquée par l'augmentation des exportations agricoles du Cameroun vers ses pays voisins. On estime que le Gabon et la Guinée Equatoriale sont à l'heure actuelle les plus grands débouchés des exportations agricoles du Cameroun du fait de leur proximité avec les principaux sites d'approvisionnement et leur pouvoir d'achat relativement élevé comparé aux autres pays de la région (Nkendah *et al.*, 2012). Les principaux produits exportés sont le manioc, la banane plantain, le macabo, la pomme de terre ou encore les haricots. Malheureusement, il est difficile d'avoir une idée précise sur le niveau de ces exportations car la plupart de ces flux transfrontaliers passent par la voie terrestre et sont sous-reportés. En l'absence de statistiques fiables, il est difficile de savoir si les estimations du modèle sont réalistes. Cet aspect sera un axe de recherche dans nos travaux futurs.

11.2 L'exploitation forestière

Malgré nos efforts pour collecter des données, la modélisation de la coexistence de l'exploitation informelle et formelle des forêts mérite encore des efforts. Dans le modèle, les deux types d'exploitation sont en concurrence directe sur les marchés où le prix est le même pour tout le monde alors que dans la réalité les marchés de l'export, réservés aux concessionnaires, et les marchés locaux, moins regardant sur la provenance du bois et utilisant plus d'espèces, sont assez différenciés (Bayol *et al.*, 2014). Il y a également

une différence des exigences en termes de durabilité et de traçabilité de l'exploitation forestière selon les pays destinataires. Cette étude repose sur une hypothèse de respect des plans de gestion dans les concessions. Le plan d'action FLEGT qui devrait bannir les importations de bois illégal en Europe devrait renforcer leur mise en œuvre mais il y a des risques de « fuite » d'exportations de bois illégal vers les marchés asiatiques qui sont actuellement peu regardant en matière de durabilité. Pour l'exploitation informelle, nous manquons encore d'informations sur la disponibilité de la ressource en bois, la localisation de l'exploitation et l'impact à long terme sur les peuplements. Ainsi, bien que plusieurs études soulignent l'importance du secteur informel dans les pays du Bassin du Congo avec des volumes de bois extraits autour d'un tiers du secteur formel (Lescuyer et Cerutti, 2013; Ondele-Kanga, 2012) il ne nous a pas été possible de représenter la dégradation forestière et les émissions associées dans cette étude.

11.3 L'expansion des aires protégées

Dans deux scénarios, les zones d'expansion des aires protégées ont été identifiées sur la base d'un critère unique : la perte d'habitat des espèces dans 'AP+ Biod' et la teneur en carbone dans 'AP+ Carb'. Par conséquent, ces scénarios sont susceptibles de représenter l'impact possible sur ces indicateurs spécifiques de l'expansion des zones protégées pour inclure 17 % de la superficie. En réalité, l'expansion des aires protégées dépendra d'un large éventail de critères, y compris d'un certain nombre d'aspects différents liés à la biodiversité, et, devrait idéalement être développée dans le cadre de la planification systématique de la conservation (Worboys *et al.*, 2015). La planification systématique de la conservation comprend l'identification des priorités nationales de conservation (par exemple cibles sur certaines espèces, certains types ou éléments de végétation), l'examen de la mesure dans laquelle le réseau de conservation actuel répond à ces objectifs et la sélection de zones supplémentaires pour combler les lacunes. Le scénario 'AP+Biod' est basé sur une menace globale portant sur tous les mammifères, amphibiens et oiseaux pour lesquels des données sont disponibles, et ne tient pas compte des lacunes dans la couverture des espèces, ou le fait que les aires protégées puissent être développées pour protéger des espèces spécifiques, par exemple des espèces charismatiques particulières.

La connectivité entre les aires protégées et la protection des paysages intacts sont également deux éléments importants de la planification des aires protégées (Worboys *et al.* 2015), et qui ne figurent pas dans les scénarios 'AP+'. Dans les scénarios 'AP+', les zones les plus riches en biodiversité ou avec la plus grande perte en carbone dans le scénario de base ont été sélectionnées pour l'expansion des aires protégées, même si celles-ci faisaient partie d'une cellule isolée. La protection de plus grandes étendues d'habitat naturel peut réduire les pressions liées à la fragmentation et accroître la résilience de ces aires, et un tel scénario pourrait concentrer l'emplacement des aires protégées et donc leur impact sur l'utilisation des terres en comparaison avec les scénarios modélisés. En outre, les zones riches en biodiversité ou en teneur carbone élevée qui sont les plus susceptibles de subir un changement d'utilisation des terres (c'est-à-dire les aires sélectionnées dans les scénarios 'AP+' pour l'expansion des aires protégées), peuvent également être les aires où il y a les plus grands coûts d'opportunité pour développer les aires protégées et restreindre le changement dans l'utilisation des terres, rendant le développement des aires protégées dans ces endroits plus difficiles. Dans l'ensemble, bien que les scénarios 'AP+' ne représentent pas la réalité complète des endroits où l'expansion des APs est susceptible de se produire, car l'emplacement de nouvelles aires protégées doit être une décision politique avec le consentement total préalable et éclairé des populations locales, les scénarios montrent que les aires protégées peuvent soutenir la conservation de la biodiversité et des stocks de carbone de la biomasse au Cameroun.

12 Conclusion

Selon des projections modérées, près de 28 millions de personnes vivront au Cameroun en 2030, dont 62 % dans les villes, et le PIB par tête moyen doublera presque par rapport à 2010. Cela engendrera une hausse de la demande locale de produits agricoles qui se traduira vraisemblablement par une augmentation des surfaces cultivées. De plus, le Cameroun a des rendements agricoles souvent plus élevés que les autres pays de la sous-région et une diversité agro-écologique qui lui permet de produire une grande diversité de produits. Ainsi, la pression sur les forêts due à l'augmentation de la population risque d'être amplifiée par l'augmentation de la demande dans les pays voisins si ceux-ci ne mettent pas en place des politiques pour stimuler la production agricole locale. D'après les résultats de cette étude, la déforestation au Cameroun pourrait doubler en 2030 par rapport à la période 2001–2010 pour atteindre près de 110 000 hectares par an ce qui correspondrait à l'émission de 1.8 Gigatonnes de CO₂ sur la période 2011–2030 et la perte de plus de 10 % de l'habitat potentiel de 675 espèces, dont 55 espèces menacées.

Une partie des investissements dans le cadre de REDD+ devraient soutenir les efforts pour augmenter la productivité agricole, tout en assurant un minimum d'impacts de la production agricole sur les forêts à travers la planification de l'utilisation des terres. Plusieurs options sont discutées : développement de l'agroforesterie, réhabilitation des plantations abandonnées, utilisation de semences améliorées, etc. Cependant, il est difficile de trouver des études précises sur l'impact de ces différentes pratiques sur les rendements, mais aussi sur leur intensité en main d'œuvre et leurs coûts de production alors que ce sont l'ensemble de ces critères qui définissent la faisabilité de ces options par rapport aux pratiques actuelles et le niveau de financement nécessaire pour permettre leur adoption. Il est possible que de tels travaux existent au sein des instituts de recherche en agronomie du Cameroun, mais ils ne sont pas assez diffusés. De même, de nombreux projets de développement ou d'étude ont été déployés au Cameroun afin d'améliorer les pratiques agricoles mais les informations collectées n'ont malheureusement pas été centralisées par le Ministère de l'Agriculture. Un accompagnement des élites urbaines qui sont de plus en plus intéressées pour investir dans l'agriculture au Cameroun pourrait aussi être un facteur d'intensification dans les années à venir.

Les résultats de cette étude montrent l'importance d'une gestion effective du domaine forestier permanent actuel. Le manque de moyens pour la gestion des aires protégées actuelles fait peser un risque important sur l'habitat de nombreuses espèces. Nos résultats montrent aussi que les concessions forestières peuvent être un frein important à la déforestation. Des efforts ont été faits pour passer vers une exploitation forestière à faible impact dans la plupart des concessions forestières du Cameroun. Ces efforts doivent être poursuivis, de même que la lutte contre le braconnage à l'intérieur des concessions forestières. Ces actions pourraient à la fois permettre de réduire les émissions et d'empêcher l'extinction des espèces qui est un des objectifs d'Aichi pour la conservation de la biodiversité que le Cameroun s'est engagé à soutenir.

Références

Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N.J., Bauch, S., Börner, J., Smith-Hall, C., and Wunder, S. (2014). Environmental Income and Rural Livelihoods: A Global-Comparative Analysis. *World Dev.* 64, Supplement 1, S12–S28.

Avitabile, V., Herold, M., Heuvelink, G.B.M., Lewis, S.L., Phillips, O.L., Asner, G.P., Armston, J., Ashton, P.S., Banin, L., Bayol, N., *et al.* (2016). An integrated pan-tropical biomass map using multiple reference datasets. *Glob. Change Biol.* n/a – n/a.

Baccini, a., Goetz, S.J., Walker, W.S., Laporte, N.T., Sun, M., Sulla-Menashe, D., Hackler, J., Beck, P.S. a., Dubayah, R., Friedl, M. a., *et al.* (2012). Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nat. Clim. Change* 2, 182–185.

Bayol, N., Anquetil, F., Bile, C., Bollen, A., Bousquet, M., Castadot, B., Cerutti, P.O., Kongape, J., Leblanc, M., Lescuyer, G., *et al.* (2014). Filière bois d'oeuvre et gestion des forêts naturelles: les bois tropicaux et les forêts d'Afrique centrale face aux évolutions des marchés. In *Les Forêts Du Bassin Du Congo – État Des Forêts 2013*, (Weyrich, Belgique),.

Bikie, H., Ndoye, O., and Sunderlin, W.D. (2000). L'Impact de la crise économique sur les systèmes agricoles et la changement du couvert forestier dans la zone forestière humide du Cameroun (Bogor, Indonesia: CIFOR).

Byerlee, D., Stevenson, J., and Villoria, N. (2014). Does intensification slow crop land expansion or encourage deforestation? *Glob. Food Secur.* 3, 92–98.

Cerutti, P.O., Tacconi, L., Lescuyer, G., and Nasi, R. (2013). Cameroon's Hidden Harvest: Commercial Chainsaw Logging, Corruption, and Livelihoods. *Soc. Nat. Resour.* 26, 539–553.

Dayang, R., and Minya, J. Caractéristiques de l'habitat et cadre de vie des populations (Yaoundé, Cameroon: Bureau Centrales des Recensements et des Etudes de Populations (BUCREP)).

Dupraz, C.L., Awono, C., and Vermersch, D. (2009). Impact des politiques commerciales sur le marché du poulet au Cameroun. Intérêts et limites d'un modèle d'équilibre partiel. *Économie Rurale Agric. Aliment. Territ.* 67–84.

Durrieu de Madron, L., Bauwens, S., Giraud, A., Hubert, D., and Billand, A. (2011). Estimation de l'impact de différents modes d'exploitation forestière sur les stocks de carbone en Afrique centrale. *Bois Forêts Trop.* 75–86.

FAO (2010). Evaluation des Ressources Forestières Mondiales 2010. Rapport National Cameroun (Rome, Italie).

FAO (2011). Global Forest Resources Assessment 2010. 163, 350 pp. – 350 pp.

FAO AQUASTAT - FAO's Information System on Water and Agriculture.

Hansen, M.C., Stehman, S.V., Potapov, P.V., Loveland, T.R., Townshend, J.R.G., DeFries, R.S., Pittman, K.W., Arunarwati, B., Stolle, F., Steininger, M.K., *et al.* (2008). Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 105, 9439–9444.

Harris, N.L., Brown, S., Hagen, S.C., Saatchi, S.S., Petrova, S., Salas, W., Hansen, M.C., Potapov, P.V., and Lutsch, A. (2012). Baseline Map of Carbon Emissions from Deforestation in Tropical Regions. *Science* 336, 1573–1576.

Havlík, P., Schneider, U.A., Schmid, E., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., Cara, S.D., Kindermann, G., Kraxner, F., *et al.* (2011). Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy* 39, 5690–5702.

Havlík, P., Valin, H., Herrero, M., Obersteiner, M., Schmid, E., Rufino, M.C., Mosnier, A., Thornton, P.K., Böttcher, H., Conant, R.T., *et al.* (2014). Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 3709–3714.

Herrero, M., Thornton, P.K., Kruska, R., and Reid, R.S. (2008). Systems dynamics and the spatial distribution of methane emissions from African domestic ruminants to 2030. *Agric. Ecosyst. Environ.* 126, 122–137.

Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., and Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 20888–20893.

Hertel, T.W., Ramankutty, N., and Baldos, U.L.C. (2014). Global market integration increases likelihood that a future African Green Revolution could increase crop land use and CO₂ emissions. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 13799–13804.

Ingram, V. (2012). Governance of non-timber forest products in the Congo Basin. *ETFRN News* 53, 36–45.

Institut National de la Statistique (2007). CAMEROUN - Troisième Enquête Camerounaise auprès des Ménages (2007) (Yaoundé, Cameroon: Institut National de la Statistique).

Institut National de la Statistique (2011). DEUXIEME ENQUETE SUR L'EMPLOI ET LE SECTEUR INFORMEL AU CAMEROUN (EESI 2) Phase 1 : Enquête sur l'emploi Rapport principal Octobre (Yaoundé, Cameroon).

Kasulu, V., Makonga, S., Amougou, J.A., and Hamel, O. (2008). Les pays du Bassin du Congo dans le processus de réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts. In *Les Forêts Du Bassin Du Congo – État Des Forêts 2008*, D.D., de Marcken P., Eba'a Atyi R., Nasi R. et Mayaux Ph. de Wasseige C., ed. (Bruxelles, Belgium: Office des publications de l'Union européenne, 2009).

Kindermann, G., McCallum, I., Fritz, S., and Obersteiner, M. (2008). A global forest growing stock, biomass and carbon map based on FAO statistics. *Silva Fenn.* 42, 387–396.

Labonne, M., Magrong, P., and Oustalet, Y. (2007). Le secteur de l'élevage au Cameroun et dans les provinces du grand Nord : situation actuelle, contraintes, enjeux et défis (Prasac: Cirad).

Lebailly, P., and Tentchou, J. (2009). Etude sur la filière porteuse d'emploi "Palmier à huile". (Yaoundé, Cameroon: ILO).

Lescuyer, G., and Cerutti, P.O. (2013). Politiques de gestion durable des forêts en Afrique Centrale: prendre en compte le secteur informel.

Makana, J.-R., and Thomas, S.C. (2006). Impacts of Selective Logging and Agricultural Clearing on Forest Structure, Floristic Composition and Diversity, and Timber Tree Regeneration in the Ituri Forest, Democratic Republic of Congo. *Biodivers. Conserv.* 15, 1375–1397.

Megevand, C., Mosnier, A., Hourticq, J., Sanders, K., Doetinchem, N., and Streck, C. (2012). Dynamiques de déforestation dans le Bassin du Congo.

Mermoz, S., Le Toan, T., Villard, L., Réjou-Méchain, M., and Seifert-Granzin, J. (2014). Biomass assessment in the Cameroon savanna using ALOS PALSAR data. *Remote Sens. Environ.* 155, 109–119.

MINADER (2010). Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole. Campagnes 2007 & 2008.

Mitchard, E.T., Saatchi, S.S., Baccini, A., Asner, G.P., Goetz, S.J., Harris, N.L., and Brown, S. (2013). Uncertainty in the spatial distribution of tropical forest biomass: a comparison of pan-tropical maps. *Carbon Balance Manag.* 8, 10.

Mokany, K., Raison, J., and Prokushkin, A. (2006). Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes. *Glob. Change Biol.* 12, 84–96.

Mosnier, A., Havlík, P., Obersteiner, M., Aoki, K., Schmid, E., Fritz, S., McCallum, I., and Leduc, S. (2012). Modeling Impact of Development Trajectories and a Global Agreement on Reducing Emissions from Deforestation on Congo Basin Forests by 2030. *Environ. Resour. Econ.* 1–21.

Mosnier, A., Havlík, P., Valin, H., Baker, J., Murray, B., Feng, S., Obersteiner, M., McCarl, B.A., Rose, S.K., and Schneider, U.A. (2013). Alternative U.S. biofuel mandates and global GHG emissions: The role of land use change, crop management and yield growth. *Energy Policy* 57, 602–614.

Nellemann, C., Henriksen, R., Raxter, P., Ash, N., and Mrema, E. (2014). The Environmental Crime Crises – Threats to Sustainable Development from Illegal Exploitation and Trade in Wildlife and Forest Resources (Nairobi and Arendal: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal).

Nkendah, R., Ako, E., Tamokwe, B., and Melingui, E. (2012). Le commerce transfrontalier informel des produits agricoles et horticoles entre le Cameroun et ses voisins de la CEMAC: implications sur la sécurité alimentaire sous régionale (Dakar, Sénégal: Investment Climate and Business Environment Research Fund (ICBE-RF)).

Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., D'Amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C., *et al.* (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New

Map of Life on Earth A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience* 51, 933–938.

Ondele-Kanga, A. (2012). Un code du marché domestique du bois au Congo-Brazzaville (Brazzaville, République du Congo: L'Harmattan).

O'Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., Carter, T.R., Mathur, R., and Vuuren, D.P. van (2013). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Clim. Change* 122, 387–400.

Palm, C.A., Woomer, P.L., Alegre, J., Arevalo, L., Castilla, C., Cordeiro, D.G., Feigl, B., Hairiah, K., Kotto-Same, J., Mendes, A., *et al.* (2000). Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land-uses in the humid tropics (Nairobi, Kenya).

PAM (2007). Cameroon - Analyse Globale de la Sécurité Alimentaire et de la Vulnérabilité (2007) (Yaoundé, Cameroon: Programme Alimentaire Mondial (PAM)).

Pearson, T.R.H., Brown, S., and Casarim, F.M. (2014). Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging. *Environ. Res. Lett.* 9, 034017.

Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Joppa, L.N., Roberts, D.L., and Russell, G.J. (2010). How many endangered species remain to be discovered in Brazil? *Nat. Conserv.* 8, 71–77.

Pirker, J., Mosnier, A., Kraxner, F., Havlik, P., and Obersteiner, M. (2016). What are the limits to oil palm expansion? *Glob. Environ. Change*.

Rudel, T.K., Schneider, L., Uriarte, M., Turner, B.L., DeFries, R., Lawrence, D., Geoghegan, J., Hecht, S., Ickowitz, A., Lambin, E.F., *et al.* (2009). Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970–2005. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 20675–20680.

Ruesch, a S., and Gibbs, H.K. (2008). New IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map for the Year 2000 (Oak Ridge, USA).

Russell, D., Mbile, P., and Tchamou, N. (2011). Farm and Forest in Central Africa: Toward an Integrated Rural Development Strategy. *J. Sustain. For.* 30, 111–132.

Saatchi, S.S., Harris, N.L., Brown, S., Lefsky, M., Mitchard, E.T. a, Salas, W., Zutta, B.R., Buermann, W., Lewis, S.L., Hagen, S., *et al.* (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108, 9899–9904.

Sere, C., and Steinfeld, H. (1996). World livestock production systems current status, issues and trends (Rome, Italy: FAO).

Topa, G., Karsenty, A., Megevand, C., and Debroux, L. (2010). Forêts tropicales humides du Cameroun Une décennie de réformes Environnement et développement durable (Washington D.C., US).

Valin, H., Havlik, P., Mosnier, A., and Obersteiner, M. (2010). *Climate Change Mitigation And Future Food Consumption Patterns*. (European Association of Agricultural Economists),.

Verhegghen, A., Mayaux, P., de Wasseige, C., and Defourny, P. (2012). Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multi-sensor time series for carbon stocks and forest areas estimation. *Biogeosciences* 9, 5061–5079.

Vinceti, B., Loo, J., Gaisberger, H., Zonneveld, M.J. van, Schueler, S., Konrad, H., Kadu, C.A.C., and Geburek, T. (2013). Conservation Priorities for *Prunus africana* Defined with the Aid of Spatial Analysis of Genetic Data and Climatic Variables. *PLOS ONE* 8, e59987.

Van Wesenbeeck, B.K., Balke, T., van Eijk, P., Tonneijck, F., Siry, H.Y., Rudianto, M.E., and Winterwerp, J.C. (2015). Aquaculture induced erosion of tropical coastlines throws coastal communities back into poverty. *Ocean Coast. Manag.* 116, 466–469.

Van Wijk, M.T., Rufino, M.C., Enahoro, D., Parsons, D., Silvestri, S., Valdivia, R.O., and Herrero, M. (2014). Farm household models to analyse food security in a changing climate: A review. *Glob. Food Secur.* 3, 77–84.

Annexes

Amélioration	Mise en œuvre dans CongoBIOM 2010	Mise en œuvre dans GLOBIOM-CMR 2015
Introduction du domaine forestier permanent	Les aires protégées, les concessions forestières, et les autres forêts du domaine permanent au Cameroun ne peuvent pas être convertis pour d'autres usages.	Mise à jour des concessions forestières et des aires protégées sur la période 2010–2020 en intégrant les données de 2015. Scenarios alternatifs avec conversion possible.
Ajustement des taux de prélèvement dans les forêts gérées	Prise en compte de la concentration des prélèvements sur seulement sur quelques espèces commerciales (coupes sélectives) basée sur une revue de la littérature.	Ajustement des taux de prélèvements par type de forêt (ex : forêt dense humide, forêt sèche, ...).
Estimation des émissions liées à la dégradation forestière liée à l'exploitation des forêts sous concessions	Utilisation des facteurs d'émissions de Durrieu de Madron <i>et al.</i> (2010) : 3.41 tCO ₂ /m ³ pour l'exploitation conventionnelle, 3.05 tCO ₂ /m ³ pour l'exploitation sous aménagement, 2.97 tCO ₂ /m ³ pour l'exploitation sous certification.	Pas de changement par rapport à 2010.
Spatialisation de la demande en bois de chauffe et la dégradation forestière liée au bois de chauffe	Demande de bois de chauffe établie par unité de simulation. Introduction d'une nouvelle classe « forêts dégradées » pour la collecte du bois de chauffe.	Demande de bois de chauffe établie au niveau national mais intensité des prélèvements dépend de la densité de population spatialement explicite. Bois de chauffe peut également venir des jachères agricoles.
Transformation du bois	Coefficient de transformation du bois en sciages pour le Bassin du Congo : 0.38 au lieu de 0.59.	Plus de produits du bois pris en compte.
Introduction dans le modèle du café et du cacao pour le Bassin du Congo	Utilisation des cartes SPAM pour allouer le café et le cacao par unité de simulation et pour les estimations de productivité.	Erreurs détectées dans les données SPAM. Utilisation des statistiques nationales et downscaling pour allouer par pixel les surfaces en cacao et café.
Calcul et introduction des coûts de transport internes	Collecte des données d'infrastructures de transport courantes et planifiées. Calcul des coûts de transport vers la ville la plus proche > 300 000 habitants ou vers le port le plus proche pour chaque pixel.	Pas de mise à jour des infrastructures planifiées. Les coûts de transport sur la base des infrastructures planifiées sont maintenant intégrés dans tous les scénarios y compris le scénario de base.





REDD^{pac}

www.redd-pac.org

CREDITS

L'équipe REDD-PAC

COMIFAC : Martin Tadoum, Chouaibou Nchoutpouen,
Peguy Tonga, Adeline Makoudjou, Didier Bokelo Bile,
Roland Gyscard Ndinga

IIASA : Aline Mosnier, Michael Obersteiner, Florian Kraxner,
Johannes Pirker, Géraldine Bocqueho, Petr Havlík

PNUE-WCMC : Rebecca Mant, Blaise Bodin, Andy Arnell, Valerie Kapos,
Paulus Maukonen

Institutions

COMIFAC : Commission des Forêts d'Afrique Centrale

IIASA : Institut International pour l'analyse des systèmes appliqués

UNEP-WCMC : Programme des Nations Unies pour l'environnement
Centre mondial de surveillance de la conservation
de la nature

Financement du projet REDD-PAC

Initiative Internationale pour le Climat (IKI), Ministère Allemand de
l'Environnement (BMUB)



Soutenu par :



Ministère fédéral
de l'Environnement, de la Protection de la Nature,
de la Construction et de la Sécurité nucléaire

en vertu d'une décision du
Parlement de la République fédérale d'Allemagne

