

Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo

*Réconcilier la croissance économique et
la protection de la forêt*

Document de travail n°3

TRANSPORT

Auteur principal

Carole Megevand

Contributions de

Hari Dulal

Loic Braune

Johanna Wekhamp

Avril 2013

REMERCIEMENTS

Ce Document de travail n° 3 consacré aux infrastructures de transport est l'un des résultats de l'étude globale « *Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo : Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt* », qui a été menée par une équipe multidisciplinaire placée sous la direction de la Banque mondiale, à la demande de la COMIFAC (Commission des forêts d'Afrique centrale), dans le but de renforcer la compréhension de la dynamique de la déforestation dans le bassin du Congo.

Ce document de travail a été préparé par Carole Mégevand avec l'appui de Hari Dulal, Loic Braune et Johanna Wehkamp. Hrishikesh Prakash Patel a produit les cartes et les diagrammes illustratifs.

L'étude a bénéficié de l'appui financier de plusieurs donateurs, notamment la Norvège à travers le Fonds fiduciaire norvégien pour le secteur privé et l'infrastructure (NTF-PSI), le Programme pour les forêts (PROFOR) et le *Trust Fund for Environmentally and Socially Sustainable Development* (TFESSD).

Nota : Ce Document de travail est la version traduite en français du Working Paper #3-Transport. Pour toute référence, il est recommandé de se référer à la version originale en anglais.

Table des matières

REMERCIEMENTS	1
ABBREVIATIONS	5
RESUME EXECUTIF	6
INTRODUCTION.....	9
CHAPITRE 1 : INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT : UN RESEAU INSUFFISANT ET DETERIORE	12
Faiblesses structurelles de l’infrastructure de transport	12
Réseau de transport routier	12
Réseau de transport fluvial.....	14
Réseau ferroviaire	16
Un réseau régional largement non connecté.....	17
Services de transport : chers et de mauvaise qualité.....	18
CHAPITRE 2 : LE MAUVAIS ETAT DE L’INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT A « PROTEGE » LES FORETS.....	21
Typologie des impacts des infrastructures de transport sur les forêts	21
Le mauvais état des infrastructures de transport a « préservé » les forêts.....	24
Manque de connectivité : un obstacle majeur au développement économique	24
Les taux de déforestation dans le bassin du Congo figurent parmi les plus faibles.....	26
CHAPITRE 3 : LE DEVELOPPEMENT FUTUR DU TRANSPORT REPRESENTE-T-IL UNE MENACE POUR LES FORETS DU BASSIN DU CONGO ?	29
L’amélioration du transport au cœur du programme politique	29
Une priorité pour les pays du bassin du Congo	29
Un grand nombre de programmes régionaux et continentaux	30
Impacts potentiels du développement des infrastructures de transport sur le couvert forestier	31
Une approche de modélisation : CongoBIOM.....	31
Hypothèse utilisée dans le scénario S3: « Amélioration des infrastructures de transport » .	35
Impacts du développement des transports sur le couvert forestier : Résultats de CongoBIOM	36
Recommandations : Comment réconcilier l’amélioration des transports et la protection des forêts dans le bassin du Congo ?	40
Promouvoir une approche intégrée du développement des infrastructures de transport	41
Encourager les réseaux de transport multimodal	42
Correctement évaluer ex ante les impacts des investissements dans le transport.....	42

Faire appliquer la protection des forêts et gérer la frontière entre la forêt et l'agriculture...	43
CONCLUSIONS	44
REFERENCES	46
ANNEXE 1	49
ANNEXE 2	53

Diagrammes

Diagramme R- 1 : Services de transport en Afrique centrale : cher et de mauvaise qualité.....	6
Diagramme R- 2: Impact des changements dans les infrastructures de transport sur la durée et les coûts de déplacement	7
Diagramme I- 1: État des infrastructures de transport routier	9
Diagramme I- 2: Indice de qualité du transport routier pour les pays d'ASS.....	10
Diagramme 1- 1-a: Etat du réseau routier dans le bassin du Congo	12
Diagramme 1- 2: Pourcentage des routes revêtues par rapport aux routes non revêtues	13
Diagramme 1- 3: Accessibilité rurale	14
Diagramme 1- 4: Réseau de transport fluvial dans le bassin du Congo	15
Diagramme 1- 5: Services de transport en Afrique centrale : chers et de mauvaise qualité.....	19
Diagramme 1- 6: Facteurs déterminant le prix du transport	20
Diagramme 2- 1: (a) Modélisation spatiale de la déforestation dans le sud du Cameroun et (b) Pertes forestières à proximité des grandes routes à l'extérieur de la zone de Mbuji-Mayi/ Kananga entre 2000 et 2010	22
Diagramme 2- 2: Évolution de la surface forestière dans les principales régions africaines entre 1990 et 2010.....	28
Diagramme 3- 1: Simulation de la densité de la population en 2000 et 2030 (projections).....	35
Diagramme 3- 2: Résultats des chocs en termes de superficie annuellement déboisée, pour les différents scénarios, 2010–2030	36
Diagramme 3- 3: Impact de l'évolution des infrastructures de transport sur la durée et le coût des trajets.....	37
Diagramme 3- 4: Amélioration de l'accessibilité due à la construction des infrastructures planifiées dans les six pays du bassin du Congo.....	38
Diagramme 3- 5: Rendement des principales cultures dans le bassin du Congo.....	39

Tableaux

Tableau 1- 1: Réseaux ferroviaires de quelques pays du bassin du Congo	16
Tableau 1- 2: Composition du fret en pourcentage du tonnage total	16
Tableau 1- 3: Principaux corridors de transport africains pour le commerce international.....	17
Tableau 1- 4: Qualité des routes et des corridors reliant Bangui aux ports d'entrée	18

Tableau 2- 1: Offre potentielle des terres non cultivées, non boisées et à faible densité de population (< 25 habitants/km ²), avec prise en compte du critère d'accès à un marché (en millions d'hectares).....	26
Tableau 2- 2: Évolution de la surface forestière en Afrique et dans les principales régions contribuant à la déforestation mondiale, 1990–2010.....	27
Tableau 3- 1: Chocs politiques testés avec CongoBIOM et principaux résultats.....	34

Encadrés

Encadré 2- 1: Séquence temporelle des pertes de forêts dans les pays d'Amérique latine	23
Encadré 2- 2: Connexions entre les capitales provinciales	24
Encadré 3- 1: Le Réseau routier consensuel pour l'Afrique centrale	30
Encadré 3- 2: Présentation succincte du modèle GLOBIOM.....	32

ABBREVIATIONS

AICD	Diagnostic des infrastructures nationales en Afrique (<i>Africa Instructure Country Diagnostics</i>)
ASS	Afrique subsaharienne
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CEEAC	Communauté économique des États de l’Afrique centrale
CEFD	Couverture forestière élevée, faible déforestation
CEMAC	Communauté économique et monétaire de l’Afrique centrale
CICOS	Commission internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha
GES	Gaz à effet de serre
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
IAR	Indice d’accessibilité rurale
NEPAD	Nouveau partenariat pour le développement de l’Afrique (<i>New Partnership for Africa’s Development</i>)
OUA	Organisation de l’Unité africaine
PFR	Pays à faible revenu
UAC	Union africaine des chemins de fer
VOC	Coûts d’exploitation des véhicules (<i>Vehicle Operating Cost</i>)

RESUME EXECUTIF

Le bassin du Congo pâtit d'une infrastructure de transport d'une extrêmement mauvaise qualité...

Dans les pays du bassin du Congo, le transport est de mauvaise qualité et cher (voir figure 1).

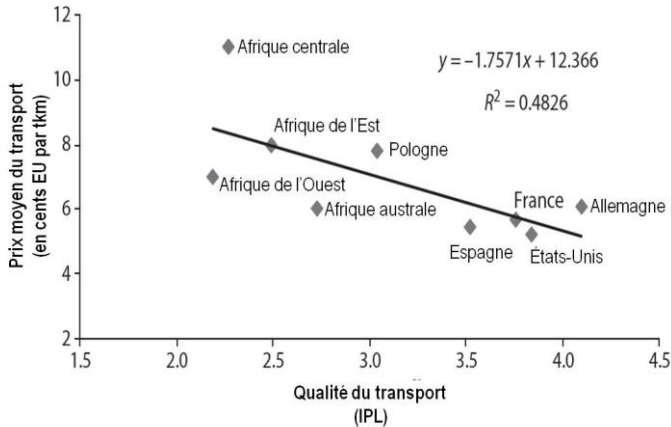


Diagramme R- 1 : Services de transport en Afrique centrale : cher et de mauvaise qualité

Source : Teravaninthorn and Raballand 2008.

Les routes : La densité des routes revêtues figure parmi les plus faibles du monde, avec seulement 25 km de routes revêtues pour 1 000 km² de terres arables, contre une moyenne de 100 km dans le reste de l'Afrique subsaharienne.

Les chemins de fer : Le réseau ferroviaire est largement non connecté. Hérité de l'époque coloniale, le réseau ferroviaire a été plus conçu pour faciliter l'extraction des ressources naturelles que pour assurer le déplacement des biens et des personnes.

Les fleuves : Malgré une importante réserve de voies fluviales potentiellement navigables (25 000 km), seules, trois voies principales sont actuellement exploitées et convergent toutes vers le port de Matadi. Le réseau a été principalement développé pendant l'époque coloniale et il s'est dramatiquement détérioré depuis les années 1950.

Les coûts de transport : Les coûts de transport élevés dans le bassin du Congo sont principalement imputables aux coûts d'exploitation engendrés par la détérioration des infrastructures. La réglementation douanière, les restrictions d'accès et les structures oligopolistiques inhibent également l'émergence d'opérateurs nouveaux et plus efficaces. Les pays se retrouvent piégés dans des cercles vicieux où des systèmes inefficaces offrent des services de mauvaise qualité et pratiquent des prix de transport élevés.

... qui entrave la croissance économique

La situation déplorable du réseau de transport entrave la croissance économique dans le bassin du Congo en créant des obstacles aux échanges et au commerce non seulement avec les marchés internationaux, mais aussi au niveau des marchés intérieurs. De nombreuses économies sont ainsi enclavées, avec peu ou pas d'échanges entre elles.

Le secteur agricole est particulièrement affecté, avec un déficit grave de connexion entre les producteurs des zones rurales et les consommateurs des centres urbains en expansion. On estime qu'en République démocratique du Congo, seulement 33 % (7,6 millions d'hectares sur 22,5) de l'ensemble des terres arables non forestières convenant à l'agriculture se trouvent à moins de 6 heures d'un grand marché. Cette proportion descend à 16 % en République centrafricaine (1,3 million d'hectares sur 7,9). Cet éloignement complique le recours aux marchés pour l'achat des intrants ou l'écoulement des produits, et pousse généralement les agriculteurs à pratiquer l'agriculture de subsistance. Dans ces conditions, les marchés en plein développement au sein de la région sont principalement alimentés par des produits alimentaires importés qui détériorent la balance commerciale agricole nationale.

Il en est de même de nombreux autres secteurs, notamment les secteurs extractifs (forêts, exploitation minière), mais aussi des secteurs qui s'appuient sur la mobilité des personnes et des biens.

Nouveaux plans de développement

Le déficit d'infrastructure dans le bassin du Congo est largement reconnu, et diverses entités élaborent des plans et stratégies pour combler le besoin d'infrastructure, notamment le Programme de développement des infrastructures en Afrique de l'Union africaine/NEPAD, le réseau routier consensuel de la CEEAC et le plan d'action de la navigation intérieure de la Commission internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha (CICOS).

Ces plans définissent des investissements prioritaires basés sur le développement de corridors et de pôles de croissance. Ils sont principalement conçus pour libérer le potentiel des industries extractives. Bien que ces corridors soient d'une importance indéniable, le principal défi est de déterminer le juste équilibre avec le développement d'un réseau routier rural susceptible de libérer le potentiel agricole du bassin du Congo.

Nouveaux plans – nouvelles menaces sur les forêts

Au cours des dernières décennies, le mauvais état des infrastructures de transport de la région a « passivement »

protégé les forêts naturelles. Le développement prévisible des réseaux routiers dans la région risque d'être accompagné d'impacts négatifs sur les forêts. Si l'impact direct de la construction des routes dans les forêts denses est souvent assez limité, les impacts indirects et induits pourraient par contre constituer une menace majeure en modifiant de façon importante la dynamique économique dans les zones nouvellement accessibles.

Le modèle CongoBIOM a été utilisé pour calculer l'impact probable de tous les projets routiers et ferroviaires pour lesquels un financement a déjà été obtenu. Il a simulé les changements dans le temps moyen de déplacement vers la ville la plus proche, ainsi que l'évolution des coûts de transport intérieur (voir diagramme 2).

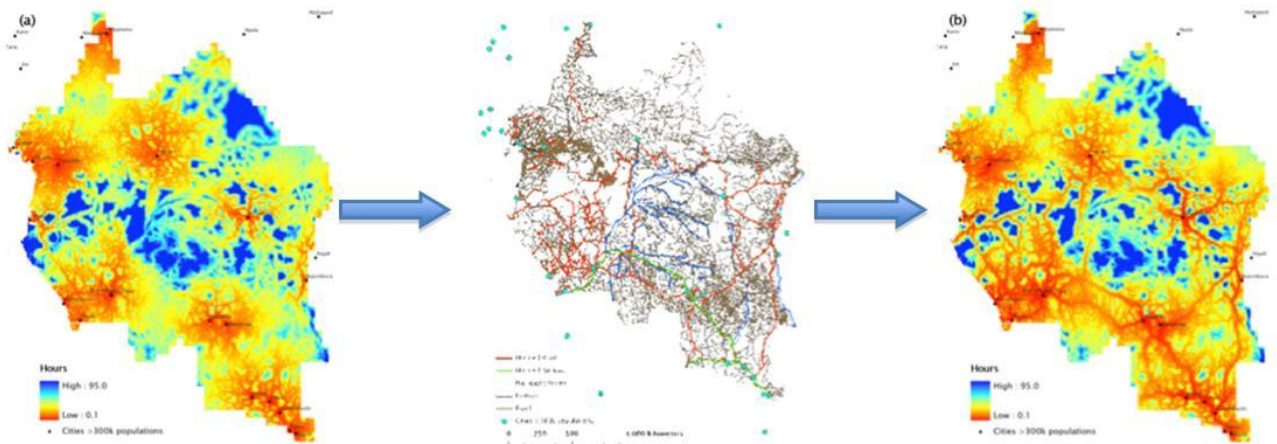
Ces modifications sont corrélées avec les prix à la production des produits agricoles. Le modèle a montré que lorsque des coûts de transport moindres permettent de pratiquer des prix moins élevés pour les produits agricoles arrivant sur les marchés, les consommateurs ont tendance à acheter plus de produits cultivés localement, qui viennent se substituer aux

importations. Cette situation encourage à son tour les producteurs à accroître leur production. De plus, le prix des intrants, tels que les engrais, tend à diminuer, améliorant ainsi la productivité agricole.

Un nouvel équilibre s'installe habituellement, avec un plus grand volume de produits agricoles cultivés dans la région et une baisse des prix par rapport à la situation initiale. La réduction des coûts du transport intérieur améliore également la compétitivité internationale des produits agricoles et forestiers. Le modèle montre que si de nouvelles infrastructures sont effectivement construites, le bassin du Congo exportera davantage de canne à sucre et d'huile de palme. Un autre effet associé serait l'extension des activités d'abattage forestier illégal – avec des impacts importants.

À moins d'être associés à des mesures d'accompagnement, ces développements obtenus grâce à de meilleures infrastructures de transport dans le bassin du Congo exerceront encore plus de pressions sur les terres forestières, entraînant d'importants impacts en termes de déforestation et/ou de dégradation forestière.

Diagramme R- 2: Impact des changements dans les infrastructures de transport sur la durée et les coûts de déplacement



Temps de transport avec l'infrastructure existante (aux alentours de 2000)

Infrastructures planifiées (routes en rouge, chemin de fer en vert)

Temps de transport avec les nouvelles infrastructures

Source : IIASA 2010.

Recommandations

Les graves déficiences des infrastructures de transport dans le bassin du Congo constituent un obstacle majeur au développement économique. Tant les pays que les entités régionales se sont fortement engagés à combler ce déficit d'infrastructures. Les impacts induits liés aux infrastructures risquent de générer d'importantes pressions sur les forêts. Les investissements futurs doivent se focaliser sur les approches suivantes :

- **Améliorer la planification du transport aux niveaux local, national et régional.**

Au niveau local : Les zones directement desservies par des systèmes de transport améliorés deviendront plus compétitives dans diverses activités économiques, notamment l'agriculture et les plantations de palmier à huile en particulier. La participation locale à la planification du transport aidera à maximiser les opportunités économiques. Les mesures d'atténuation au niveau local pourraient comprendre la clarification du régime foncier ou l'intégration du projet de transport dans un plan de développement local plus large. De tels plans pourraient inclure la protection des lisières de la forêt le long des routes, des rivières ou des chemins de fer, afin d'éviter un déboisement non planifié. Définies dès le départ et de manière participative, ces restrictions bénéficieraient de plus d'appui de la part des différentes parties intéressées.

Aux niveaux national et régional : L'approche basée sur les corridors montre que l'amélioration des services de transport (par exemple, la gestion du fret dans les ports) ou de l'infrastructure (facilitant le transport fluvial ou ferroviaire) peut avoir un impact macroéconomique plus important à l'échelle régionale. La planification aux niveaux national et régional à l'aide d'une approche basée sur les corridors pourrait aider à identifier des mesures d'atténuation adéquates, telles que des réformes du zonage (établissant des zones forestières permanentes), l'application des lois (garantissant le respect des décisions de zonage), la clarification du régime foncier et le contrôle de l'expansion de l'agriculture.

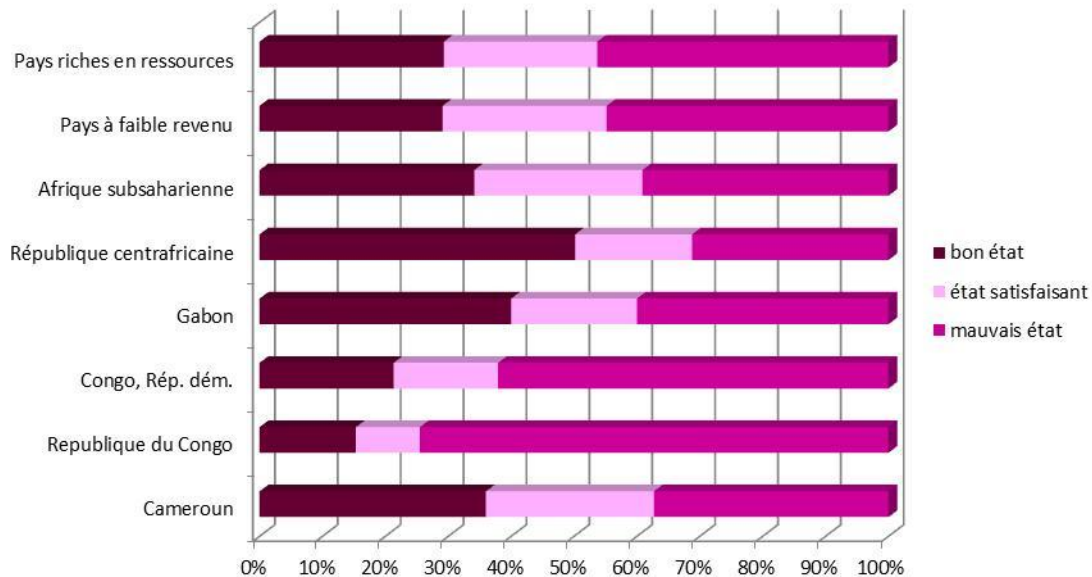
- **Encourager les réseaux de transport multimodal.** Lorsqu'ils planifient le développement du transport, il est important que les pays évaluent le pour et le contre des routes et des modes de transport alternatifs, tels que les voies navigables et les chemins de fer, en termes non seulement de rendement économique, mais aussi d'impact environnemental. Par exemple, avec plus de 12 000 km de réseau navigable, le bassin du Congo pourrait bénéficier d'un système de transport fluvial potentiellement très compétitif.
- **Évaluer correctement les impacts des investissements dans le transport avant qu'ils ne se manifestent.** Le développement du transport (qu'il s'agisse de nouvelles infrastructures ou de rénovation des actifs existants) remodelera le profil économique des zones desservies et accroîtra la pression sur les ressources forestières. Actuellement, la plupart des études d'impact environnemental ou des études de protection environnementale ne saisissent pas complètement les effets indirects à long terme sur la déforestation. De nouvelles méthodes d'évaluation fondées sur l'analyse économique des perspectives économiques pourraient aider à privilégier les investissements pour lesquels de faibles impacts sont prévus sur les forêts.

INTRODUCTION

Le bassin du Congo est l'une des régions du monde les moins bien dotées en infrastructures de transport. Il est confronté à un environnement difficile, où une forêt tropicale dense est traversée par de nombreux cours d'eau qui nécessitent la construction de multiples ponts. Étant donné cette complexité environnementale, la construction d'infrastructures de transport ainsi que leur entretien constituent sans conteste un défi majeur pour les pays du bassin du Congo. Des études récentes indiquent que l'investissement nécessaire par kilomètre de nouvelle route est nettement supérieur à celui des autres régions d'Afrique subsaharienne, et qu'il en est de même pour l'entretien.

Les infrastructures de transport sont en mauvais état.¹ Le capital physique des infrastructures de transport est très détérioré dans le bassin du Congo. Le ratio des routes classées dans un état bon ou acceptable varie entre 25 % en République du Congo et 68 % en République centrafricaine², soit, dans l'ensemble, moins que la moyenne des pays à faible revenu (PFR) et des pays riches en ressources (voir diagramme 3). Les autres moyens de transport (chemins de fer et voies navigables) sont également limités : le réseau ferroviaire est essentiellement un héritage de l'époque coloniale et il est principalement utilisé pour le transport des minerais, tandis que le transport fluvial est essentiellement marginal.

Diagramme I- 1: État des infrastructures de transport routier



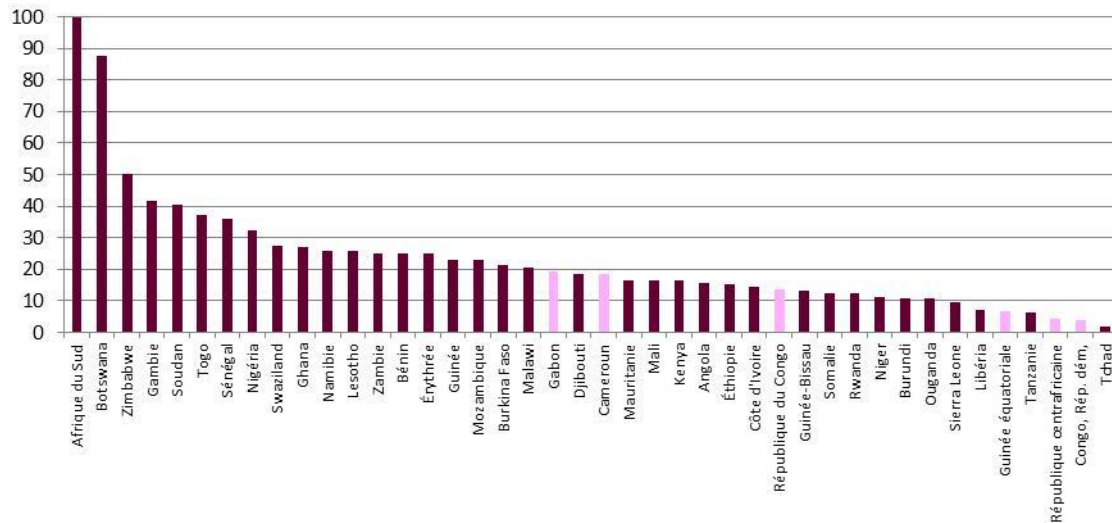
¹ Toutes les données utilisées dans cette section sont basées sur les rapports et la base de données du Diagnostic des infrastructures nationales en Afrique (AICD). Cette étude, placée sous la conduite de la Banque mondiale, a produit une évaluation très complète des besoins d'infrastructures physiques (et des coûts associés) en ASS. Elle a collecté des données économiques et techniques détaillées sur chacun des principaux secteurs infrastructurels : l'énergie, les technologies de l'information et de la communication, l'irrigation, les transports, ainsi que l'eau et l'assainissement.

² Les bonnes performances de la République centrafricaine cachent le fait qu'en réalité, la plupart des routes classées sont revêtues, ce qui ne représente qu'un tiers de l'ensemble du réseau routier. Seuls 2 % des routes classées non revêtues sont dans un état bon ou satisfaisant.

Source : AICD, 2011.

Mauvaise qualité générale des transports. En plus de la mauvaise qualité générale de ses infrastructures, le système régional de transport est également victime de mauvaises réglementations, d'institutions inefficaces, de puissants cartels et d'associations de transport coercitives. En conséquence, le système de transport dans le bassin du Congo est caractérisé par la mauvaise qualité de ses routes. L'indice de qualité du transport routier³ a été calculé pour l'ensemble des pays d'ASS et fixé à 100 pour les routes ayant la meilleure qualité (en Afrique du Sud).

Diagramme I- 2: Indice de qualité du transport routier pour les pays d'ASS



Source : Bases de données de l'AICD, 2011.

Note : Les pays du bassin du Congo apparaissent en rose clair.

La piètre qualité des infrastructures constitue un obstacle majeur à la croissance économique et à la réduction de la pauvreté dans le bassin du Congo. Associée à une logistique insuffisamment développée, cette mauvaise qualité des infrastructures de transport affecte négativement la croissance économique en augmentant à la fois les coûts et les temps de transport ; elle limite également le développement du secteur privé et l'accès aux marchés. De bonnes infrastructures de transport sont essentielles dans la mesure où elles sont la base de la croissance économique. L'expérience montre qu'une augmentation de 1 % du stock des infrastructures peut accroître de 1 % le produit intérieur brut. Il a été démontré qu'elles ont des taux de rentabilité « normaux » dans les pays développés, extraordinairement élevés dans les pays en cours d'industrialisation, et modérés dans les pays en développement. Dans le bassin du Congo, où le commerce dans et entre les pays est encore peu développé, la mise à niveau des infrastructures de transport est essentielle pour le développement du secteur privé et l'intégration

³ L'indice de qualité du transport routier est calculé à l'aide d'une formule combinant les paramètres suivants : Q = indice de qualité des routes d'un pays; P = pourcentage de routes revêtues du pays; G = PIB par habitant du pays (un indice de la capacité à entretenir les routes); et C = indice d'évaluation des politiques et institutions nationales (EPIN) de la Banque mondiale relatif à la transparence, la redevabilité et la corruption dans le pays (une variable de remplacement pour les retards et les coûts infligés aux camionneurs).

des marchés, sans lesquels l'économie des pays du bassin du Congo est peu susceptible de passer du stade agraire au stade industriel ou à une économie basée sur le savoir.

Des plans ambitieux pour combler le déficit d'infrastructures. Les besoins d'infrastructures sont énormes dans les pays du bassin du Congo, en particulier en ce qui concerne le transport. Tant les pays que les entités régionales – Union africaine, CEEAC et CEMAC – placent haut dans leurs agendas la nécessité de combler rapidement le déficit d'infrastructures de transport afin de libérer leur potentiel de développement économique. On constate des signes évidents d'un accroissement des allocations budgétaires en faveur du secteur des transports (tant au niveau des investissements que, dans une moindre mesure, des coûts récurrents) ainsi que de « grands plans » mis sur pied par les institutions régionales.

CHAPITRE 1 : Infrastructures de transport : un réseau insuffisant et détérioré

Faiblesses structurelles de l'infrastructure de transport

Réseau de transport routier

Un réseau routier est largement clairsemé. La densité des routes est particulièrement faible dans les six pays du bassin du Congo (entre 17,3 km pour 1 000 km² en République démocratique du Congo et 71,7 km pour 1 000 km² au Cameroun), alors qu'elle est en moyenne de 149 km pour 1 000 km² pour l'Afrique subsaharienne (voir diagramme 1.1.a). Toutefois, comme le montre le diagramme 1.2, ces écarts entre les pays du bassin du Congo et d'autres pays d'Afrique subsaharienne ne sont plus aussi importants lorsqu'on compare les densités routières par habitant (voir diagrammes 1.1.b-c). Cette faible densité routière dans le bassin du Congo semble en partie compensée par la faible densité de la population de la plupart des pays (notamment dans les zones rurales). Au Gabon par exemple, bien que la population soit fortement concentrée dans quelques centres urbains (1 342 habitants par km²), la densité démographique globale est de 5,620 personnes par km², et la densité routière par habitant est de ce fait élevée.

Diagramme 1- 1-a: Etat du réseau routier dans le bassin du Congo

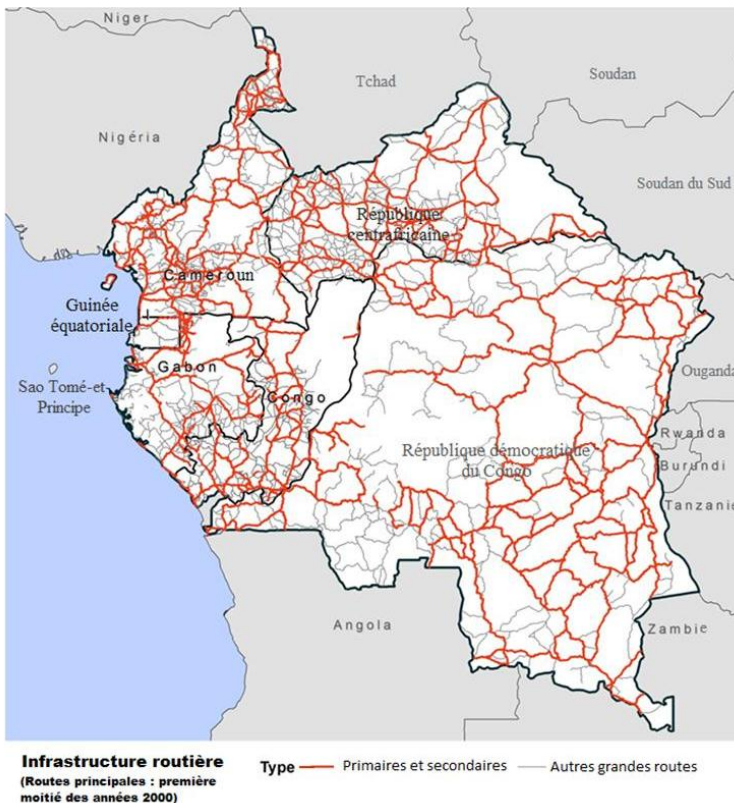


Diagramme 1.1.b. Réseau routier total par superficie (km/1 000 km²)

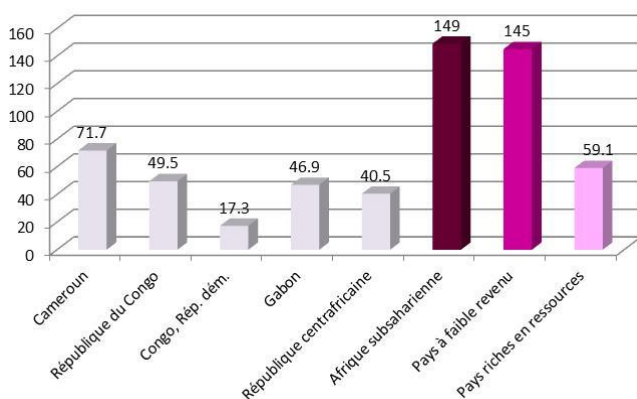
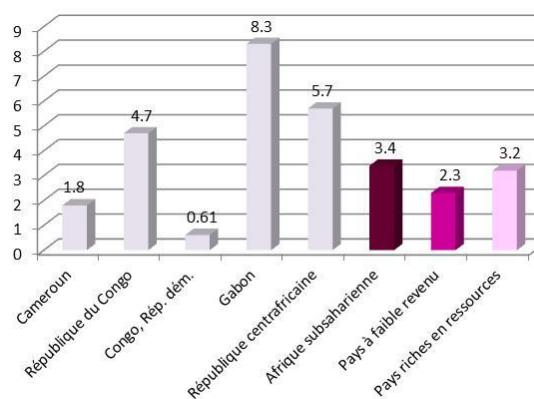


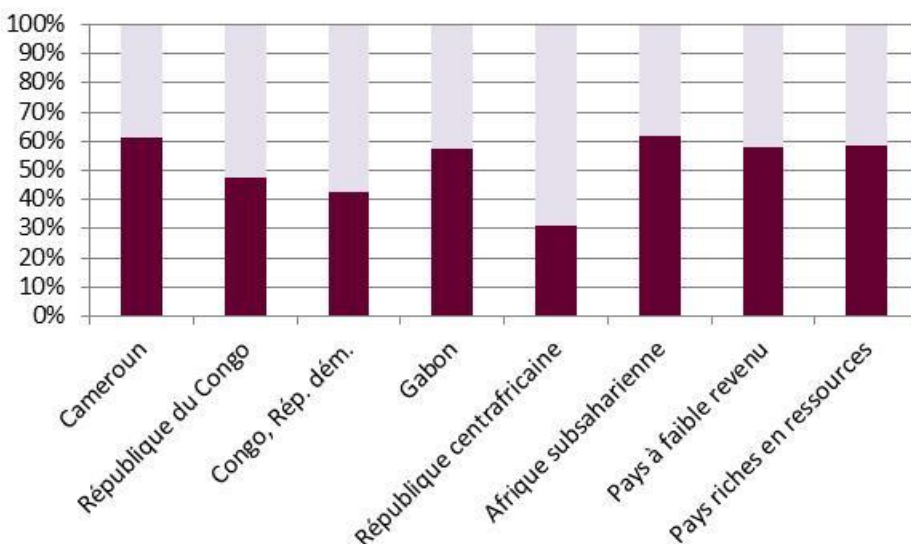
Diagramme 1.1.c. Réseau routier total par nombre d'habitants (km/1 000 habitants)



Source : Base de données de l'AICD, 2011.

La majorité des routes ne sont pas revêtues. Sauf au Cameroun et au Gabon (avec respectivement 61 % et 57 % de routes revêtues), la plupart des routes ne sont pas revêtues dans les pays du bassin du Congo. La situation est la plus grave en République centrafricaine, où moins d'un tiers des routes sont effectivement revêtues (voir diagramme 1.2).

Diagramme 1- 2: Pourcentage des routes revêtues par rapport aux routes non revêtues



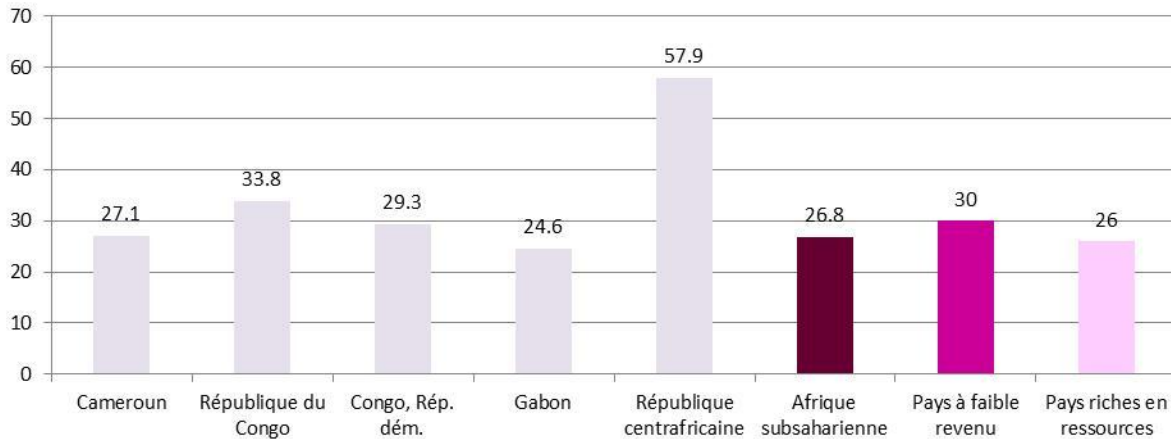
Source : Base de données de l'AICD, 2011.

Accessibilité rurale. Dans le bassin du Congo, le réseau routier tertiaire est particulièrement déficient et l'accessibilité rurale – mesurée par le pourcentage de personnes habitant à une distance de maximum 2 km d'une route utilisable en toute saison⁴ – est limitée. L'indice

⁴ Ce pourcentage est généralement connu sous le nom d'indice d'accessibilité rurale (IAR). Il est estimé en utilisant un modèle du réseau routier africain, basé sur un système d'information géographique et la distribution géographique de la population.

d'accessibilité rurale (IAR) varie dans le bassin du Congo, d'un quart à un tiers de la population rurale, sauf en République centrafricaine, où il est estimé à plus de la moitié de la population (voir diagramme 1.3). Cette situation est particulièrement dommageable pour le secteur agricole, où les agriculteurs sont pris au piège d'un système de subsistance, avec un accès au marché limité et perturbé, tant pour la vente de leurs produits que pour l'achat de leurs intrants.

Diagramme 1- 3: Accessibilité rurale



Source : Base de données de l'AICD, 2011.

Manque d'entretien et de maintenance. Dans la plupart des pays du bassin du Congo, le réseau routier a atteint un état de délabrement avancé à cause d'un manque d'entretien au cours des dernières décennies (exacerbé dans certains pays par une guerre civile prolongée). Jusqu'à tout récemment, le budget alloué à l'infrastructure routière a été excessivement réduit, et les mécanismes financiers (*fonds routiers*) mis en place pour soutenir l'entretien des routes se sont avérés nettement inadéquats.

Réseau de transport fluvial

Le bassin du Congo dispose d'un réseau navigable de 12 000 km, couvrant près de 4 millions de km² dans neuf pays. Les trois voies principales – qui convergent toutes en aval à Kinshasa sur le Pool Malebo – partent respectivement de Kisangani, Ilebo sur le Kasai, et Bangui sur l'Oubangi (voir diagramme 1.4). Le volume des biens transportés par eau (essentiellement des produits agricoles, du bois, des minerais et du carburant) est très modeste, et les voies navigables ne sont souvent pas praticables toute l'année.

Potentiel non exploité. En théorie, vu leur faible coût de 0,05 dollar EU par tonne-kilomètre (contre 0,15 dollar par tonne-kilomètre pour les frets routier et ferroviaire) et malgré le fait qu'elles soient plus lentes, les voies navigables pourraient renforcer de manière significative le réseau de transport multimodal desservant la région. En pratique, le transport fluvial est toutefois encore loin de tenir ses promesses en termes de contribution au développement économique général. En fait, il a au contraire décliné depuis les années 1950, en raison de la vétusté et de l'insuffisance de ses infrastructures, de l'inadéquation de sa maintenance, de la médiocrité de son cadre réglementaire et des nombreux obstacles non physiques entravant les déplacements.

Malgré son vaste potentiel, le système de navigation fluviale demeure donc un mode de transport marginal dans le bassin du Congo.

Diagramme 1- 4: Réseau de transport fluvial dans le bassin du Congo



- ① Bangui - Kinshasa ② Kisangani - Kinshasa ③ Illebo - Kinshasa

Source : CICOS 2009.

Une nouvelle commission pour promouvoir le développement du transport fluvial. Conscients de ce potentiel inexploité, les États du Cameroun, de la République centrafricaine, de la République démocratique du Congo et de la République du Congo ont estimé nécessaire de gérer conjointement les ressources du bassin. En 1999, sous l'autorité du Secrétariat exécutif de la Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale (CEMAC), les quatre États ont créé la Commission internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha (CICOS). Son objectif immédiat est de renforcer la coopération entre ses États membres grâce à une meilleure communication à travers le fleuve Congo et ses affluents. L'objectif à long terme est d'encourager la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) afin de promouvoir le développement et de réduire la pauvreté dans les États membres.

Réseau ferroviaire

Les réseaux ferroviaires sont sous-développés. Les lignes de chemin de fer relient généralement les ports à l'arrière-pays, avec un potentiel d'intégration régionale très limité. Le modèle de développement des chemins de fer dans les pays du bassin du Congo est semblable à celui de l'ensemble du réseau africain, initialement conçu pour servir le commerce entre pays. L'ensemble du réseau ferroviaire des pays du bassin du Congo couvre 7 579 km, dont plus du tiers n'est pas entièrement fonctionnel (voir tableau 1.1). Les réseaux ferroviaires de la République démocratique du Congo et du Cameroun sont comparativement mieux développés que ceux des autres pays du bassin du Congo.

Tableau 1- 1: Réseaux ferroviaires de quelques pays du bassin du Congo

		Activité de transport (millions d'unités)		Part de l'activité totale (%)		Passagers (nombre par an)	
		Passagers -km	Tonnes nettes -km	Passagers	Fret	2000	2005
Cameroun	CAMRAIL	308	1 119	22	78	1 266	1 053
Congo, Rép. dém.	CFMK	3	57	5	95	155	33
	CFU	N/A	N/A	N/A	N/A		
	SNCC	70	444	14	86	1 307	359
République du Congo	CFCO	167	264	39	61	546	628
Gabon	SETRAG	87	2 208	4	96	237	218

Source : Bullock 2009.

Un réseau centré sur les minéraux – au détriment des passagers. Le réseau ferroviaire est principalement utilisé pour transporter des minéraux et des produits pétroliers (voir tableau 1.2). Il est en fait un héritage de l'époque coloniale, construit principalement pour satisfaire les besoins de l'industrie extractive plutôt que pour déplacer des personnes ou encourager le développement du pays. Cette option historique a tendance à persister : le Transgabonais, ouvert en 1987, a été construit principalement pour transporter des minéraux. Seule une part très marginale de l'activité de transport est par conséquent consacrée au transport des passagers (voir tableau 1.1), et de récentes statistiques montrent que le nombre moyen des passagers du chemin de fer a tendance à globalement diminuer.

Tableau 1- 2: Composition du fret en pourcentage du tonnage total

Pays du bassin du Congo	Compagnie	Bois	Ciment & matériel de construction	Engrais	Produits pétroliers	Minéraux et minéraux	Produits agricoles	Autres	Total
Cameroun	Camrail	37	2	4	26	-	19	12	100
République du Congo	CFCO	41	2	1	12	1	2	41	100
Congo, Rép. dém.	CFMK	11	6	-	4	24	-	55	100
Congo, Rép. dém.	SNCC	2	3	-	8	85	-	2	100
Gabon	SETRAG	30	-	-	-	60	-	10	100

Source : Bullock, 2009.

Le potentiel du chemin de fer n'a pas été entièrement exploité. Si à une certaine époque, de nombreux systèmes de chemins de fer assuraient une grande partie du trafic de leurs pays, leurs parts de marché ont chuté depuis lors, leurs actifs n'ont cessé de se détériorer, et la qualité des services a décliné au fil des années. Des conflits ont rendu inutilisables certaines sections du réseau. En même temps, l'amélioration du réseau routier a permis aux systèmes routiers d'attirer le fret général à plus haute valeur, cantonnant ainsi le trafic ferroviaire au fret en vrac des

minéraux et des produits agricoles, ainsi qu'aux marchandises en semi-vrac, telles que le carburant. La baisse constante des revenus a retardé l'entretien et le remplacement des lignes et du matériel roulant détériorés. Le réseau ferroviaire du bassin du Congo est très peu performant et ne devrait apporter qu'une contribution mineure à la résolution des problèmes de transport auxquels est confrontée la région.

Un réseau régional largement non connecté

Des corridors régionaux souvent détériorés. Seule la moitié des grands corridors commerciaux des pays du bassin du Congo est en bon état, ce qui entraîne des tarifs élevés pour le fret (de loin les plus élevés de l'ASS). De plus, la densité des échanges commerciaux est faible.

Tableau 1- 3: Principaux corridors de transport africains pour le commerce international

Corridors	Longueur (km)	Routes en bon état (%)	Densité des échanges (millions d'USD/km)	Vitesse implicite (km/heure)	Tarif du fret (USD/tonne-km)
Occidentale	2 050	72	8.2	6	0.08
Central	3 280	49	4.2	6.1	0.13
Oriental	2 845	82	5.7	8.1	0.07
Méridional	5 000	100	27.9	11.6	0.05

Source : Bullock 2009.

Note : La vitesse implicite comprend la durée d'immobilisation dans les ports, les postes-frontière et d'autres points d'arrêt.

Cette situation est, en particulier, préjudiciable à la République centrafricaine – le seul pays enclavé du bassin du Congo. Bien que la République centrafricaine dépende fortement de ses corridors régionaux pour le déplacement des biens et des personnes, elle ne dispose d'aucun corridor routier utilisable en toute saison vers ses points d'entrée portuaires côtiers. De plus, ses voisins ont tendance à ne pas accorder une très haute priorité à l'entretien de leurs portions des corridors qui relient la République centrafricaine aux principaux ports ; les corridors Douala–Bangui et Pointe-Noire–Brazzaville–Bangui ne sont toujours pas entièrement revêtus. Le segment camerounais de ce dernier (308 km) est entièrement non revêtu, de même que les 1 000 km du côté congolais. Certaines sections du corridor Douala-Bangui (environ 250 km au Cameroun et 210 km en République centrafricaine) sont en cours de réfection (dans le cadre du programme de transport de transit de la Communauté économique et monétaire d'Afrique centrale or CEMAC)).

Tableau 1- 4: Qualité des routes et des corridors reliant Bangui aux ports d'entrée

Corridors	État (%)				Type (%)		
	Bon	Satisfaisant	Mauvais	Inconnu	Revêtu	Non revêtu	Inconnu
Douala à Bangui	53.9	23.4	22.7	0	68.6	31.4	0
Cameroun	29.6	35.7	34.7	0	52.1	47.9	0
République centrafr.	100	0	0	0	100	0	0
Douala à Ndjamen	18.9	24.5	56.6	0	67.3	32.7	0
Cameroun	18.9	24.5	56.6	0	67.3	32.7	0
Pointe-Noire à Brazzaville à Bangui	29.1	18.9	45.2	7	68.8	25.2	6
Cameroun	55.6	38.8	0	6	0	100	0
République centrafr.	99.2	0	0	1	99.2	8	0
République du Congo	0	21.3	69.4	9	27.9	62.8	9.2

Source : Bullock 2009.

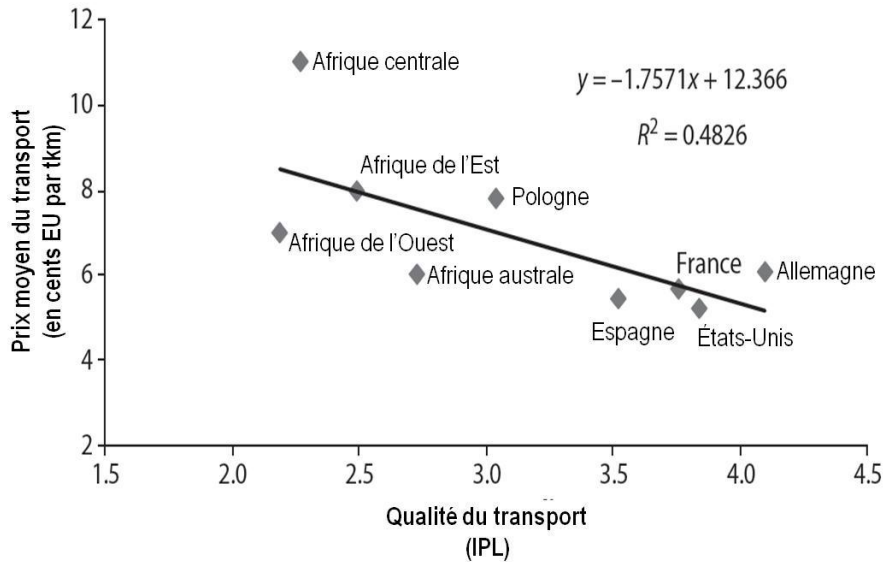
Le potentiel multimodal s'est détérioré. Traditionnellement, le transport régional en Afrique centrale, en particulier le trafic de transit, était réparti entre les corridors routiers et routiers-ferroviaires partant du port d'entrée de Douala et les corridors ferroviaires-fluviaux-routiers allant de Pointe-Noire (en République du Congo) ou Matadi (en République démocratique du Congo) à Bangui en République centrafricaine (ferroviaires-fluviaux) puis à Ndjamen au Tchad. Le corridor ferroviaire-fluvial a toutefois perdu toutes ses parts de marché dans le commerce tchadien depuis le début des années 1990 et est devenu marginal pour le commerce de la République centrafricaine (sauf pour les produits pétroliers à travers Matadi).

Une juxtaposition d'économies enclavées. Même si la situation est particulièrement critique pour la République centrafricaine, on peut dire que la mauvaise connectivité des transports a tendance à également créer une économie enclavée à l'intérieur même des pays. C'est particulièrement vrai pour la République démocratique du Congo, qui constitue en soi une sorte de continent. L'accès aux marchés est problématique et impose aux populations rurales un modèle économique de subsistance, avec des options limitées de commerce en dehors de leur voisinage immédiat.

Services de transport : chers et de mauvaise qualité

Les prix du transport en Afrique sont les plus élevés du monde. Les services de transport dans les pays d'Afrique centrale sont parmi les moins performants du monde. Ils sont caractérisés par des coûts très élevés et une qualité médiocre (selon l'indice de performance logistique) (voir diagramme 1.5). Un rapport de la CEEAC⁵ rapporte que le transport du fret entre Douala à Ndjamen coûte 6 000 dollars EU par tonne et prend 60 jours, contre seulement 1 000 dollars EU et 30 jours entre Shanghai et Douala. Le fret ferroviaire en République démocratique du Congo est près de trois fois plus cher qu'en Afrique australe.

⁵ Plan directeur consensuel pour le transport en République centrafricaine, CEEAC 2004.

Diagramme 1- 5: Services de transport en Afrique centrale : chers et de mauvaise qualité

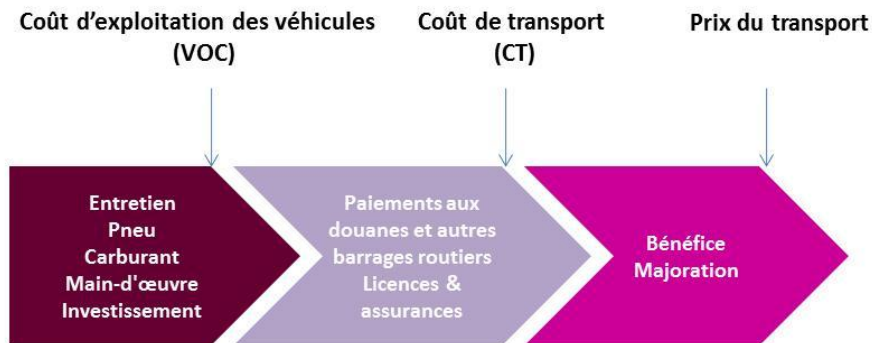
Source : Teravainthorn et Raballand 2008.

Les prix du transport résultent d'une combinaison de facteurs. Plusieurs facteurs influencent les prix du transport (voir diagramme 1.6). Les coûts d'exploitation des véhicules – directement corrélés avec la qualité des infrastructures routières et le type des véhicules – constituent une partie importante des coûts de transport. Ceux-ci peuvent néanmoins être fortement influencés par d'autres facteurs, tels qu'une logistique inefficace, un cadre réglementaire et des institutions faibles, etc. Le prix réel du transport dans un pays donné est largement déterminé par la part imputable aux facteurs susmentionnés et varie fortement d'un pays à l'autre.

- **Le mauvais état des infrastructures maximise les coûts d'exploitation.** Le mauvais état des routes entraîne des coûts d'exploitation hautement variables, dans la mesure où il accroît la consommation de carburant et les coûts d'entretien, et raccourcit la durée de vie moyenne des véhicules (et des pièces). En République démocratique du Congo, par exemple, seuls 5 % des 58 000 km de routes nationales sont revêtus. Le coût imposé par le mauvais état des routes constitue l'une des raisons principales pour lesquelles les coûts du fret sont aussi élevés en République démocratique du Congo. Malgré l'existence d'une relativement solide industrie du transport routier, au sein de laquelle la concurrence est féroce, les coûts du fret restent élevés à cause du mauvais état des routes et du délabrement des réseaux de transport.
- **Une logistique inefficace.** Les pays du bassin du Congo font partie de ceux où la logistique liée aux services de transport est la moins performante. Le mauvais fonctionnement des ports et la lenteur des procédures de dédouanement constituent, en particulier, d'importantes contraintes au Cameroun et en République démocratique du Congo. Le coût du transport d'un conteneur entre Douala et Bangui est de 4,94 dollars EU/km, contre 1,38 dollar EU/km entre Maputo et Johannesburg. Le système actuel favorise également l'utilisation de grandes flottes constituées principalement de vieux camions mal entretenus.

- **Une réglementation excessive du marché du transport.** Les cadres réglementaires des pays du bassin du Congo sont particulièrement complexes. Cette complexité a ouvert la voie à toutes sortes d'activités de maximisation de la rente, telles que la corruption, le protectionnisme et les cartels. La structure d'incitation perverse qu'elle a engendrée constitue le principal obstacle à l'entrée et a étouffé la concurrence. L'absence de nouveaux opérateurs a inhibé l'émergence d'une chaîne d'approvisionnement plus efficace, souhaitée aussi bien par les importateurs que par les exportateurs.

Diagramme 1- 6: Facteurs déterminant le prix du transport



Coût d'exploitation des véhicules (VOC) : comprend les divers coûts directs liés à l'utilisation d'un véhicule, notamment l'entretien, les pneus, le carburant, la main-d'œuvre et le coût en capital.
Coût de transport (CT) comprend le VOC ainsi que des coûts indirects tels que la licence, l'assurance, les paiements aux douanes et à d'autres barrages routiers
Prix du transport (appliqué à l'utilisateur final): tarif appliqué par une compagnie de transport ou un convoyeur de fret à un expéditeur ou un importateur.

Source : Teravainthorn et Raballand 2008.

Le déplacement d'une tonne de fret le long des corridors intrarégionaux de l'Afrique centrale coûte deux fois plus cher (entre 230 et 650 dollars EU) qu'en Afrique australe (entre 120 et 270 dollars EU), où les distances sont nettement plus longues (Dominguez-Torres et Foster 2011). Au début des années 1990, le coût d'un sac de ciment acheté dans la capitale provinciale de Kisangani doublait à son arrivée dans la capitale sous-régionale de Buta, située à quelque 250 km au nord-ouest le long de la Transafricaine – et les routes n'ont fait que se dégrader depuis lors. L'enclavement aggrave le problème des coûts de transport. Les coûts élevés du transport routier le long du corridor Douala-Bangui représentent l'essentiel du coût d'importation vers la République centrafricaine. Les coûts de transport à l'intérieur des terres, d'environ 3 500 à 4 500 dollars EU par conteneur, constituent plus de 65 % du coût total d'importation.

La structure des prix du transport dans le bassin du Congo montre que, même si des améliorations de l'état des routes peuvent réduire les coûts à la fois d'exploitation et d'entretien des véhicules, il reste encore beaucoup à faire pour réduire, enfin et de manière importante, les coûts de transport, notamment en simplifiant les réglementations et en contrôlant les cartels de transport.

CHAPITRE 2 : Le mauvais état de l'infrastructure de transport a « protégé » les forêts

Typologie des impacts des infrastructures de transport sur les forêts

De nombreuses études ont montré une corrélation positive entre le développement de l'infrastructure routière et la déforestation.⁶ Les routes constituent l'une des plus solides variables explicatives de la déforestation tropicale : elles accroissent la fragmentation et réduisent la régénération des forêts. Le développement des infrastructures de transport (notamment les routes et les voies ferrées) a des impacts tant directs qu'indirects sur les forêts. Les impacts directs sont habituellement limités et ne concernent qu'une bande de quelques mètres de chaque côté de la ligne de transport (la bande de sécurité qui doit être déboisée). Les impacts globaux à long terme générant de la déforestation peuvent toutefois être plus amples et de plus longue durée, surtout lorsque la gouvernance forestière est faible, l'application locale des lois est insuffisante, et les possibilités de moyens d'existence pour les communautés voisines sont limitées. De plus, la construction/l'amélioration des routes provoque une dégradation des forêts, en accroissant une accessibilité à des zones reculées, qui favorise l'abattage des arbres et la chasse.

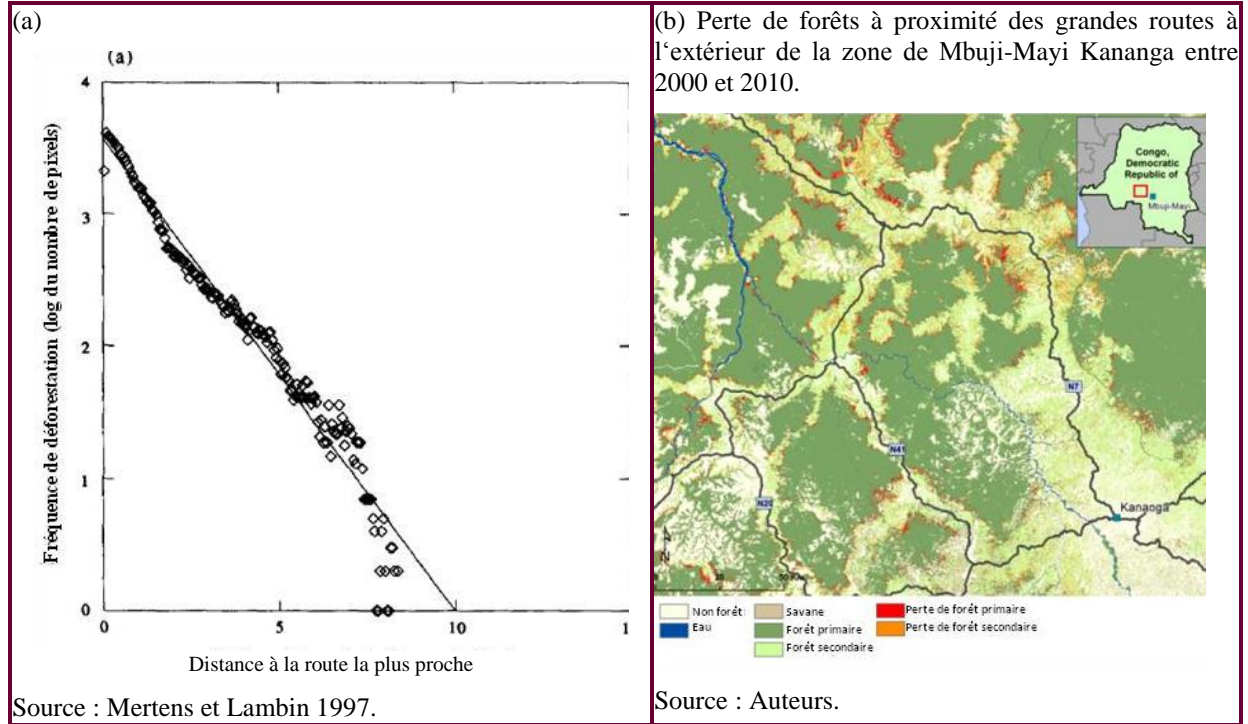
Il est largement admis que les infrastructures de transport accroissent indubitablement la pression sur les forêts et entraînent une déforestation et une dégradation. Toutefois, l'ampleur et la dynamique du phénomène varient avec des paramètres tels que le type d'infrastructure, la densité de la population et le type d'écosystèmes forestiers. De plus, les questions de gouvernance peuvent également jouer un rôle.

- **Densité de la population.** Souvent, lorsque la population s'accroît, la demande de terres et de produits agricoles augmente également. Elle entraîne une extension des champs dans les zones précédemment occupées par la forêt. Le taux de déforestation peut grimper de manière significative lorsque la croissance de la population s'accompagne d'une demande de terres agricoles et de combustibles.
- **Les infrastructures de transport donnent accès aux lisières des forêts,** qui sont souvent colonisées par les populations les plus vulnérables, en quête de terres où subsister. En Afrique centrale, les principales causes de déforestation et de dégradation des forêts sont directement liées à la densité de la population rurale vivant près des forêts. Le taux de déforestation décroît rapidement quand on s'éloigne des routes. En Amazonie brésilienne, la perte de forêt observée était de 30 % à moins de 10 km des routes, de 20 % entre 11 et 25 km, et de 15 % entre 26 et 50 km (Laurance et coll. 2001). Moins de recherches ont été effectuées sur la question dans le bassin du Congo : un exercice de modélisation réalisé dans le sud du Cameroun (Mertens et Lambin 1997) (diagramme 2.1.a et b) montre que 80 % de la déforestation totale survient sur une distance de moins de 2 km des routes et s'arrête au-delà de 7,5 km. Comme le montre la carte ci-dessous, représentant la zone de transition autour de la ville de Kananga dans le sud de la

⁶ Parmi les nombreuses études sur le sujet, citons : Cropper, Puri, et Griffiths 2001 ; Chomitz et coll. 2007 ; Fearnside 2008 ; Kaimowitz et Angelsen 1998 ; Pfaff et coll. 2007 ; Soares-Filho et coll. 2005 ; et Zhang et coll. 2005.

République démocratique du Congo, les modes de déforestation sont différents dans les zones où une plus forte densité de la population augmente la grande pression sur les forêts naturelles.

Diagramme 2- 1: (a) Modélisation spatiale de la déforestation dans le sud du Cameroun et (b) Pertes forestières à proximité des grandes routes à l'extérieur de la zone de Mbuji-Mayi/ Kananga entre 2000 et 2010



- **Type d'infrastructure.** Les impacts indirects sont habituellement d'une plus grande ampleur le long d'une route que d'une voie ferrée. De même, des études menées en Amazonie ont montré que les impacts en termes de déforestation sont plus importants le long des routes revêtues : 70 % de la déforestation survient à moins de 50 km des routes revêtues et maximum 7 % le long des routes non revêtues (IPAM 2000).
- **Impacts à moyen/long terme.** Les impacts directs immédiats des infrastructures de transport se limitent habituellement à une bande de quelques mètres de chaque côté de la voie. L'encadré 2.1 décrit la séquence temporelle des pertes de forêts en Amérique latine et met en évidence le fait que la déforestation s'étend sur une longue période et que son impact complet ne peut être mesuré qu'à moyen ou long terme.
- **Gouvernance.** Des éléments probants issus du Belize montrent que la dynamique de la déforestation peut être gérée en intégrant la planification des infrastructures et le développement local. Toutefois, dans les zones où la gouvernance forestière est mauvaise et l'application des lois insuffisante, les impacts indirects sont habituellement incontrôlables et les nouvelles infrastructures de transport donnent souvent lieu à une explosion d'activités illicites (abattage des arbres ou exploitation minière illégaux...) qui causent d'importants dommages aux forêts.

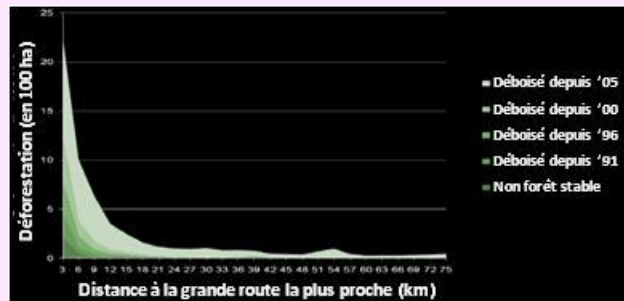
Encadré 2- 1: Séquence temporelle des pertes de forêts dans les pays d'Amérique latine

Les diagrammes ci-après illustrent la dynamique de la déforestation autour des routes au Brésil (Acre), au Pérou (Madre de Dios) et en Bolivie (Pando) sur une période de 15 ans après la création d'une nouvelle route.

Dans chacun des cas, le déboisement a commencé dans les zones longeant les routes, avec le taux le plus rapide à moins de 10 km de la route. Au-delà de cette distance initiale, la situation varie assez significativement d'un cas à l'autre. La distance de 10 km se vérifie particulièrement à Acre et Madre de Dios, où le revêtement des routes est relativement avancé. Par contre, à Pando, les forêts longeant les routes en terre commencent à être déboisées. La surface détruite est cependant assez petite, et la distance à la route semble un peu moins importante. Les résultats suggèrent que les routes revêtues augmentent la connectivité et offrent une plus grande accessibilité. Celle-ci a tendance à accroître la déforestation. La circulation des personnes et des biens est accélérée à travers le paysage, augmentant la probabilité de changements dramatiques futurs dans la couverture forestière.



Acre, Brésil



Madre de Dios, Pérou



Pando, Bolivie

Source : Southworth et coll. 2011.

Le mauvais état des infrastructures de transport a « préservé » les forêts

Manque de connectivité : un obstacle majeur au développement économique

Un volume considérable de recherches économiques montre qu'une infrastructure insuffisante entrave la croissance économique. Des éléments probants (Aschauer 1989) mettent en évidence le lien statistique entre le stock des infrastructures de transport et la croissance économique. En Chine par exemple, le développement du réseau de transport a été l'un des principaux moteurs de la croissance économique (Zhang 2009). Il influence la structure et les performances économiques en ouvrant les marchés.

L'absence de mobilité des personnes et des biens constitue un obstacle au commerce. Le réseau des transports hautement déconnecté entrave la mobilité des biens et des personnes dans le bassin du Congo. Comme le montre l'encadré 2.2, en République démocratique du Congo, seule une capitale provinciale est reliée par la route à Kinshasa (la capitale du pays) ; les autres le sont par voie fluviale ou aérienne. Cette situation est hautement défavorable au commerce, étant donné que la qualité des infrastructures constitue un déterminant important des performances commerciales (Nordås et Piermartini 2004). Des études récentes montrent que le commerce est hautement sensible aux prix du transport (une baisse de 10 % des prix du transport augmente l'activité commerciale de 25 %), et dans de nombreux pays, les prix élevés du transport constituent un plus grand obstacle au commerce que les tarifs douaniers sur les importations et les restrictions imposées aux échanges. De plus, de mauvaises infrastructures de transport accroissent l'incertitude et les risques liés aux temps de déplacement : des études ont montré la corrélation existant entre les prix du transport et les retards engendrés par le mauvais état des infrastructures routières. Hummels et coll. (2007) ont calculé le prix équivalant au coût des retards. Ils montrent qu'une journée de retard en moins fait gagner 2 % du coût de transport par la route. Les retards causés par le mauvais état des infrastructures de transport ont également un impact sur les volumes des échanges. Djankov, Freund, et Pham (2006) ont estimé à 1 % le volume commercial perdu à cause d'une journée supplémentaire de transit.

Encadré 2- 2: Connexions entre les capitales provinciales

En République démocratique du Congo, les capitales provinciales ne sont pas reliées par la route, elles sont, pour la plupart, reliées à Kinshasa, la capitale, par un système de transport aérien défaillant. Ce manque de connectivité constitue l'un des principaux obstacles à la croissance économique, dans la mesure où il isole les provinces et rend difficile l'échange des biens et marchandises. Les pays ayant accès à la mer ne sont, eux non plus, pas en mesure d'assurer une plus grande mobilité des biens et des personnes, en raison du manque grave de connexion de leurs réseaux de transport. Même les pays disposant d'un port attendent toujours de bénéficier des avantages d'un réseau de transport efficace ; leur situation ne diffère pas de celle des pays enclavés.

Tableau : Moyens de transport disponibles entre Kinshasa et les capitales provinciales

Capitale provinciale	Route	Eau	Air
Matadi	√		
Mbandaka		√	
Kisangani		√	√
Bandundu		√	
Kananga			√
Mbuji-Mayi			√
Lubumbashi			√
Kindu			√
Goma			√
Bukavu			√

Agriculture : Un obstacle majeur et durable à la transition d'une agriculture de subsistance vers un modèle plus axé sur le marché. La médiocrité des infrastructures rend presque impossible toute transition vers une forme plus intensive d'exploitation agricole basée sur la forêt. Pendant la saison des pluies, l'entretien des routes de desserte est difficile dans les forêts humides et de nombreuses zones sont inaccessibles. En République démocratique du Congo, même s'il s'est avéré l'un des moyens de transport les plus efficaces, le transport fluvial reste fortement limité par la fluctuation du niveau des eaux et n'est donc possible que par intermittence, lorsque celui-ci le permet. De plus, les capacités limitées de stockage et de transformation empêchent les exploitants pratiquant l'agriculture de subsistance d'attendre la saison sèche pour se rendre sur les marchés et y vendre leurs produits à un prix plus élevé. Par conséquent, conjugué à de faibles capacités de stockage, le manque d'infrastructures routières a jusqu'ici limité la rentabilité des exploitants en augmentant leurs coûts de transaction et en restreignant leur participation à l'économie générale. Il étouffe également la concurrence et de la croissance et affecte négativement la rentabilité et la sécurité alimentaire des exploitants pratiquant l'agriculture de subsistance.

La sécurité alimentaire devient un problème lorsque les populations sont forcées de dépendre entièrement de la production locale. Même une récolte légèrement insatisfaisante peut compromettre la sécurité alimentaire, dans la mesure où la population n'a aucun moyen de profiter des excédents d'autres régions du pays. Le manque d'infrastructures routières fiables accroît la vulnérabilité des agriculteurs aux chocs climatiques, mais peut également les protéger d'autres chocs extérieurs (par exemple, la volatilité des prix).

Les terres exploitables sont pour la plupart inaccessibles. Une grande partie des terres potentiellement exploitables du bassin du Congo n'est pas convertie à la production, étant donné que les bénéfices nets seraient négatifs après la prise en compte des coûts de transport. Une étude récente⁷ a identifié les terres potentiellement exploitables et accessibles. Les terres exploitables ont été classées en fonction du temps de déplacement jusqu'au marché important le plus proche, défini comme une ville d'au moins 50 000 habitants, avec une limite de six heures de trajet. Comme le montre le tableau ci-dessous, l'Amérique latine dispose d'un net avantage sur le plan

⁷ Deininger et coll. 2011, basé sur IIASA, 2010

de l'infrastructure, avec plus de 75 % de ses terres exploitables non boisées situées à moins de six heures d'un marché urbain. Ainsi, bien que la surface totale disponible en Amérique latine soit d'environ 40 % inférieure à celle de l'ASS, les deux régions disposent en fait d'une superficie de terres exploitables non boisées presque identique (environ 94 millions d'hectares) lorsqu'on tient compte du critère d'accessibilité au marché. La situation est encore pire dans les pays du bassin du Congo. En République démocratique du Congo, on estime que seules 33 % des terres exploitables non boisées (soit 7,6 sur 22,5 millions d'hectares) se situent à moins de six heures d'un marché important, tandis que cette proportion atteint seulement 16 % en République centrafricaine (1,3 sur 7,9 millions d'hectares).

Tableau 2- 1: Offre potentielle des terres non cultivées, non boisées et à faible densité de population (< 25 habitants/km²), avec prise en compte du critère d'accès à un marché (en millions d'hectares)

	Superficie totale	Superficie à moins de 6 heures d'un marché	% Superficie à moins de 6 heures d'un marché
Afrique subsaharienne	201,5	94,9	47,1 %
Amérique latine et Caraïbes	123,3	94	76,2 %
Europe de l'Est et Asie centrale	52,4	43,7	83,4 %
Asie de l'Est et du Sud	14,3	3,3	23,1 %
Moyen-Orient et Afrique du Nord	3	2,6	86,7 %
Reste du monde	51	24,6	48,2 %
Total	445,6	263,1	59,0 %

Source : Deininger et coll. 2011, basé sur IIASA, 2010

Minéraux : de meilleures infrastructures comme condition préalable à l'exploitation des minéraux. La médiocrité de l'infrastructure constitue depuis toujours un obstacle majeur au développement de l'exploitation minière dans le bassin du Congo. Toutefois, le niveau élevé de la demande et des prix incite à exploiter de nouveaux gisements avec une nouvelle génération d'accords. Ainsi, depuis quelques années, on voit se développer une tendance des investisseurs à offrir de construire les infrastructures associées, telles que des routes, des voies ferrées, des centrales électriques (y compris de grands barrages), des ports, etc. Au Gabon, le contrat d'exploitation des réserves de minerai de fer de Belinga signé par la *China National Machinery and Equipment Import and Export Corporation* prévoit la construction des infrastructures connexes. Au Cameroun, une entreprise australienne (*Sundance*) a obtenu des droits d'exploration, qui devraient lui permettre, pour autant que le projet soit approuvé, de développer une mine de minerai de fer et l'infrastructure associée au sein de la forêt tropicale dense couvrant la partie sud du pays. Ces nouveaux accords allègent en grande partie la charge qui pèse sur les pays d'accueil, qui ne disposent généralement pas des fonds nécessaires pour couvrir de tels investissements. Ces « nouveaux accords » devraient contribuer à surmonter l'une des plus grandes faiblesses des pays du bassin du Congo, handicapant le développement de l'exploitation minière.

Les taux de déforestation dans le bassin du Congo figurent parmi les plus faibles

Les taux de déforestation dans le bassin du Congo figurent parmi les plus faibles, y compris de l'Afrique. Les forêts tropicales du bassin du Congo ont été « passivement » protégées parce que certains des grands moteurs de la déforestation – expansion agricole, infrastructure et exploitation minière – ont stagné au cours des dernières décennies, pour des raisons telles que

l'instabilité politique, des rébellions prolongées, etc. Les chiffres indiquent que les taux de déforestation observés en Afrique centrale se situent non seulement bien en deçà de ceux des principaux contributeurs à la déforestation dans le monde, mais aussi de ceux de la plupart des autres régions africaines. En superficie, l'Afrique centrale perd, chaque année, environ 40 % de forêts en moins que l'Afrique australe, 25 % en moins que l'Afrique de l'Ouest et 15 % en moins que l'Afrique de l'Est. Elle est responsable de moins d'un cinquième des pertes annuelles totales de surface forestière sur le continent africain (voir tableau 2.2 et diagramme 2.2).

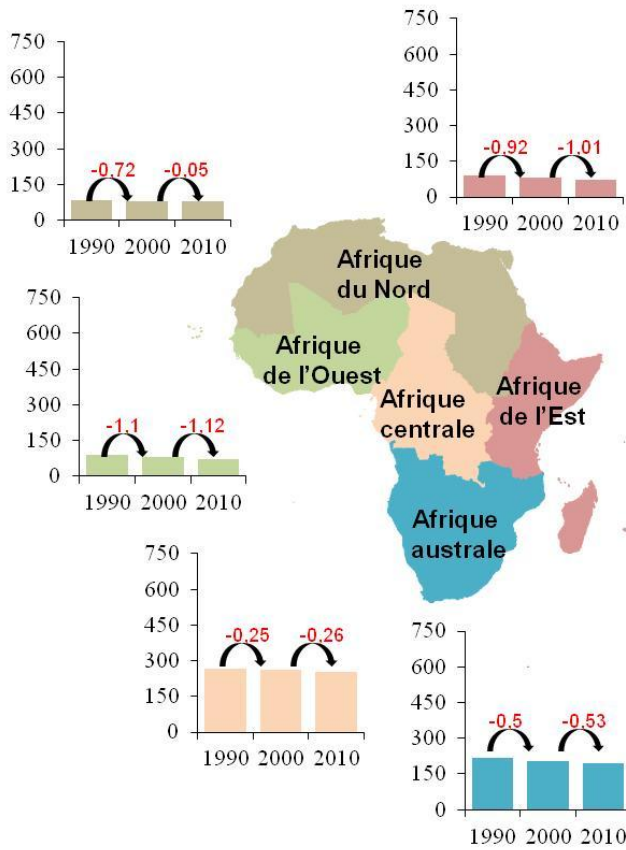
Tableau 2- 2: Évolution de la surface forestière en Afrique et dans les principales régions contribuant à la déforestation mondiale, 1990–2010

Sous-région	Superficie forestière (en milliers d'hectares)			Évolution annuelle (en milliers d'hectares)		Taux d'évolution annuelle (%)	
	1990	2000	2010	1990-2000	2000-2010	1990-2000	2000-2010
Afrique centrale	268 214	261 455	254 854	-676	-660	-0,25	-0,26
Afrique de l'Est	88 865	81 027	73 197	-784	-783	-0,92	-1,01
Afrique du Nord	85 123	79 224	78 814	-590	-41	-0,72	-0,05
Afrique australe	215 447	204 879	194 320	-1 057	-1 056	-0,50	-0,53
Afrique de l'Ouest	91 589	81 979	73 234	-961	-875	-1,10	-1,12
Total Afrique	749 238	708 564	674 419	-4 067	-3 414	-0,56	-0,49
Asie du Sud-Est	247 260	223 045	214 064	-2 422	-898	-1,03	-0,41
Océanie	198 744	198 381	191 384	-36	-700	-0,02	-0,36
Amérique centrale	96 008	88 731	84 301	-728	-443	-0,79	-0,51
Amérique du Sud	946 454	904 322	864 351	-4 213	-3 997	-0,45	-0,45
Monde	4 168 399	4 085 063	4 032 905	-8 334	-5 216	-0,20	-0,13

Source : FAO 2011.

Les forêts tropicales ont essentiellement été protégées « passivement ». Dans les six pays du bassin du Congo, les taux actuels globaux de déforestation et de dégradation forestière sont très modérés. En Afrique centrale, les taux nets annuels de déforestation et de dégradation étaient, respectivement, de 0,09 % et 0,05 % entre 1990 et 2000 (diagramme 2.4). Les faibles systèmes de transport et l'instabilité politique ont été certains des principaux obstacles au développement économique de la sous-région. Les exploitants agricoles étaient piégés dans une agriculture de subsistance utilisant peu d'intrants, tandis que les immenses ressources extractives ne pouvaient être exploitées. Au cours des dernières décennies, les forêts du bassin du Congo ont, par conséquent, été largement protégées et comptent actuellement parmi les forêts tropicales les mieux préservées au monde. La déforestation s'y est néanmoins accélérée ces dernières années. De même que la dégradation, elle est principalement associée à l'expansion des activités de subsistance (agriculture et énergie) et est concentrée autour des zones densément peuplées.

Diagramme 2- 2: Évolution de la surface forestière dans les principales régions africaines entre 1990 et 2010.



Note : Aux fins de cette analyse, les pays sont répartis de la manière suivante :

L'Afrique centrale : Burundi, Cameroun, Gabon, Guinée équatoriale, République centrafricaine, République démocratique du Congo, République du Congo, Rwanda, Sainte-Hélène, Ascension et Tristan da Cunha, São Tomé et Príncipe, Tchad ;

Afrique de l'Est : Comores, Djibouti, Érythrée, Éthiopie, Kenya, Madagascar, Maurice, Mayotte, Ouganda, République unie de Tanzanie, Réunion, Seychelles, Somalie ;

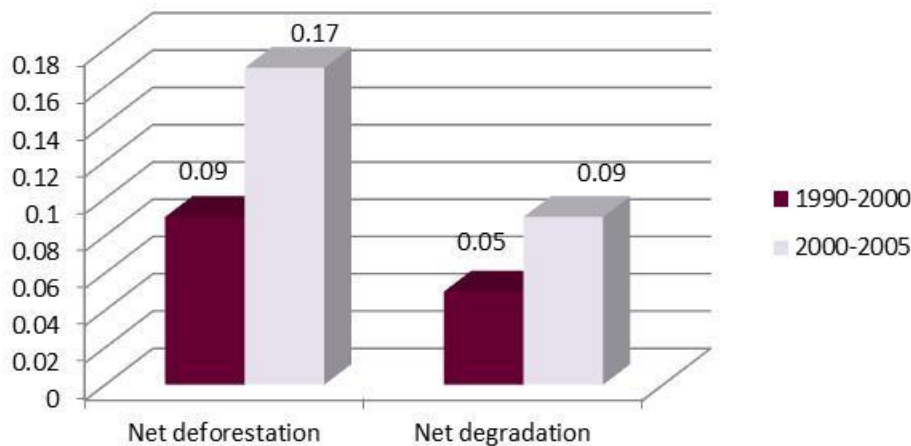
Afrique du Nord : Algérie, Égypte, Jamahiriya arabe libyenne, Maroc, Mauritanie, Sahara occidental, Soudan, Tunisie ;

Afrique australe : Afrique du Sud, Angola, Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibie, Swaziland, Zambie, Zimbabwe ;

Afrique de l'Ouest : Bénin, Burkina Faso, Cap-Vert, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Liberia, Mali, Niger, Nigéria, Sénégal, Sierra Leone, Togo ;

Source : Les auteurs à partir de FAO 2011.

Diagramme 2.4 : Taux annuels moyens de déforestation et de dégradation des forêts, 1990-2000 et 2000-2005



Source : De Wasseige et coll. 2012.

CHAPITRE 3 : Le développement futur du transport représente-t-il une menace pour les forêts du bassin du Congo ?

Les infrastructures font cruellement défaut dans le bassin du Congo. Le besoin pressant de « transformer l'infrastructure de l'Afrique » s'applique tout particulièrement aux pays du bassin du Congo, qui figurent parmi ceux ayant le plus faible niveau d'infrastructures. Des plans ambitieux sont en préparation aux niveaux régional et continental, tandis que les pays semblent eux aussi accorder une priorité élevée à la construction et à la réhabilitation des infrastructures.

L'amélioration du transport au cœur du programme politique

Une priorité pour les pays du bassin du Congo

D'importants progrès sont en cours de réalisation dans la réhabilitation de l'infrastructure routière des pays. Ces dernières années, la plupart des pays du bassin du Congo se sont fixé des objectifs ambitieux en matière d'infrastructure, en particulier dans le domaine du transport, en vue de stimuler la croissance et le développement économiques. Dans la plupart des cas, ces objectifs se sont traduits par une forte augmentation des allocations budgétaires en faveur du secteur du transport, dont la grande partie est consacrée aux investissements, la priorité principale étant la construction et la réhabilitation des routes et, dans une moindre mesure, des voies ferrées. En République du Congo, où le système de transport est de loin le plus détérioré, le financement public destiné à ce secteur a augmenté de 31,5 % entre 2006 et 2010 et représente 19,6 % des ressources publiques. Cet effort cible particulièrement le sous-secteur routier, dont les allocations budgétaires ont augmenté de 77 % au cours de cette même période. Complétées par d'autres ressources extérieures, ces ressources ont été utilisées pour soutenir l'investissement dans des projets phares.

Des progrès significatifs ont également été réalisés dans la mobilisation de ressources extérieures destinées à appuyer la reconstruction du réseau routier. Par exemple, en République démocratique du Congo, la reconstruction du réseau routier a été clairement considérée comme une priorité majeure après la fin du conflit armé. Le pays a obtenu d'importants engagements financiers de la part de donateurs multilatéraux et bilatéraux, ainsi que de la Chine. Ces fonds visent beaucoup des grands corridors routiers du pays : la route entre Matadi (le port) et Kinshasa a été récemment reconstruite, et des plans sont en cours pour la reconstruction et le revêtement des grands corridors est-ouest et nord-sud. La Chine finance actuellement une grande route traversant le Congo, qui donnera accès aux riches ressources ligneuses et minérales. Les récents indicateurs de qualité des routes révèlent donc que l'état du petit réseau de routes revêtues du pays (moins de 3 000 km) s'est amélioré. Les routes non revêtues, qui couvrent plus de 30 000 kilomètres et représentent la grande majorité du réseau routier, sont, par contre, toujours en très mauvais état.

L'entretien reste un défi. Un des enjeux clés pour l'avenir sera de ne pas se limiter à la reconstruction du réseau routier, mais de mettre également en place un mécanisme durable pour financer son entretien. Les conditions climatiques et écologiques sont particulièrement rudes dans le bassin du Congo et contribuent à l'altération rapide du capital infrastructurel. Des fonds substantiels doivent donc être alloués à l'entretien du réseau routier. Comme celui-ci est géographiquement très étendu, la République démocratique du Congo devrait dépenser près de

400 millions de dollars EU par an, simplement pour maintenir ses infrastructures de transport dans un état utilisable, soit plus de 5 % de son PIB national. L'obtention de ressources pour l'entretien du réseau représente clairement un immense défi, tout comme l'utilisation efficace de ces fonds. De nombreux pays ont créé des fonds routiers pour répondre à ce défi. Une attention particulière doit être accordée à ces fonds routiers, afin de garantir une utilisation efficace et efficiente des ressources collectées pour le financement des services d'entretien des routes.

Un grand nombre de programmes régionaux et continentaux

Le réseau de transport est actuellement très fragmenté. Une approche régionale pourrait réduire les coûts du développement des infrastructures, améliorer le fonctionnement général du système et optimiser les possibilités des corridors de transport au sein et au-delà de la région.

Corridors routiers. Pour répondre à ce défi crucial, de nombreux plans et programmes sont en cours afin de transformer l'infrastructure de transport du bassin du Congo, au niveau tant continental (sous l'égide de l'Union africaine et du NEPAD) que régional (sous la direction des entités économiques régionales, la CEEAC et la CEMAC) (voir annexe 1 et encadré 3.1).

Encadré 3- 1: Le Réseau routier consensuel pour l'Afrique centrale

Comme la région avait besoin d'un réseau de référence pour établir son programme d'investissement dans l'infrastructure, un processus de consultation s'est déroulé sur de nombreuses années. Les principaux jalons ont été les suivants :

- En 1988, « l'axe routier communautaire » a été officiellement établi lors de la Conférence des chefs d'État de la CEEAC.
- En 2000, un réseau prioritaire pour l'intégration régionale (résolution n° 9/00/CEMAC-067-CM-04 du 20 juillet 2000) a été adopté lors de la Conférence des chefs d'État de la CEEAC
- En 2005, les États de la CEEAC ont décidé de codifier les corridors de développement.
- En juin 2007, la version définitive des projets et de leurs priorités a été approuvée lors de la Conférence des chefs d'État de la CEEAC.
- En juin 2011, une table ronde des bailleurs de fonds a été organisée afin de s'accorder sur les fondements du plan.

Le Réseau routier consensuel pour l'Afrique centrale est né de la volonté partagée des États de se doter, au niveau régional, d'une base commune et approuvée pour l'amélioration des transports. En mars 2006, des spécialistes du transport l'ont validée, ainsi que sa codification, les corridors de développement et enfin, les projets de première, deuxième et troisième priorité. Le Réseau routier consensuel pour l'Afrique centrale comprend des liaisons entre États et le réseau d'interconnexion.

Expansion du réseau ferroviaire. De nombreuses propositions ont été émises, certaines il y a plus d'un siècle, pour construire de nouvelles routes pour les pays enclavés et pour intégrer les réseaux isolés. La proposition la plus ambitieuse date de 1976, lorsque l'Union africaine des chemins de fer (UAC) avait établi un plan directeur pour un réseau ferroviaire panafricain, qui comprenait 18 projets nécessitant la construction de 26 000 km de voies ferrées, dont beaucoup étaient proposés depuis plusieurs décennies. Conçu pour créer un maillage capable de soutenir le développement du commerce intra-africain et l'intégration économique régionale, ce plan a été approuvé en 1979, par l'Organisation de l'unité africaine (OUA), mais peu, pour ne pas dire aucune, des liaisons proposées ont dépassé le stade de l'étude. L'UAC se concentre aujourd'hui sur un plan directeur révisé 2001, reprenant un sous-ensemble de dix corridors. En 2005, l'UAC a encore simplifié ce plan en adoptant trois grands axes transcontinentaux : i) Libye-Niger-Tchad-République centrafricaine-République du Congo-République démocratique du Congo-

Angola-Namibie (6 500 km) ; ii) Sénégal-Mali-Tchad-Djibouti (7 800 km) ; et iii) Kenya-Tanzanie-Ouganda-Rwanda-Burundi-République démocratique du Congo, avec des extensions possibles vers l'Éthiopie et le Soudan (5 600 km) (Bullock 2009).

Transport fluvial. Conformément à la décision de l'Union africaine de promouvoir la création ou le renforcement d'organismes intergouvernementaux, afin d'améliorer la coopération entre les États, la Commission internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha (CICOS) a été mise en place le 6 novembre 1999, pour aider à gérer les ressources en eau de ce bassin et faciliter le transport fluvial sur ces voies navigables. Avec l'appui de la Banque africaine de développement et de la Facilité africaine de l'eau, la CICOS a lancé un plan d'action 2009-2010 pour l'élaboration d'un plan d'action stratégique pour le développement du transport fluvial. La CICOS cherche à fournir à la région les outils institutionnels et les mécanismes de planification qui lui permettront d'améliorer et de développer le transport fluvial dans le bassin du Congo.

Impacts potentiels du développement des infrastructures de transport sur le couvert forestier

Jusqu'ici, l'insuffisance des infrastructures de transport a « protégé » les forêts tropicales du bassin du Congo. Toutefois, il semble évident que la déforestation s'accroîtra avec le développement et l'entretien des infrastructures de transport. Les impacts potentiels du développement du réseau de transport ont été évalués à l'aide du modèle d'équilibre partiel GLOBIOM (IIASA 2010), sur la base des infrastructures prévues pour lesquelles des financements ont déjà été obtenus.

Une approche de modélisation : CongoBIOM

Une approche de modélisation a été élaborée pour étudier l'effet des principaux facteurs de déforestation prévus dans le bassin du Congo, tant endogènes qu'exogènes, sur le changement d'utilisation des terres et les émissions de gaz à effet de serre (GES) résultantes, d'ici à 2030. Le profil à couverture forestière élevée, faible déforestation (CEFD) des pays du bassin justifie le recours à une analyse prospective pour prévoir la déforestation, étant donné que les tendances historiques ont été considérées comme inappropriées pour appréhender correctement la nature et l'ampleur futures des facteurs de déforestation. Pour inclure les paramètres mondiaux, nous avons opté pour une approche macroéconomique basée sur le modèle GLOBIOM (Modèle de gestion de la biosphère mondiale).

GLOBIOM est un modèle d'équilibre partiel, qui n'intègre que certains secteurs de l'économie. Comme tous les modèles, GLOBIOM simplifie une réalité complexe en mettant l'accent sur certaines variables et relations causales expliquant les changements d'utilisation des terres à partir d'un ensemble d'hypothèses relatives au comportement des agents et au fonctionnement des marchés. GLOBIOM ne prend en compte que les principaux secteurs impliqués dans l'utilisation des terres : l'agriculture, la foresterie et la bioénergie. Il s'agit d'un modèle d'optimisation qui recherche les plus hauts niveaux possible de production et de consommation, pour une ressource, une technologie et des contraintes politiques données dans l'économie (McCarl et Spreen 1980). Dans le modèle GLOBIOM, la demande est induite de manière exogène, ce qui signifie que certaines projections calculées par d'autres équipes d'experts pour la croissance démographique, la croissance du PIB, l'utilisation de la bioénergie

et la structure de la consommation alimentaire sont utilisées pour définir la consommation de départ pour chaque période dans chaque région. Une procédure d'optimisation veille ensuite à ce que la répartition spatiale de la production minimise les coûts des ressources, de la technologie, de la transformation et des échanges commerciaux. Les quantités finales à l'équilibre résultent d'une procédure itérative entre l'offre et la demande, où les prix convergent finalement vers un prix unique du marché. L'encadré 3.2 donne une description détaillée du modèle GLOBIOM.

Encadré 3- 2: Présentation succincte du modèle GLOBIOM

Le GLOBIOM est conçu pour analyser les changements d'utilisation des terres à travers le monde.⁸ Les processus biophysiques modélisés (production agricole et forestière) reposent sur un ensemble de données spatialement explicites, qui intègre des facteurs liés au sol, au climat/aux conditions météorologiques, à la topographie, à la couverture/utilisation des terres et à la gestion des cultures. Les potentiels de récolte des terres cultivées sont calculés à l'aide du modèle EPIC (Williams, 1995) qui détermine le rendement des cultures et les besoins en intrants sur la base des relations entre les types de sol, le climat, l'hydrologie, etc. Le potentiel de récolte durable du bois dans les forêts gérées est calculé à l'aide des équations de croissance forestière du modèle G4M. Le modèle GLOBIOM s'appuie sur des bases de données détaillées pour le calibrage initial du modèle pour l'année de base, les paramètres techniques et les projections. Afin de reproduire les quantités observées pour l'année de référence (2000), le modèle GLOBIOM est calibré à l'aide de la programmation mathématique positive (Howitt 1995), qui consiste à ajuster le coût de production en utilisant les prix duaux sur les contraintes de calibrage. Ce processus est censé corriger les problèmes de spécification du modèle et l'omission des contraintes non observables auxquelles est confrontée la production. Il est utilisé pour calibrer les cultures, le bois débité, la pâte de bois et la production de calories animales.

Le modèle de simulation mondial GLOBIOM divise le monde en 28 régions. L'une d'elles est le bassin du Congo (les six pays fortement boisés couverts par cette étude). Pendant l'étude des changements dans l'utilisation des terres d'une région, il est important de considérer le reste du monde parce que les chocs locaux affectent les marchés internationaux et vice-versa. En outre, il existe d'importants effets de fuite. Les flux commerciaux bilatéraux sont calculés de manière endogène entre chaque paire de régions, en fonction des coûts nationaux de production et des coûts des échanges (tarifs douaniers et coûts de transport).

Le modèle CongoBIOM est une adaptation de GLOBIOM. La région du bassin du Congo a été spécifiquement créée au sein du modèle GLOBIOM, avec des détails et une résolution supplémentaires pour les pays qui la composent. Les activités basées sur les terres et les changements dans l'utilisation des terres ont été modélisés au niveau de l'unité de simulation, dont la taille varie entre 10 x 10 km et 50 x 50 km. Pour alimenter le modèle, les coûts de transport intérieurs ont été calculés sur la base du réseau d'infrastructure existant et planifié, les zones protégées et les concessions forestières ont été délimitées, et les statistiques nationales disponibles ont été collectées (IIASA 2011 ; Mosnier et coll. 2012). Le modèle CongoBIOM a ensuite été calibré à l'aide des données recueillies dans les six pays concernés par une équipe de spécialistes nationaux et internationaux

CongoBIOM a été utilisé pour évaluer les impacts d'une série de « chocs politiques » identifiés par les représentants des pays du bassin du Congo. Nous avons d'abord cherché à déterminer le niveau de référence des émissions dues à la déforestation dans le bassin du Congo en l'absence de mesures supplémentaires pour prévenir ou limiter la déforestation. Des scénarios

⁸Le concept et la structure de GLOBIOM sont semblables à ceux du modèle pour le secteur agricole et l'atténuation des gaz à effet de serre (*Agricultural Sector and Mitigation of Greenhouse Gas model*) des États-Unis.

complémentaires ont été testés en plus de la situation de référence, avec différentes hypothèses relatives à la demande internationale de viande et de biocarburant, aux coûts du transport intérieur et à la croissance du rendement des cultures. La sélection des chocs politiques a été basée sur une étude documentaire et ensuite validée au cours de deux ateliers régionaux réunissant des spécialistes locaux. Ces chocs ont été choisis pour décrire les impacts des facteurs internes et externes. Les premiers sont (S1) l'augmentation de la demande internationale de viande et (S2) l'augmentation de la demande internationale de biocarburants, qui sont des facteurs de déforestation. Les seconds sont (S3) l'amélioration de l'infrastructure de transport, (S4) la réduction de la consommation de bois de chauffage, et (S5) l'amélioration des technologies agricoles. Cette modélisation avait deux objectifs : 1) mettre en évidence les mécanismes qui pourraient entraîner une déforestation dans le bassin du Congo (induits par des facteurs tant internes qu'externes) ; et 2) tester la sensibilité des zones déboisées ainsi que des émissions de GES dues à la déforestation, par rapport à différents facteurs. Le tableau 3.1 décrit ces différents scénarios et les principaux résultats obtenus.

Les résultats quantitatifs du modèle présentés dans le tableau 3.1 doivent être considérés avec la plus grande prudence et n'être utilisés que pour comparer les différents scénarios. La validation des données d'entrée nécessiterait des statistiques supplémentaires à un niveau de résolution plus élevé et couvrant idéalement plusieurs années.

Tableau 3- 1: Chocs politiques testés avec CongoBIOM et principaux résultats

Scénarios	Description	Principaux résultats
Situation de référence	Statu quo en utilisant les projections standard des principaux facteurs du modèle.	Le taux de déforestation est proche de sa valeur historique pour la période 2020-2030 (0,4 million d'hectares par an) Les gains de productivité permettent d'éviter une expansion de près de 7 millions d'hectares de terres agricoles (l'équivalent de l'expansion prévue pour les terres agricoles)
S1 : Viande	Statu quo avec une plus forte demande mondiale de viande. Dans ce scénario, la demande de calories animales augmente de 15 % par rapport aux projections de la FAO pour 2030.	Les pays du bassin du Congo restent des producteurs marginaux de viande. La superficie moyenne déboisée au cours de la période 2020-2030 augmente encore de 20 % au Congo par rapport à la situation de base. Avec l'augmentation des cours mondiaux de la viande et des aliments pour le bétail, les importations des denrées alimentaires et aliments pour le bétail diminuent et la production locale augmente, entraînant une déforestation.
S2 : Biocarburants	Statu quo avec une plus forte demande mondiale de biocarburants de première génération. Ce scénario prévoit un doublement de la demande de biocarburants de première génération par rapport aux projections initiales du modèle POLES pour 2030.	Les pays du bassin du Congo restent des producteurs mondiaux marginaux de matières premières destinées aux biocarburants. La superficie moyenne déboisée au cours de la période 2020-2030 augmente encore de 36 % dans le bassin du Congo par rapport à la situation de base. Avec l'augmentation des cours mondiaux de l'huile de palme et des produits agricoles, les importations de denrées alimentaires diminuent et la production locale d'huile de palme et de denrées alimentaires augmente, entraînant une déforestation.
S3 : Infrastructures	Statu quo avec prise en compte des infrastructures de transport planifiées. Le retour de la stabilité politique, la bonne gouvernance et de nouveaux projets favorisent une multiplication des projets de restauration des systèmes de transport existants et contribuent à la mise en place de nouveaux transports. Le modèle a pris en compte tous les projets pour lesquels le financement est certain	L'apport en calories par habitant augmente de 3 % par rapport à la situation de référence. Le bassin du Congo améliore sa balance commerciale agricole avec une augmentation des exportations et une réduction des importations de produits alimentaires. La superficie totale déboisée est multipliée par 3 (+ 234 %) et les émissions dues à la déforestation, par plus de 4.
S4 : Bois de chauffage	Statu quo avec une réduction de la consommation de bois de chauffage par habitant de 1 m ³ à 0,8 m ³ par an.	Sur les 0,4 million d'hectares déboisés par an dans la situation de référence, 30 % sont imputables au bois de chauffage. Une réduction de 20 % de la consommation de bois de chauffage entraîne donc une baisse de 6 % de la déforestation totale par rapport au scénario de maintien du statu quo.
S5 : Évolution technologique – Augmentation de la productivité agricole	Statu quo avec une augmentation de la productivité agricole. Le modèle suppose que cette augmentation est proportionnelle dans tous les systèmes de gestion et n'implique pas des coûts de production plus élevés pour les agriculteurs (par exemple, modélisation de la mécanisation agricole ou subventions pour des semences de meilleure qualité). Les rendements ont doublé pour les cultures vivrières et augmenté de 25 % pour les cultures de rente.	L'apport en calories par habitant augmente de 30 % et les importations diminuent. Augmentation de 51 % des émissions dues à la déforestation sur la période 2020-2030 parce que la consommation augmente plus vite que la productivité agricole.

Source : IIASA 2011.

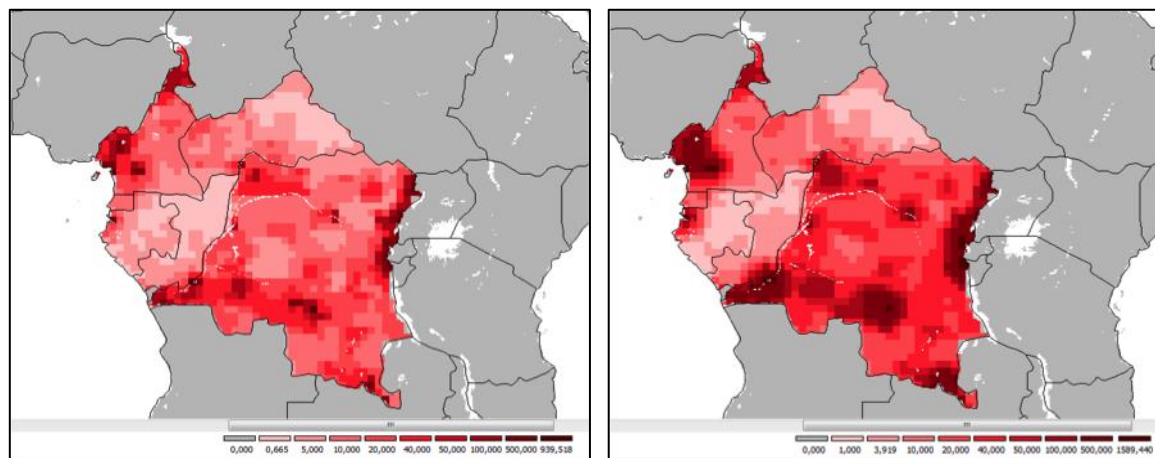
Hypothèse utilisée dans le scénario S3: « Amélioration des infrastructures de transport »

Le scénario S3, « Amélioration des infrastructures de transport », part de l'hypothèse que le retour de la stabilité politique et les nouvelles possibilités économiques (l'agriculture, l'exploitation minière) entraîneront la multiplication des projets de construction et de réparation de l'infrastructure de transport. Le modèle comprend les projets dont le financement est assuré (voir liste à l'annexe 1). Pour prévoir les impacts, le modèle s'est appuyé sur les informations relatives aux projets d'infrastructure de transport planifiés, fournies par les ministères du Cameroun, de la République centrafricaine et du Gabon, et par la Banque mondiale pour la République démocratique du Congo et la République du Congo (AICD).

Densité de la population. Comme exposé au chapitre 2 dans la section « Impacts du transport sur les forêts », la préservation du couvert forestier le long des axes de transport dépend largement de la densité de la population. Il est donc essentiel de tenir compte de la répartition et des perspectives de croissance de la population au cours de la période de simulation, parce que cette croissance influencera la dynamique de l'accès aux forêts et de l'extraction des ressources. Des paramètres relatifs à la croissance démographique ont donc été intégrés au modèle CongoBIOM. Dans le bassin du Congo, la population devrait doubler entre 2000 et 2030, avec un taux annuel de croissance moyen de 3,6 % entre 2000 et 2010 et de 2,2 % entre 2020 et 2030, pour atteindre 170 millions d'habitants en 2030.

Les tendances de l'urbanisation ont également été calculées. Comme dans d'autres régions en développement, le processus d'urbanisation devrait s'intensifier dans le bassin du Congo. Selon les estimations des Nations Unies (2009), le nombre de villes de plus d'un million d'habitants dans le bassin devrait passer de quatre en 2000 à huit en 2025, avec 15 millions d'habitants rien que dans la ville de Kinshasa. Au nord et au sud-ouest du Cameroun, ainsi qu'à la frontière orientale de la République démocratique du Congo, les densités de population continueront d'être les plus élevées.

Diagramme 3- 1: Simulation de la densité de la population en 2000 et 2030 (projections)



Densité de la population (habitants/km²) en 2000

Densité de la population (habitants/km²) en 2030

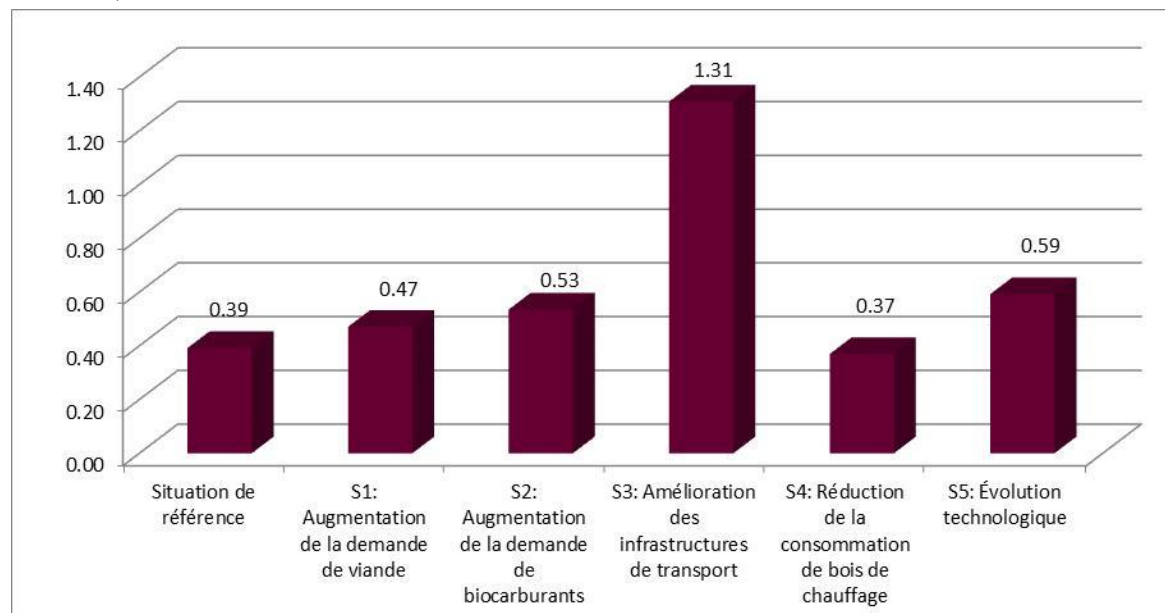
Source : IIASA 2011.

Impacts du développement des transports sur le couvert forestier : Résultats de CongoBIOM

Malgré les limitations inhérentes à tout exercice de modélisation,⁹ CongoBIOM peut s'avérer utile pour étudier *ex ante* les impacts de l'évolution de la structure du transport sur le couvert forestier en fonction de différents scénarios. À cet effet, le modèle a été mis au point et utilisé pour aider les décideurs à mieux comprendre la chaîne causale menant à la déforestation, la méthode quantitative n'étant utilisée que pour améliorer la compréhension qualitative. Les résultats quantitatifs du modèle sont néanmoins présentés dans les paragraphes suivants. Ils doivent être considérés avec une grande prudence en raison des nombreuses limitations de l'exercice de modélisation.

Selon CongoBIOM, l'impact du scénario « Amélioration des infrastructures de transport », prévu dans les différents plans et programmes, devrait être, de loin, le plus préjudiciable pour le couvert forestier. Le modèle indique que la superficie déboisée totale est trois fois plus grande que dans le scénario du statu quo. Parmi les divers scénarios étudiés, le « scénario du transport » apparaît comme celui ayant le taux de déforestation le plus élevé (voir diagramme 3.2).

Diagramme 3- 2: Résultats des chocs en termes de superficie annuellement déboisée, pour les différents scénarios, 2010–2030



Source : IIASA 2011.

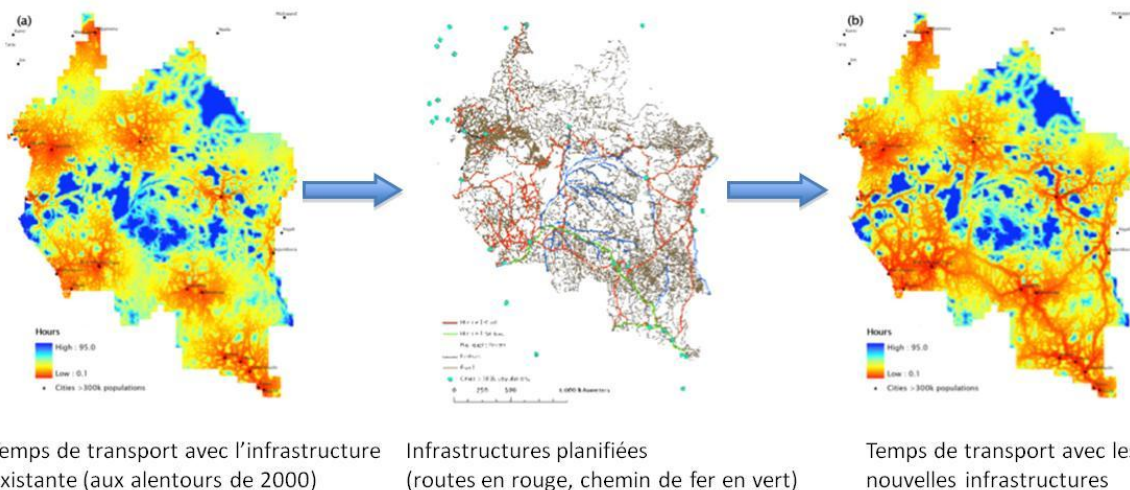
Toutefois, comme indiqué dans la section sur la « Typologie des impacts », la plupart des impacts ne proviennent pas directement du développement des infrastructures lui-même, mais indirectement, des activités économiques induites par l'amélioration de l'accès aux marchés et de la connectivité.

⁹ « Tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles. » (George P. E. Box)

De meilleures infrastructures de transport font baisser les coûts du transport. Le modèle CongoBIOM informatise les coûts de transport actuels au sein du bassin du Congo sous la forme d'un ensemble de données spatialement explicites. Le coût du transport a été estimé sur la base du temps moyen nécessaire pour aller, en 2000, de chaque unité de simulation jusqu'à la ville d'au moins 300 000 habitants la plus proche (y compris dans un pays voisin), en passant par le réseau de transport actuel (routes, chemins de fer et voies navigables), et en prenant en compte l'altitude, la déclivité, les frontières et la couverture terrestre (voir l'annexe XX sur la modélisation). En se basant sur les infrastructures existant en 2000, les coûts de transport intérieurs sont en moyenne les plus bas au Cameroun et les plus élevés en République démocratique du Congo, où ils peuvent aller jusqu'à doubler les coûts de production initiaux.

Le scénario « Amélioration du transport » utilise la même méthodologie et les mêmes paramètres, et calcule les coûts internes sur base des infrastructures planifiées pour la période de simulation 2020-2030. Les coûts de transport devraient diminuer proportionnellement au temps de trajet¹⁰ (voir diagramme 3.3. ci-dessous).

Diagramme 3- 3: Impact de l'évolution des infrastructures de transport sur la durée et le coût des trajets

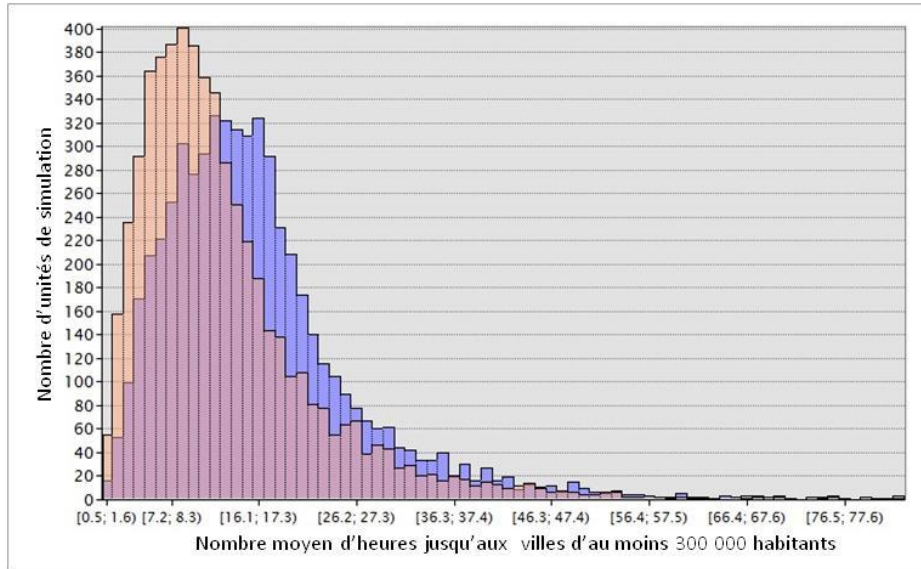


Source : IIASA 2010.

Le diagramme 3.4 montre l'amélioration de l'accessibilité à la ville des unités de simulation dans le scénario « Amélioration du transport ». La plupart de ces unités affichent une réduction du temps de déplacement moyen vers la ville d'au moins 300 000 habitants la plus proche.

¹⁰ Les auteurs sont conscients des limitations d'une telle hypothèse, étant donné que la littérature présente divers exemples où cette corrélation directe entre le temps et les coûts ne s'applique pas. Toutefois, en l'absence d'une meilleure hypothèse, celle-ci a été appliquée.

Diagramme 3- 4: Amélioration de l'accessibilité due à la construction des infrastructures planifiées dans les six pays du bassin du Congo.



Source : IIASA 2010.

L'amélioration du transport modifie l'équilibre économique rural. La réduction des coûts de transport peut entraîner des changements importants dans l'équilibre économique d'une zone rurale et la dynamique du développement agricole. La chaîne causale qui sous-tend le modèle est la suivante :

Amélioration des infrastructures

→ *Augmentation de la production agricole*

→ *Accroissement de la pression sur les forêts*

L'amélioration du réseau de transport entraîne généralement une baisse des prix à la consommation des produits agricoles, tandis que les prix à la production, hors coûts de transport, ont tendance à augmenter. Il en résulte une augmentation de la consommation (souvent à travers un phénomène de substitution¹¹), qui à son tour, encourage les producteurs à produire plus. Habituellement, un nouvel équilibre s'installe, avec des volumes plus élevés et des prix plus bas que dans la situation initiale. Dans le scénario « Amélioration des infrastructures »,¹² CongoBIOM prévoit un accroissement de 12 % du volume total des cultures produites et une baisse de l'indice des prix des cultures locales, à la suite de l'amélioration des infrastructures dans le bassin du Congo. Le diagramme 3.5 identifie les « points chauds » de la déforestation provoquée par l'expansion agricole.

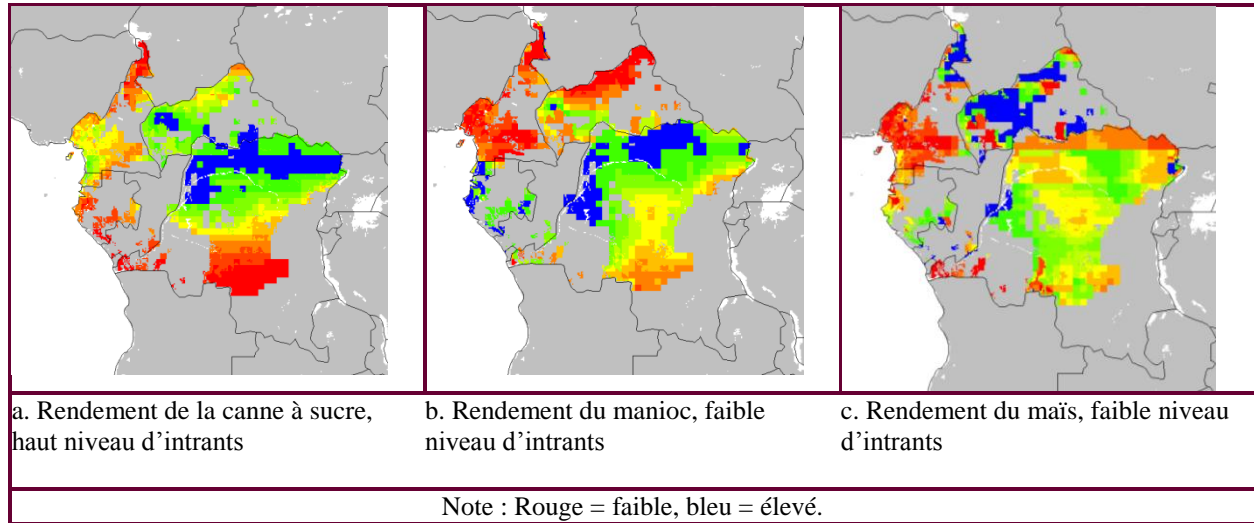
L'impact varie selon les cultures. L'impact de l'amélioration des infrastructures est plus fort sur les cultures dont le prix unitaire est bas. En effet, les coûts de transport dépendent du volume transporté et non de la valeur de la marchandise, plus le prix unitaire de celle-ci est bas, plus la

¹¹ Les consommateurs du bassin du Congo sont de plus en plus dépendants des importations de produits agricoles. La réduction des prix à la consommation peut favoriser la consommation de produits cultivés localement.

¹² Sans aucune modification des autres paramètres.

part des coûts du transport intérieur est importante dans le coût de production total. Ce modèle prévoit donc une baisse du prix du manioc et de la canne à sucre, mais pas du maïs. Les diagrammes ci-dessous présentent les zones où le rendement de ces trois cultures est le plus élevé. Les chiffres indiquent que les rendements du manioc et de la canne à sucre sont les plus élevés en République démocratique du Congo, tandis que ceux du maïs sont les meilleurs dans la partie nord de la région, en République centrafricaine et dans le nord du Cameroun (diagramme 3.5). Les zones où les rendements du manioc et de la canne à sucre sont les plus élevés sont les plus exposées à la déforestation.

Diagramme 3- 5: Rendement des principales cultures dans le bassin du Congo



Source : IIASA 2010.

La compétitivité internationale des produits agricoles et forestiers profite également de la baisse des coûts de transport, toutefois pas autant que ne le prétendent habituellement les pays du bassin du Congo. En fait, malgré l'énorme potentiel de terres disponibles convenant à la culture des biocarburants, la simulation de CongoBIOM indique que leur mauvais climat des affaires devrait continuer à désavantager les pays du bassin par rapport à ceux des autres grands bassins. Le moratoire récemment imposé aux cultures de biocarburants en Indonésie semble toutefois un signe de l'apparition de nouvelles tendances dues à des effets de fuites internationaux.

Exploitation illégale du bois. Dans de nombreuses régions, l'ouverture de nouvelles routes est immédiatement associée à une multiplication des activités illégales, de l'exploitation illégale du bois en particulier. Longtemps négligée, la demande intérieure de bois (tant pour la construction que pour l'énergie) est aujourd'hui reconnue comme plus importante que l'offre destinée aux marchés internationaux et comme un facteur accentuant la pression exercée sur les ressources forestières. Sans système de gouvernance adéquat, les activités non contrôlées ont tendance à exploser.

Recommandations : Comment réconcilier l'amélioration des transports et la protection des forêts dans le bassin du Congo ?

Le déficit d'infrastructures dans le bassin du Congo est l'un des plus graves au monde. Le capital physique de l'infrastructure de transport du bassin du Congo est dangereusement détérioré. Pour la plupart des indicateurs, tant de qualité que de quantité des infrastructures, la région se situe parmi les derniers dans le classement mondial. Cette situation a engendré une fragmentation des économies et une très faible participation au commerce et aux échanges, à la fois intérieurs et extérieurs.

La résorption du déficit d'infrastructures de l'Afrique est une priorité majeure aux niveaux national, régional et continental. Ce déficit est largement reconnu comme l'un des principaux obstacles au développement et à la croissance économiques, et d'ambitieux programmes visant à le combler sont en cours d'élaboration aux niveaux régional et continental. Les pays commencent également à consacrer une plus grande partie de leurs ressources nationales (en plus des aides financières extérieures) à la construction et à la réhabilitation des infrastructures.

Le développement des infrastructures de transport devrait avoir des impacts importants sur les forêts du bassin du Congo. À l'heure où les pays du bassin du Congo planifient leurs investissements dans la transformation de l'infrastructure, il est crucial qu'ils identifient des moyens de concilier l'amélioration du transport et la préservation des forêts. Ils entrent dans une période de transition et se sont engagés à combler leur déficit d'infrastructures afin de réaliser leur potentiel de croissance et de développement économiques. Leur capital infrastructurel s'accroîtra et s'améliorera de manière significative au cours des prochaines décennies. Les pays du bassin doivent donc identifier à la fois les investissements et les politiques qui leur permettront de réduire au minimum les impacts sur les forêts primaires, associés à l'infrastructure de transport. Maintenant que la communauté internationale reconnaît que les forêts (et en particulier, les forêts tropicales) sont des éléments clés de la lutte contre le réchauffement climatique, le développement du transport dans le bassin du Congo doit être conçu de manière à répondre au besoin urgent de libérer le potentiel de développement des pays grâce à une intégration de leurs économies fragmentées, mais aussi de limiter les impacts négatifs sur les forêts naturelles. Le mécanisme REDD+¹³, actuellement en cours de négociation entre les parties à la CCNUCC (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques), pourrait générer d'importants flux financiers susceptibles d'aider les pays en développement à soutenir leur développement économique tout en réduisant les pressions exercées sur les forêts naturelles. La section suivante émet des conseils et recommandations et donne des indications sur la manière dont le futur mécanisme REDD+ pourrait être utilisé pour soutenir de nouvelles voies de développement permettant une expansion des infrastructures de transport minimisant les impacts défavorables sur les forêts naturelles dans le bassin du Congo.

¹³ REDD+ signifie « réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts, en considérant également le rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et de l'amélioration des stocks de carbone forestier » dans les pays en développement.

Promouvoir une approche intégrée du développement des infrastructures de transport

Dans tous les pays du bassin du Congo, on constate un manque de planification et de coordination intersectorielle de l'utilisation des terres, permettant de garantir un développement local et national durable. Il en résulte de nombreux conflits entre les priorités de conservation, les concessions d'exploitation minière et forestière et les moyens de subsistance des populations locales.

Un exercice complet de planification de l'utilisation des terres, mené de manière participative, permettrait de déterminer les types d'utilisation des terres à adopter sur le territoire national. Une fois achevé, ce plan d'aménagement du territoire doit identifier les zones forestières à préserver et celles qui pourraient éventuellement être converties à d'autres usages. Lors de la planification du développement du transport, une attention particulière doit être accordée aux forêts à haute valeur en termes de biodiversité, de bassins versants et de patrimoine culturel.

Les parties prenantes doivent clairement comprendre **les compromis entre les différents secteurs et au sein de chacun d'eux**, afin de pouvoir définir des stratégies de développement robustes au niveau national. Par exemple, dans le bassin du Congo, un grand nombre de terrains non boisés présentent un potentiel élevé, dans des zones faiblement peuplées. En principe, il n'y a donc aucune raison de faire appel à des terres actuellement boisées pour satisfaire la future demande de produits de base agricoles. Les tendances passées montrent néanmoins que les zones boisées peuvent être plus vulnérables à l'expansion agricole ; si bien que, pour protéger les forêts, les États doivent impérativement adopter des mesures proactives. Ce type d'exercice exige une étroite coordination entre les différents ministères concernés ainsi qu'un éventuel arbitrage au plus haut niveau afin de réconcilier les utilisations potentiellement conflictuelles des terres. Un des résultats de l'aménagement du territoire peut être l'identification de pôles de croissance et de grands corridors de développement qui pourraient être développés de manière coordonnée, avec la participation de toutes les entités gouvernementales ainsi que du secteur privé et de la société civile.

Intégration régionale. Même si cet exercice de planification de l'utilisation des terres doit être mené au niveau national (voire provincial) afin de définir des priorités propres aux pays, en accord avec les stratégies nationales, il ne fait aucun doute que tous les pays du bassin du Congo tireraient d'immenses avantages de l'intégration régionale. C'est pourquoi l'approche basée sur les corridors a également été adoptée au niveau régional par la Communauté économique des États de l'Afrique centrale, pour favoriser les synergies et les économies d'échelle entre les États membres.

Une attention particulière doit être apportée à l'élaboration de plans de développement locaux pour les zones affectées par les nouvelles infrastructures de transport. La limitation de la déforestation associée aux infrastructures de transport exige une réflexion approfondie sur le modèle de développement, à tous les niveaux. Les zones directement desservies par des services de transport améliorés deviendront plus compétitives dans divers secteurs d'activités, tels que l'expansion agricole, et notamment les plantations de palmiers à huile. La participation locale à la planification du transport aidera à maximiser les opportunités économiques. La phase de préparation doit prévoir une consultation avec la population locale affectée par le développement

du transport en vue de l'élaboration d'un plan de développement local consensuel. Cette participation aidera à clarifier les questions de régime foncier et à maximiser les possibilités économiques liées aux nouvelles infrastructures. Au niveau local, les mesures d'atténuation pourraient comprendre une clarification du régime foncier ou l'intégration du projet de transport dans un plan de développement local plus large. Ce type de plans pourrait inclure la protection des lisières des forêts le long des routes, des cours d'eau ou des voies ferrées afin d'éviter un déboisement non planifié.

Encourager les réseaux de transport multimodal

Bien que l'accent soit principalement mis sur les routes, d'autres modes de transport peuvent également soutenir la croissance économique dans le bassin du Congo. Par exemple, avec plus de 12 000 km de voies navigables, le bassin du Congo pourrait bénéficier d'un système de transport fluvial potentiellement très compétitif. Celui-ci est caractérisé par des coûts très bas (0,05 dollar EU par tonne/km contre 0,15 dollar EU par tonne/km pour le fret routier ou ferroviaire en Afrique centrale). En pratique, le transport fluvial est toutefois encore loin de tenir ses promesses en termes de contribution au développement économique général du bassin du Congo. Il a au contraire décliné depuis les années 1950, en raison de la vétusté et de l'insuffisance de ses infrastructures, de l'inadéquation de sa maintenance, de la médiocrité de son cadre réglementaire et des nombreux obstacles non physiques entravant les déplacements. En conséquence, en dépit de son énorme potentiel, le réseau des voies navigables reste un mode de transport marginal dans le bassin du Congo.

Alors que les impacts des routes sur les forêts naturelles sont généralement négatifs, ceux des voies navigables sont en général minimales. Il en va de même pour les systèmes ferroviaires, quoique dans une moindre mesure. Lorsqu'ils planifient le développement du transport, il est important que les pays envisagent les différents modes de transport et évaluent leurs avantages et inconvénients, en termes non seulement de rendement économique, mais aussi d'impact environnemental.

Correctement évaluer ex ante les impacts des investissements dans le transport

Le développement du transport (qu'il s'agisse de nouvelles infrastructures ou de rénovation des actifs existants) remodelera le profil économique des zones desservies et accroîtra la pression exercée, le cas échéant, sur les ressources forestières. Il peut entraîner une déforestation due à la conversion des forêts naturelles en terres agricoles ou une dégradation de la forêt causée par des activités illégales d'exploitation du bois.

Une solide évaluation ex ante des impacts potentiels indirects et induits du développement des transports peut aider à concevoir les mesures d'atténuation qui devraient l'accompagner pour réduire les impacts défavorables sur les ressources forestières. Un tel exercice devrait faire partie intégrante de la phase de conception des investissements dans l'infrastructure, mais actuellement, seuls les impacts environnementaux directs sont évalués. Actuellement, la plupart des études d'impact environnemental ou des examens des mesures de sauvegarde n'appréhendent qu'en partie les effets indirects à long terme sur la déforestation. Il est donc nécessaire de mettre au point un nouvel ensemble d'instruments pour aider à déterminer l'impact dû à l'accroissement de la compétitivité économique dans les régions desservies par les nouvelles infrastructures de

transport. Pour ce faire, un solide exercice de modélisation économique (une analyse économique prospective) devrait être entrepris dans le cadre de la préparation de tout investissement dans les infrastructures, afin de garantir que les investissements dans le transport soient conçus en visant un développement économique à faible impact.

Faire appliquer la protection des forêts et gérer la frontière entre la forêt et l'agriculture

L'amélioration des infrastructures de transport accroîtra indubitablement la pression exercée sur la frontière entre la forêt et l'agriculture. Seule la mise en place d'une combinaison adéquate de facteurs institutionnels, technologiques et économiques permettra d'empêcher l'agriculture de faire reculer ses frontières. Des études menées en Amazonie indiquent que le zonage s'est avéré le moyen le plus économiquement efficace de contrôler l'expansion de l'agriculture sur les terres boisées. Dans d'autres régions, le paiement pour des services économiques semble constituer une mesure incitative adéquate. Dans tous les cas, des améliorations technologiques sont indispensables pour permettre aux exploitants agricoles de maintenir ou accroître leur niveau de production sans convertir de nouvelles terres.

Les capacités institutionnelles doivent être renforcées, en particulier au niveau décentralisé, pour pouvoir assumer correctement les activités de suivi et de contrôle. Des points de contrôle fonctionnant convenablement devront être établis le long des axes de transports, en particulier pour combattre l'exploitation illégale du bois et le braconnage. De plus, les plans d'aménagement du territoire devront être respectés. Ce type d'activités ne peut être efficacement mis en œuvre à un niveau décentralisé qu'avec des ressources humaines correctement formées et équipées.

Ces mesures doivent aller de pair avec la promotion de pratiques agricoles plus intensives. En effet, dans un contexte d'augmentation de la demande de produits agricoles (intérieure et éventuellement extérieure) et de chômage, un simple accroissement de la productivité risque de ne pas suffire et les agriculteurs peuvent être amenés à convertir de nouvelles surfaces de terres boisées. Des exemples observés en Amazonie montrent que les pôles de croissance ne doivent pas systématiquement être associés à une déforestation due à l'infrastructure post-transport : des mesures d'atténuation adaptées, telles que la gestion des terres au niveau local, peuvent sensiblement limiter les pressions exercées sur les zones boisées.

CONCLUSIONS

Les pays du bassin du Congo sont confrontés à l'impératif de concilier le développement des infrastructures et la préservation des forêts. Il leur faut affronter le double défi de développer leurs économies locales en améliorant leurs infrastructures, tout en limitant les impacts négatifs de la croissance sur le patrimoine naturel de la région, en particulier les forêts.

Le développement des infrastructures est essentiel pour aider la population locale à sortir de la pauvreté. En dépit de l'énorme potentiel d'exploitation et de développement dont dispose la région, la part de la population vivant sous le seuil national de pauvreté oscille entre un tiers et deux tiers dans les différents pays du bassin du Congo, l'accès à l'alimentation est largement inadéquat et la prévalence de la sous-alimentation est élevée. Les infrastructures de transport figurent parmi les plus délabrées du monde, créant ainsi de fait une juxtaposition d'économies enclavées au sein de la région, et par conséquent, une plus grande vulnérabilité des agriculteurs aux mauvaises récoltes. Les projections démographiques indiquent que la population du bassin du Congo devrait doubler entre 2000 et 2030, pour atteindre un total de 170 millions d'habitants, qui auront besoin de nourriture, d'énergie, de logement et d'emploi. Pour faire face à cette demande intérieure croissante, les infrastructures doivent être développées de façon stratégique. Cela suppose non seulement une amélioration des infrastructures de transport, mais aussi un renforcement des capacités de stockage et un meilleur accès aux marchés locaux, afin d'accroître l'efficacité des chaînes d'approvisionnement nationales.

Protection passive des forêts due au manque d'infrastructures à ce jour. Le déclin de la qualité des réseaux de transport régionaux et l'éloignement de la plupart des zones boisées ont permis aux forêts de bénéficier d'une protection passive. Après l'indépendance, la qualité des infrastructures a commencé à se dégrader sérieusement dans la région. Cette ancienne faiblesse peut aujourd'hui être transformée en avantage. Les pays du bassin du Congo sont à la croisée des chemins : le développement économique accru attendu au cours des prochaines années doit se produire d'une manière plus durable.

De nouveaux mécanismes de financement environnemental peuvent aider les pays du bassin du Congo à opérer une transition vers une voie de développement respectueuse des forêts. Le financement environnemental comprend des fonds de soutien à l'adaptation au changement climatique et à l'atténuation de ses effets, de manière générale, et à la REDD+ en particulier, ainsi que des fonds en faveur de la restauration de la biodiversité, des zones humides ou des sols. Combinée à la disponibilité de nouvelles ressources financières importantes, cette attention nouvelle ciblant la protection des forêts dans les accords internationaux en faveur du climat a fait remonter la gestion forestière durable dans l'agenda des politiques et a facilité, dans bon nombre de pays, un dialogue entre les administrations forestières et les ministères et organismes chargés de réglementer le développement industriel et agricole.

Les paiements pour des services environnementaux, et le financement REDD+ en particulier, pourraient être utilisés pour financer des changements et réformes structurels dans une approche intersectorielle. Dans ce contexte, des paiements fondés sur les performances pourraient être utilisés pour le développement d'infrastructures respectueuses des forêts. En accédant à ces nouvelles ressources, les pays peuvent envisager un certain nombre de façons d'accorder des

priorités aux activités et d'allouer efficacement les fonds. Il revient donc aux États de déterminer comment intégrer ces différents mécanismes dans leur propre développement, la meilleure manière d'utiliser les ressources, ainsi que la façon de satisfaire aux critères des fonds ou mécanismes disponibles. Il leur incombe aussi d'évaluer les risques et avantages liés à des fonds particuliers, notamment le coût de l'établissement des informations et des conditions institutionnelles concernées.

Même si la nature précise du financement REDD+ reste incertaine, il existe maintenant des sources que les pays peuvent utiliser pour des mesures « sans regrets », telles que des réformes de l'infrastructure soucieuses des forêts.

REFERENCES

- AICD (Diagnostic des infrastructures nationales en Afrique), 2008. « Diagnostic des infrastructures nationales en Afrique, Banque mondiale ». Rapport et bases de données en ligne. <http://www.infrastructureafrica.org>.
- Aschauer, D.A. 1989. « Is public expenditure productive? » *Journal of Monetary Economics* 23: 177–200.
- Banque africaine de développement. 2011a. *Economic and sectoral analysis—Development of infrastructure in Republic of Congo*. Tunis, Tunisia Department Regional Centre (ORCE).
- . 2011b. *Infrastructure and Growth in Zimbabwe: An Action Plan for Sustained Strong Economic Growth*. Tunis, Tunisia: African Development Bank.
- Bullock, R. 2009. « Off track: Sub-Saharan African railways », Document d'information 17 de l'AICD, Région Afrique, Banque mondiale, Washington, DC.
- CEMAC (Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale). 2009. *CEMAC 2025 : Vers une économie régionale intégrée et émergente. Programme économique régional 2010–2015*. Volume 2. Bangui, République centrafricaine : CEMAC.
- Chomitz, K.M., P. Buys, G. De Luca, T.S. Thomas et S. Wertz- Kanounnikoff. 2007. *At Loggerheads? Agricultural expansion, poverty reduction, and environment in the tropical forests*. Washington, DC : Banque mondiale.
- CICOS (Commission internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha). 2009. *Compte rendu du Premier forum AMESD*. Kinshasa : CICOS.
- Cropper, M., J. Puri et C. Griffiths, 2001. « Predicting the location of deforestation: the role of roads and protected areas in North Thailand » *Land Economics* 77: 172–186.
- Deininger, K., D. Byerlee, avec J. Lindsay, A. Norton, H. Selod et M. Stickler. 2011. *Rising global interest in farmland—Can it yield sustainable and equitable benefits?* Washington, DC : Banque mondiale.
- de Wasseige, C., P. de Marcken, F. Hiol-Hiol, P. Mayaux, B. Desclee, R. Nasi, A. Billand, P. Defourny, et R. Eba'a Atyi, eds. 2012. *Les forêts du bassin du Congo - État des forêts 2010*. Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne.
- Djankov, S., C. Freund et C. Pham. 2006. « Trading on time », Policy research working paper 3909, Banque mondiale, Washington, DC.

- Dominguez-Torres, C. et V. Foster. 2011. « Infrastructure de la République centrafricaine : une perspective continentale ». Diagnostic des infrastructures nationales en Afrique, Rapport pays, Banque mondiale, Washington, DC.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation). 2011. *Situation des forêts du monde 2011*. Rome : FAO.
- Fearnside, P.M. 2008. «The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia» *Ecology and Society* (13).
- Howitt, R.E. 1995. «Positive mathematical programming» *American Journal of Agricultural Economics* 77 (2): 23-31.
- Hummels, D., P. Minor, A. Reisman et E. Endean. 2007. «Calculating tariff equivalents for time in trade» *[[city]]* USAID/Nathan Associates.
- Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA). 2011. *Modeling impacts of development trajectories on forest cover and GHG emissions in the Congo Basin*. Washington, DC : Banque mondiale.
- IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia/Amazon Institute for Environmental Research). 2000. *Forward Brazil: Environmental costs for Amazonia*. Belém, Brésil : IPAM.
- Kaimowitz, D. et A. Angelsen 1998. « Economic models of tropical deforestation: A review» Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR) Bogor, Indonésie.
- Laurance, W.F., M.A. Cochrane, S. Bergen, P.M. Fearnside, P. Delamonica, C. Barber, S. D'Angelo et T. Fernandes. 2001. « The future of the Brazilian Amazon: development trends and deforestation. » *Science* 291: 438-439.
- McCarl, B. et T. Spreen. 1980. « Price endogenous mathematical programming as a tool for sector analysis. » *American Journal of Agricultural Economics* 62(1): 87-102.
- Mertens, B. et E. Lambin. 1997. « Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes» *Applied Geography* 17 (2): 143-62.
- Mosnier, A., P. Havlik, M. Obersteiner et K. Aoki. 2012. *Modeling impacts of development trajectories on forest cover in the Congo Basin*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis Environment Research and Education (ERE).
- NEPAD (Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique). « Révision du plan d'action pour l'Afrique de l'UA/NEPAD 2010–2015 ».
- Nordås, H.K. et R. Piermartini, 2004. « Infrastructure and trade. » Document de travail du personnel ERSD-2004-04, Division Recherche économique et statistiques, Organisation mondiale du commerce, Genève.

- Pfaff, A. et coll. 2007. « Road investments, spatial intensification and deforestation in the Brazilian Amazon. » *Journal of Regional Science* 47: 109-123.
- Soares-Filho, B., A. Alencar, D. Nepstad, G. Cerqueira, M. Vera Diaz, S. Rivero, L. Solorzano et E. Voll. 2005. « Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém–Cuiabá corridor. » *Global Change Biology* 10 (5): 746-64.
- Southworth, J., M. Marsik, Y. Qiu, S. Perz, G. Cumming, F. Stevens, K. Rocha, A. Duchelle et G. Barnes. 2011. « Roads as drivers of change: trajectories across the TriNational Frontier in MAP, the Southwestern Amazon. » *Remote Sens.* 3, 1047-1066. *United Nations (2007). Urban Population, Development and the Environment.* Disponible en ligne à l'adresse : http://www.un.org/esa/population/publications/2007_PopDevt/Urban_2007.pdf
- Teravaninthorn S. et G. Raballand. 2008. « Transport prices and costs in Africa: a review of the main international corridors », Document de travail 14 de l'AICD, Banque mondiale, Washington, DC.
- Williams, J. 1995. *The EPIC Model. Computer models of watershed hydrology.* Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications, pp. 909–1000.
- Zhang, Q., C. Justice, M. Jiang, J. Brunner et D. Wilkie. 2006. « A GIS-based assessment on the vulnerability and future extent of the tropical forests of Congo Basin. » *Environmental Monitoring and Assessment* 114 (1–3): 107-21.
- Zhang, X. 2009. «Transport infrastructure, spillover and regional economic growth» Nanjing, China: Nanjing University Press.

ANNEXE 1

Création de nouvelles infrastructures de transport et réhabilitation des infrastructures existantes

Liste des projets utilisés pour la modélisation avec CongoBIOM

BANQUE MONDIALE

Nom/ID du projet	Date de mise œuvre	Coût total (en millions d'USD)	Description	Nom des routes	Longueur (km)	Travaux	État
PMURR (Volet routes 1 390 km)	2002-2008	152,77	Transport, routes, électricité et eau, infrastructure urbaine, santé, protection sociale	Pont Mpozo-Sonabata	261	Réhabilitation de routes revêtues	Achevé à 100 %
				Kenge-Kikwit-Batshamba	346	Réhabilitation de routes revêtues	Achevé à 95 %
				Batshamba-Tshikapa	258	Ouverture de routes non revêtues	Étapes annulées
				Tshikapa-Kananga	254	Réhabilitation du pont de Tshikapa	Achevé à 100 %
				Kananga-MbujiMayi	183	Ouverture de routes non revêtues	Abandon des travaux sur la RN1 et au carrefour de Mbuji-
				MbujiMayi-Mweneditu	158	Entretien de routes revêtues	Mayi
				Mweneditu Nguba	769	Construction de voie revêtue	Pas envisagé dans le cadre du PMURR
				Nguba-Lubumbashi	184	Réhabilitation de routes revêtues	Achevé à 70 %
PUSPRES (Volet routes 1 779 km)	2005-2010	93,34	Réhabilitation des infrastructures de transports prioritaires, réhabilitation des fonctions urbaines dans 4 grandes villes et 8 centres urbains, appui aux communautés de base, ministère des Finances, renforcement institutionnel	MbujiMayi-Kasongo-Bukavu	1020	Ouverture de routes non revêtues	Exécution : Physique - 12,7 % Financière - 74 %
				Kisangani-Niania-Beni	751	Ouverture de routes non revêtues	Exécution : Physique - 78 % Financière - 80 %
				Port de Matadi-Pont Mpozo	8	Réhabilitation de routes revêtues	Achevé à 100 %
PUAACV (Volet routes 600 km)	2005-2010	33,44	Appui aux villes de taille moyenne, réhabilitation de centres administratifs des provinces, ouverture de routes et renforcement institutionnel des provinces	Lubumbashi-Kasomeno-Kasenga	208	Ouverture de routes non revêtues	Exécution : Physique - 63 % Financière - 89 %
				Akula-Gemena-Mbari	168	Ouverture de routes non revêtues	Exécution : Physique - 12 % Financière - 42,6 %
				Mbari-Libenge et Boyabo-Zongo	224	Ouverture de routes non revêtues	Exécution : Physique - 40 % Financière - 41,5 %

PRO ROUTES (1 800 km)	2008- 2013	123,00 (Banque mondiale 50 USD et DFID 73 USD)	N/A	Kisangani-Buta- Bunduki et Dulia- Bondo	650	Réouverture	0 %
			N/A	Uvira-Fizi-Kalemie- Pweto-Kasomeno	1 150	Route en terre	0 %

BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT.

Nom/ID du projet	Date de mise œuvre	Coût total (en millions d'USD)	Description	Nom des routes	Longueur (km)	Travaux	État
Réhabilitation des routes de Nsele-Lufimi et de Kwango-Kenge au titre du projet routier	2005 - 2010	52,45	Réhabilitation des routes Nsele-Lufimi et Kwango-Kenge Étude pour le projet de construction de la route Loange-Mbujimayi	Nsele-Lufimi	95	Réhabilitation de routes revêtues	0 %
				Kwango-Kenge	73	Réhabilitation de routes revêtues	0 %
				Pistes rurales à l'intérieur de Kwango-Kenge	140	Construction de route en terre	0 %
				Loange-Mbujimayi	601	Construction de route revêtue	0 %

UNION EUROPÉENNE

Nom/ID du projet	Date de mise œuvre	Coût total (en millions d'euros)	Description	Nom des routes	Longueur (km)	Travaux	État
Programme d'appui à la réhabilitation (PAR II) + avenants n°1 et n°2 (volet routes)	Juillet 2003	97,64	Réhabilitation des infrastructures routières et adduction d'eau potable, renforcement des capacités opérationnelles de l'OdR, l'OVD et Regideso	Sonabata-Lufimi-Kenge	343	Préservation de la RN1	0 %
				Lufimi-Kwango	57	Réhabilitation de routes revêtues	En cours
				Mongata-Bandundu-Mpoko	281	Ouverture de routes non revêtues	Achevé à 28 %
				RN1-Mpoko-Bandundu-Weti-Mbandaka	809	Ouverture de routes non revêtues	
				Gemena-Zongo	224	Réhabilitation mécanisée des routes nationales et des routes en terre prioritaires	Achevé à 100 %
				Gemena-Mobanza-Businga-Lisala-Bumba-Bunduki et Kananga-Tshikapa	907	Ouverture de routes non revêtues	0 %

East Congo Program (PEC) Programme de réhabilitation et de réinsertion après la guerre dans les provinces orientales de la République démocratique du Congo	Août 2006	65,00	Réhabilitation d'infrastructures routières et adduction d'eau potable, renforcement des capacités opérationnelles de l'OdR, l'OVD et Regideso	Fr Burundi-Kivimvira-Uvira-Kamanyola-Bukavu-Kavumu et Sake-Kanyabayonga, Oso-Biruwe et Osokari-Walikale	373	Réhabilitation et entretien de routes. Réouverture et entretien de routes non revêtues	0 %
				Kamanyola-Bukavu, Fizi-Minembwe, Kavumu-Nyabibwe-Minova et Biruwe-Osokari, Rutshuru-Bunagana, Kanyabayonga-Beni-Kasindi et Beni-Eringeti	710		
				Uvira-Fizi et Fizi-Minembwe	173		0 %
				Mbau-Kamango et Kamango-Nobili	76		Achevé à 60 %
				Kisangani-Lubutu	204	Réouverture de routes revêtues	Vient de commencer
				Sake-Walikale	287	Entretien de routes non revêtues	0 %
				Iga Barrière-Nioka	96	Réhabilitation de routes	Achevé à 8 %

BELGIQUE

Financement BELGE : Volet Routes, voirie et pistes rurales							
Nom/ID du projet	Date de mise œuvre	Coût total (en millions d'euros)	Description	Nom des routes	Longueur (km)	Travaux	État
Programme d'urgence pour la RDC 2006 - 2008 (Volet routes)	2006-2008	2,30	Amélioration de l'accès à l'eau et à l'assainissement dans les zones prioritaires, et ouverture de ces zones dans les grandes villes	Boma-Tshela	117	Réhabilitation de routes revêtues	En cours

ROYAUME-UNI

Nom/ID du projet	Date de mise œuvre	Coût total (en millions d'USD)	Description	Nom des routes	Longueur (km)	Travaux	État
Réhabilitation de la route Kisangani-Ubundu	2004	7,00	Réhabilitation HIMO de la route Kisangani-Ubundu	Kisangani-Ubundu	129	Ouverture de routes non revêtues	

ALLEMAGNE

Nom/ID du projet	Date de mise œuvre	Coût total (en millions d'USD)	Description	Nom des routes	Longueur (km)	Travaux	État
Réhabilitation de la route Punia-Kowe	2007-2008	0,60	Réhabilitation de la route et construction de 24 ponts	Punia-Kowe			97 %
Réhabilitation de 13 ponts sur la route Punia-Matumba et la route Kindu-Kikombo	2007-2008	0,15	Réhabilitation de ponts	Punia-Matumba, Kindu-Kikombo			52 %
Volet AAA : Reconstruction HIMO d'infrastructures	2005-2008	9,01	Réhabilitation de la route	Walikale-Lubutu	250 km		

ANNEXE 2

MODÈLE GLOBIOM – DESCRIPTION FORMELLE

Fonction d'objectif

$$\begin{aligned}
 \text{Max } W_{ELF_t} = & \sum_{r,y} \left[\int \phi_{r,t,y}^{\text{dem d}} (D_{r,t,y}) d(\cdot) \right] - \sum_r \left[\int \phi_{r,t}^{\text{sp lw}} (W_{r,t}) d(\cdot) \right] \\
 & - \sum_{r,l,l} \left[\int \phi_{r,t,l}^{\text{loc}} \left(\sum_{c,o,p,q} Q_{r,t,c,o,l,l} \right) d(\cdot) \right] \\
 & - \sum_{r,c,o,p,q,l,s,m} \left(\tau_{c,o,p,q,l,s,m}^{\text{land}} \cdot A_{r,t,c,o,l,s,m} \right) \\
 & - \sum_r \left(\tau_r^{\text{live}} \cdot B_{r,t} \right) - \sum_{r,m} \left(\tau_{r,m}^{\text{proc}} \cdot P_{r,t,m} \right) \\
 & - \sum_{r,t,y} \left[\int \phi_{r,t,y}^{\text{prod}} (T_{r,t,y}) d(\cdot) \right].
 \end{aligned} \tag{1}$$

Contraintes exogènes imposées à la demande :

$$D_{r,t,y} \geq \alpha_{r,t,y}^{\text{target}}. \tag{2}$$

Équilibre des produits

$$\begin{aligned}
 D_{r,t,y} \leq & \sum_{c,o,p,q,l,s,m} \left(\alpha_{r,t,c,o,l,s,m}^{\text{land}} \cdot A_{r,t,c,o,l,s,m} \right) + \alpha_{r,t,y}^{\text{live}} \cdot B_{r,t} \\
 & + \sum_m \left(\alpha_{r,t,m}^{\text{proc}} \cdot P_{r,t,m} \right) + \sum_r T_{r,t,y} - \sum_r T_{r,t,y}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Équilibre de l'utilisation des terres

$$\sum_{s,m} A_{r,t,c,o,l,s,m} \leq L_{r,t,c,o,l}. \tag{4}$$

$$L_{r,t,c,o,l} \leq L_{r,t,c,o,l}^{\text{init}} + \sum_{\bar{l}} Q_{r,t,c,o,l,\bar{l}} - \sum_{\bar{l}} Q_{r,t,c,o,l,\bar{l}}. \tag{5}$$

$$Q_{r,t,c,o,l,\bar{l}} \leq L_{r,t,c,o,l,\bar{l}}^{\text{suit}}. \tag{6}$$

Équations de récursivité (calculée uniquement lorsque le modèle a été résolu pour une période donnée)

$$L_{r,t,c,o,l}^{\text{init}} = L_{r,t-1,c,o,l}^{\text{init}} + \sum_{\bar{l}} Q_{r,t-1,c,o,l,\bar{l}} - \sum_{\bar{l}} Q_{r,t-1,c,o,l,\bar{l}}. \tag{7}$$

$$L_{r,t,c,o,l,\bar{l}}^{\text{suit}} = L_{r,t-1,c,o,l,\bar{l}}^{\text{suit}} + \sum_{\bar{l}} Q_{r,t-1,c,o,l,\bar{l}} - \sum_{\bar{l}} Q_{r,t-1,c,o,l,\bar{l}}. \tag{8}$$

Équilibre des eaux d'irrigation

$$\sum_{c,o,l,s,m} \left(\omega_{c,l,s,m} \cdot A_{r,t,c,o,l,s,m} \right) \leq W_{r,t}. \tag{9}$$

Bilan des émissions de gaz à effet de serre

$$E_{r,t,e} = \sum_{c,o,l,s,m} \left(\varepsilon_{c,o,l,s,m,e}^{\text{land}} \cdot A_{r,t,c,o,l,s,m} \right) + \varepsilon_{r,e,t}^{\text{live}} \cdot B_{r,t} \\ + \sum_m \left(\varepsilon_{r,m,e}^{\text{proc}} \cdot P_{r,t,m} \right) + \sum_{c,o,l,l} \left(\varepsilon_{c,o,l,l,e}^{\text{lucc}} \cdot Q_{r,t,c,o,l,l} \right). \quad (10)$$

Variables

D	volume de la demande [tonnes, m ³ , kcal]
W	consommation des eaux d'irrigation [m ³]
Q	changement dans l'utilisation/couverture des terres [ha]
A	terres pour différentes activités [ha]
B	production animale [kcal]
P	quantité d'intrants primaire traitée [tonnes, m ³]
T	quantité échangée entre régions [tonnes, m ³ , kcal]
E	émissions de gaz à effet de serre [tCO ₂ éq]
L	terres disponibles [ha]

Fonctions

φ^{demd}	fonction pour la demande (fonction à élasticité constante)
φ^{splw}	fonction pour l'approvisionnement en eau (fonction à élasticité constante)
φ^{lucc}	fonction pour le coût de l'utilisation/couverture des terres (fonction linéaire)
φ^{trad}	fonction pour le coût des échanges (fonction à élasticité constante)

Paramètres

τ^{land}	coût de gestion des terres, eau exceptée [dollars EU/ha]
τ^{live}	coût de la production animale [dollars EU/kcal]
τ^{proc}	coût de transformation [dollars EU/unité (t ou m ³) des intrants primaires]
d^{targ}	demande cible donnée de manière exogène (ex. : cibles pour les biocarburants) [EJ, m ³ , kcal, etc.]
α^{land}	rendement des cultures et des arbres [tonnes/ha ou m ³ /ha]
α^{live}	coefficients techniques de l'élevage (1 pour les calories animales, négatifs pour les besoins alimentaires [t/kcal])
α^{proc}	coefficients de conversion (-1 pour les produits primaires, positifs pour les produits finaux [ex. : GJ/ m ³])
L^{init}	dotation initiale en terres d'une utilisation/couverture des terres donnée [ha]
L^{suit}	superficie totale des terres convenant à une utilisation/couverture des terres particulière [ha]
ω	besoins en eaux d'irrigation [m ³ /ha]
ε	coefficients d'émission [tCO ₂ éq/unité d'activité]

Indices

r	région économique (28 régions agrégées et pays individuels)
-----	---

- t* période (pas de 10 ans)
- c* pays (203)
- o* unité de simulation (définie par l'intersection d'une grille de 50x50 km, classes d'altitude, de pente et de sol homogènes)
- l* utilisation/couverture des terres (cultures, pâturages, forêts gérées, plantations d'arbres à croissance rapide, forêt vierge, autres végétations naturelles)
- s* espèces (37 cultures, forêts gérées, plantations d'arbres à croissance rapide)
- m* technologie : gestion de l'utilisation des terres (à faible intensité d'intrants, à haute intensité d'intrants, irrigation, subsistance, « actuelle ») ; transformation de produits des forêts primaires (production de bois débité et de pâte à papier) ; et conversion en bioénergie (éthanol et biodiesel de première génération tirés de la canne à sucre, du maïs, du colza et du soja ; production d'énergie à partir de la biomasse forestière : fermentation, gazéification et production combinée chaleur-électricité)
- y* produits [Primaires : + de 30 cultures, grumes, billes à pâte, autres grumes industrielles, bois de chauffage, biomasse des plantations. Produits transformés : produits forestiers (bois débité et pâte à papier), biocarburants de première génération (éthanol et biodiesel), biocarburants de deuxième génération (éthanol et méthanol), autres bioénergies (électricité, chaleur et gaz)]
- e* Bilans des émissions de gaz à effet de serre : CO₂ dû au changement d'utilisation des terres ; CH₄ dû à la fermentation entérique, à la production du riz et à la gestion du fumier ; et N₂O dû aux engrais synthétiques et à la gestion du fumier ; et réductions/émissions de CO₂ dues à la substitution des carburants fossiles par les biocarburants.

Tableau A- 1 Données d'entrées utilisées dans le modèle CongoBIOM

Paramètre	Source	Année
<i>Caractéristiques des pays</i>		
Classes de sol	Asrat et coll. (2008), FAO, USGS, NASA, CRU UEA, JRC, IFPRI, IFA, WISE, etc.	
Classes de pente	ISRIC	
Classes d'altitude	Données SRTM 90 m <i>Digital Elevation</i> (http://srtm.csi.cgiar.org)	
Frontières nationales		
Indice d'aridité	CIRAF, Zomer et coll. (2008)	
Seuil de température	Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT)	
Zones protégées	FORAF	
Couverture des terres	Global Land Cover (GLC 2000) – Institut pour l'environnement et la durabilité	2000
<i>Agriculture</i>		
<i>Superficie</i>		
Superficie des zones cultivées (1 000 ha)	Global Land Cover (GLC 2000) – Institut pour l'environnement et la durabilité	2000
Superficie cultivée EPIC (1 000 ha)	IFPRI – You et Wood (2006)	2000
Superficie des cultures de rente (1 000 ha)	IFPRI – You et coll. (2007)	2000
Superficie irriguée (1 000 ha)	FAO	Moyenne 1998-2002
<i>Rendement</i>		
Rendement des cultures EPIC (t/ha)	BOKU, Erwin Schmid	
Rendement des cultures de rente (t/ha)	IFPRI – You et coll. (2007)	2000
Rendement moyen régional (t/ha)	FAO	Moyenne 1998-2002

<i>Utilisation des intrants</i>		
Quantité d'azote (FTN) (kg/ha)	BOKU, Erwin Schmid	
Quantité de phosphore (FTN) (kg/ha)	BOKU, Erwin Schmid	
Quantité d'eau (1 000 m ³ /ha)	BOKU, Erwin Schmid	
Taux d'application des engrais	IFA (1992)	
Taux d'application des engrais	FAOSTAT	
Coûts pour 4 systèmes d'irrigation	Sauer et coll. (2008)	
<i>Production</i>		
Production végétale (1000 t)	FAO	Moyenne 1998-2002
Production animale	FAO	Moyenne 1998-2002
<i>Prix</i>		
Cultures (dollars EU/t)	FAO	Moyenne 1998-2002
Prix des engrais (dollars EU/kg)	USDA (http://www.ers.usda.gov/Data/FertilizerUse/)	Moyenne 2001-2005
<i>Foresterie</i>		
Superficie en concession dans le basin du Congo (1 000 ha)	FORAF	
Part maximale de grumes de sciage dans l'accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)	Kindermann et coll. (2006)	
Bois récoltable pour la production de pâte à papier (m ³ /ha/an)	Kindermann et coll. (2006)	
Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)	Kindermann et coll. sur base de l'Évaluation des ressources forestières mondiales (FAO, 2006a)	
Production de biomasse et de bois (m ³ ou 1 000 t)	FAO	2000
Coût de récolte	Kindermann et coll. (2006)	
<i>Plantation à rotation rapide</i>		
Superficie adéquate (1 000 ha)	Havlik et coll. (2011)	2010
Accroissement annuel moyen (m ³ /ha)	Zomerat et coll. (2008)	
PPN potentielle	Alig et coll. 2000 ; Chiba et Nagata, 1987 ; FAO, 2006b ; Wadsworth, 1997	
Potential pour les plantations de biomasse	Cramer et coll. (1999)	
Coût des jeunes arbres pour la plantation manuelle	Zomer et coll. (2008)	
Besoins de main-d'œuvre pour les entreprises de plantation	Carpentieri et coll. (1993) ; Herzogbaum GmbH (2008)	
Salaires moyens	Jurvélius (1997)	
Coût unitaire de l'équipement et de la main-d'œuvre pour les récoltes	OIT (2007)	
Facteur pente	FPP (1999) ; Jiroušek et coll. (2007) ; Stokes et coll. (1986) ; Wang et coll. (2004)	
Ratio d'ajustement PPP moyen	Hartsough et coll. (2001)	
	Heston et coll. (2006)	
<i>Émissions de GES</i>		
Émissions de N ₂ O dues à l'utilisation d'engrais synthétiques (kg CO ₂ /ha)	Lignes directrices du GIEC (1996)	
Taux d'application des engrais	IFA (1992)	
Coefficients de réduction/émission de CO ₂	CONCAWE/JRC/EUCAR (2007), <i>Renewable Fuels Agency</i> (2008)	
Biomasse vivant au-dessus et en dessous du sol dans les forêts [tCO ₂ éq/ha]	Kindermann et coll. (2008)	
Biomasse vivant au-dessus et en dessous du sol dans les pâturages et autres terres naturelles [tCO ₂ éq/ha]	Ruesch et Gibbs (2008) (http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/global_carbon_carbon_documentation.html)	
Émissions non carbonées totales (millions)	EPA (2006)	

de tCO ₂ éq)		
Émissions de dioxyde de carbone dues aux cultures (tCO ₂ /ha)	EPA (2006)	
Séquestration des GES dans les SRP (tCO ₂ /ha)	Chiba et Nagata (1987)	
<hr/>		
Échanges internationaux		
Base de données MacMap	Bouet et coll. (2005)	
BACI(sur base de COMTRADE)	Gaulier et Zignago, (2009)	
Coûts internationaux du fret	Hummels et coll., (2001)	
<hr/>		
Infrastructures		
Infrastructure existante	WRI ; Référentiel géographique commun	
Infrastructure planifiée	Statistiques nationales du Cameroun, de la République centrafricaine et du Gabon ; AICD (Banque mondiale) pour la République démocratique du Congo et la République du Congo	
<hr/>		
Transformation		
Coefficients de conversion pour le bois débité	Modèle 4DSM – Rametsteiner et coll. (2007)	
Coefficients de conversion pour la pâte à papier	Modèle 4DSM – Rametsteiner et coll. (2007)	
Coefficients et coûts de conversion pour l'énergie	<i>Biomass Technology Group</i> (2005); Hamelinck et Faaij (2001); Leduc et coll. (2008)	
Coefficients et coûts de conversion pour l'éthanol	Hermann et Patel (2008)	
Coefficients et coûts de conversion pour le biodiesel	Zomerat et coll. (2006)	
Coûts de production pour le bois débité et la pâte à papier	Base de données interne de l'IIASA et base de données du RISI (http://www.risiinfo.com)	
<hr/>		
Population		
Population par pays (1 000 habitants)	Russ et coll. (2007)	Moyenne 1999-2001
Population totale par région estimée tous les 10 ans entre 2000 et 2100 (1 000 habitants)	Base de données du scénario GGI (2007) – Grubler et coll. (2007)	
Grille de 0,5 degré	Base de données du scénario GGI (2007) – Grubler et coll. (2007)	
Densité de la population	CIESIN (2005)	
<hr/>		
Demande		
Demande alimentaire initiale pour les cultures (1 000 t)	Données des bilans alimentaires – FAO	Moyenne 1998-2002
Besoins de cultures par calorie animale (t/million de kcal)	Bilans disponibilité/utilisation, FAOSTAT	Moyenne 1998-2002
Équivalent énergie des cultures (kcal/t)	Données des bilans alimentaires – FAO	
Changement relatif dans la consommation de viande, animaux, végétaux, lait (kcal/habitant)	FAO (2006a) Agriculture mondiale : horizon 2030/2050 (Tableaux 2.1, 2.7, 2.8)	
Élasticité propre des prix	Seale, Regmi et Bernstein, (2003)	
Projections pour le PIB	Base de données du scénario GGI (2007)	
Données pour les cultures SUA (1 000 t)	FAO	
Données FBS	FAO	
Projections pour la bioénergie	Russ et coll. (2007)	
Consommation de biomasse et de bois (m ³ /ha ou 1 000 t/ha)	FAO	
<hr/>		

Bases de données

Afin permettre la modélisation du processus biophysique mondial de production agricole et forestière, une base de données complète a été développée (Skalsky et coll., 2008). Elle contient l'information sur le type du sol, le climat, la topographie, la couverture des terres et la gestion des cultures. Les données proviennent de divers instituts de recherche (NASA, JRC, FAO, USDA, IFPRI, etc.) et ont été harmonisées au sein de plusieurs couches de résolution spatiale communes, y compris 5 et 30 arcmin ainsi que des couches nationales. Les unités de réponse homogène (HRU – *Homogeneous Response Units*) ont donc été délimitées en n'incluant que les paramètres de paysage qui restent presque constants au cours du temps. À l'échelle mondiale, nous avons utilisé cinq classes d'altitude, sept classes de pente, et six classes de sol. Dans un deuxième temps, la couche HRU a été fusionnée avec d'autres informations pertinentes, telles qu'une carte mondiale du climat, une carte des catégories/utilisation des terres, une carte de l'irrigation, etc., qui constituent les données d'entrée du modèle climatique intégré des politiques environnementales (Williams, 1995 ; Izaurralde et coll., 2006). Les unités de simulation sont l'intersection entre les frontières nationales, la grille de 30 arcmin (50×50 km) et l'unité de réponse homogène.

Principales hypothèses pour la situation de référence

Croissance démographique : L'évolution de la population régionale est tirée du scénario SRES B2 de l'IIASA (Grübler et coll., 2007). La population mondiale devrait passer de 6 milliards en 2000 à 8 milliards en 2030. Dans le bassin du Congo, le modèle utilise un taux de croissance annuel moyen de 3,6 % entre 2000 et 2010 et de 2,2 % entre 2020 et 2030, menant à une population totale de 170 millions d'habitants en 2030. Il utilise les projections spatialement explicites de la population pour 2010, 2020 et 2030, pour représenter la demande de bois de chauffage. Aucune différence n'est faite entre les marchés ruraux et urbains.

Contraintes exogènes pesant sur la consommation alimentaire : Selon le scénario intermédiaire du SRES B2, le PIB par habitant devrait augmenter à un taux moyen de 3 % par an au cours de la période 2000-2030 dans le bassin du Congo. Les projections de la FAO sont utilisées pour la consommation de viande par habitant. Le modèle prend en compte un apport minimal en calories par habitant dans chaque région et n'autorise pas de grandes transitions d'une culture à l'autre. Il limite actuellement la production de café et de cacao à l'Afrique subsaharienne. La demande initiale est fixée pour ces cultures aux importations observées en 2000, et est ensuite ajustée en fonction de la croissance démographique. Cette hypothèse signifie que ni les changements des prix ni ceux des revenus n'influencent la demande de café et de cacao.

Demande d'énergie : Le modèle fait l'hypothèse que la consommation du bois de chauffage par habitant reste constante, de sorte que la demande de bois de chauffage augmente proportionnellement à la population. La consommation de bioénergie est tirée du modèle POLES (Russ et coll., 2007) et suppose qu'il n'y a pas de commerce international des biocarburants.

Autres hypothèses : Dans la situation de référence, la valeur des paramètres techniques reste inchangée par rapport à l'an 2000 ; les nouveaux résultats ne découlent que de l'augmentation des demandes de nourriture, de bois et de bioénergie. Il n'y a aucun changement dans les rendements, les accroissements annuels, les coûts de production, les coûts de transport, ni les politiques commerciales. L'agriculture de subsistance est également fixée à son niveau de 2000. Aucune politique environnementale n'est mise en œuvre hormis les zones protégées de 2000. Cette situation de référence doit être considérée comme une situation de « statu quo » qui permet d'isoler les impacts de différents facteurs de déforestation dans le bassin du Congo dans les différents scénarios.

Références

- Agritrade. 2009. "The Cocoa Sector in ACP-EU Trade." Executive brief, octobre 2009.
- Andersen, P., and S. Shimorawa. 2007. "Rural Infrastructure and Agricultural Development." In *Rethinking Infrastructure for Development*. Conférence annuelle de la Banque mondiale sur l'économie du développement.
- Angelsen, A., M. Brockhaus, M. Kanninen, E. Sills, W. D. Sunderlin, and S. Wertz-Kanounnikoff, eds. 2009. *Realising REDD+, National Strategy and Policy Options*. Bogor, Indonésie : CIFOR.
- Atyi, R. E., D. Devers, C. de Wasseige, et F. Maisels. 2009. « Chapitre 1 : État des forêts d'Afrique centrale : Synthèse sous-régionale ». Dans *État de la forêt 2008*, OFAC-COMIFAC.
- Biomass Technology Group. 2005. *Handbook on Biomass Gasification*. H.A.M. Knoef. ISBN : 90-810068-1-9.
- Bouet A., Y. Decreux, L. Fontagne, S. Jean, and D. Laborde. 2005. "A Consistent Ad-Valorem Equivalent Measure of Applied Protection Across the World: The MacMap HS6 Database. Document de travail CEPII N. 22 décembre 2004 (mis à jour en septembre 2005).
- Carpentieri, A. E., E. D. Larson, and J. Woods. 1993. "Future Biomass-Based Electricity Supply in Northeast Brazil." *Biomass and Bioenergy* 4 (3) : 149–73.
- Chiba, S., and Y. Nagata, 1987. "Growth and Yield Estimates at Mountainous Forest Plantings of Improved *Populus Maximowiczii*." In *Research Report of Biomass Conversion Program. No.3 "High Yielding Technology for Mountainous Poplars by Short- or Mini-Rotation System I."* Japon ; Secrétariat du Conseil de la recherche en agriculture, foresterie et pêches, ministère de l'Agriculture, de la Foresterie et de la Pêche.

- CIESIN (Center for International Earth Science Information Network), Columbia University; and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2005. Gridded Population of the World Version 3 (GPWv3): Population Density Grids. Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw>.
- CONCAWE/JRC/EUCAR. 2007. “Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European context.” *Well-to-Tank Report* Version 2c : 140.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2006. *Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions : 1990–2020*. Washington, DC : United States Environmental Protection Agency.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). 2006a. *Situation des forêts du monde 2005. Progrès vers la gestion durable des forêts*. Rome, Italie : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- . 2006b. “Global Planted Forests Thematic Study: Results and Analysis.” Planted Forests and Trees Working Paper 38, FAO, Rome.
- Gaulier, G., and S. Zignago. 2009. “BACI: International Trade Database at the Product-level, the 1994-2007 Version.” CEPII Working Paper.
- Grübler, A., B. O'Neill, K. Riahi, V. Chirkov, A. Goujon, P. Kolp, I. Prommer, S. Scherbov, and E. Slentoe. 2007. “Regional, National, and Spatially Explicit Scenarios of Demographic and Economic Change Based on SRES.” *Technological Forecasting and Social Change* 74: 980–1027.
- Hamelinck, C. N. and A. P. C. Faaij. 2001. “Future Prospects for Production of Methanol and Hydrogen from Biomass.” Université d'Utrecht, Copernicus Institute, Science, Technology and Society, Utrecht, Pays-Bas.
- Hass, M. J., A. J. McAloon, W. C. Yee and T. A. Foglia. 2006. “A Process Model to Estimate Biodiesel Production Costs.” *Bioresource Technology* 97:671–78.
- Havlík, P., U. A. Schneider, E. Schmid, H. Boettcher, S. Fritz, R. Skalský, K. Aoki, S. de Cara, G. Kindermann, F. Kraxner, S. Leduc, I. McCallum, A. Mosnier, T. Sauer, and M. Obersteiner. 2011. “Global Land-Use Implications of First and Second Generation Biofuel Targets.” *Energy Policy* 39(10) : 5690–702.
- Herzogbaum GmbH. 2008. Forstpflanzen-Preisliste 2008. HERZOG.BAUM Samen and Pflanzen GmbH. Koaserbauerstr. 10, A-4810 Gmunden, Autriche. Disponible sur <http://www.energiehoelzer.at>.

- Hummels D., J. Ishii, and K. M. Yi. 2001. “The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade.” *Journal of International Economics, Trade, and Wages* 54 (1) : 75–96.
- IFA (Association internationale de l’industrie des engrais). 1992. *World Fertilizer Use Manual*. Allemagne : IFA.
- GIEC (Groupe intergouvernemental d’experts sur l’évolution du climat). 1996. « Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - version révisée 1996 » Groupe intergouvernemental d’experts sur l’évolution du climat, Programme des Nations Unies pour l’environnement, Organisation de coopération et de développement économiques, Agence internationale de l’énergie, Paris.
- Izaurrealde, R. C., J. R. Williams, W. B. McGill, N. J. Rosenberg, and M. C. Q. Jakas. 2006. “Simulating Soil C Dynamics with EPIC: Model Description and Testing Against Long-Term Data.” *Ecological Modelling* 192: 362–84.
- Jurvélius, m 1997. “Labor-Intensive Harvesting of Tree Plantations in the Southern Philippines.” Forest Harvesting Case Study 9, RAP Publication : 1997/41, Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture, Bangkok, Thaïlande. <http://www.fao.org/docrep/x5596e/x5596e00.htm>.
- Kindermann, G. E., M. Obersteiner, E. Rametsteiner, and I. McCallum 2006. “Predicting the Deforestation-Trend under Different Carbon-Prices.” *Carbon Balance and Management* 1: 15.
- Kindermann, G., M. Obersteiner, E. Rametsteiner, and I. McCallum. 2008. “A Global Forest Growing Stock, Biomass and Carbon Map Based on FAO Statistics.” *Silva Fennica* 42 (3) : 387–96.
- Leduc, S., D. Schwab, E. Dotzauer, E. Schmid, and M. Obersteiner. 2008. “Optimal Location of Wood Gasification Plants for Methanol Production with Heat Recovery.” *International Journal of Energy Research* 32: 1080–91.
- Rametsteiner, E., S. Nilsson, H. Böttcher, P. Havlik, F. Kraxner, S. Leduc, M. Obersteiner, F. Rydzak, U. Schneider, D. Schwab, and L. Willmore. 2007. “Study of the Effects of Globalization on the Economic Viability of EU Forestry.” Final Report of the AGRI Tender Project : AGRI-G4-2006-06, EC Contract Number 30-CE-0097579/00-89.
- Renewable Fuels Agency. 2009. “Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation, Technical Guidance Part Two, Carbon Reporting—Default Values and Fuel Chains.” Version 2.0, 207. Hastings, U.K.
- Ruesch, A., and H. K. Gibbs. 2008. *New IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map for the Year 2000*. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory. <http://cdiac.ornl.gov>.

- Russ, P., T. Wiesenthal, D. van Regenmorter, and J. C. Císcar. 2007. *Global Climate Policy Scenarios for 2030 and Beyond—Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Pathway Scenarios with the POLES and GEM-E3 models*. JRC Reference Reports. Seville, Spain: Joint Research Centre—Institute for Prospective Technological Studies.
- Sauer, T., P. Havlík, G. Kindermann, and U. A. Schneider. 2008. “Agriculture, Population, Land and Water Scarcity in a Changing World—The Role of Irrigation.” Congrès de l'association européenne des économistes agricoles, Gand, Belgique.
- Seale, J., A. Regmi, and J. Bernstein. 2003. “International Evidence on Food Consumption Patterns.” ERS/USDA Technical Bulletin No. 1904, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Skalsky, R., Z. Tarasovicova, J. Balkovic, E. Schmid, M. Fuchs, E. Moltchanova, G. Kindermann, P. Scholtz, et al. 2008. *GEO-BENE Global Database for Bio-Physical Modeling v.1.0—Concepts, Methodologies and Data*. The GEOBENE database report. Laxenburg, Autriche : Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA).
- Teravaninthorn, S., and G. Raballand. 2009. *Transport Prices and Costs in Africa: A Review of the Main International Corridors*. Washington, DC : World Bank.
- Williams J. R. 1995. “The EPIC model.” In *Computer Models of Watershed Hydrology*, ed. V. P. Singh, 909–1000. Highlands Ranch, CO : Water Resources Publications.
- You, L., and S. Wood. 2006. “An Entropy Approach to Spatial Disaggregation of Agricultural Production.” *Agricultural Systems* 90: 329–47.
- You, L., S. Wood, U. Wood-Sichra, and J. Chamberlain. 2007. “Generating Plausible Crop Distribution Maps for Sub-Saharan Africa Using a Spatial Allocation Model.” *Information Development* 23 (2–3) : 151–59. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires, Washington, DC.
- Zomer, R. J., A. Trabucco, D. A. Bossio, and L. V. Verchot. 2008. “Climate Change Mitigation: A Spatial Analysis of Global Land Suitability for Clean Development Mechanism Afforestation and Reforestation.” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126: 67–80.