



République du Congo
MINISTÈRE DE L'ECONOMIE FORESTIÈRE

Inventaire forestier national multiresource de la République du Congo 2009–2014

► Tome 3:

Estimation des facteurs d'émission pour
le niveau d'émissions de référence pour
les forêts



Inventaire forestier national multiresource de la République du Congo 2009–2014

Tome 3: Estimation des facteurs d'émission pour le niveau d'émissions de référence pour les forêts

République du Congo

Brazzaville, 2020

République du Congo, 2020. *Inventaire forestier national multiresource de la République du Congo 2009-2014*. Tome 3: Estimation des facteurs d'émission pour le niveau d'émissions de référence pour les forêts

Sommaire

Liste des sigles, acronymes et abréviations	vii
Avant-propos	ix
Introduction	1
Approche adoptée et définition des objectifs de l'IFN	5
1. Aperçu méthodologique de l'IFN	5
Plan d'échantillonnage	7
Description d'une unité d'échantillonnage	7
Classification des types de forêts et de l'utilisation des terres	9
Variables inventoriées	10
Manuel et fiches de terrain	10
Collecte des données et taux de réalisation	11
Contrôle et assurance qualité de la collecte des données	12
Saisie, traitement et analyse des données de l'IFN	13
Saisie des données	13
Nettoyage et validation des données saisies	13
Ajout de la classe d'utilisation des terres sur les UE, placettes ou SUT non inventoriées	13
Analyse statistique des données et calcul de certains indicateurs	13
Difficultés rencontrées et limites des résultats	13

2. Stratification adoptée pour le NERF	15
Stratifications considérées	15
Superficies des strates	16
Distribution de la superficie des strates par classe globale de l'IFN	17
3. Estimation de la biomasse des arbres suivant la stratification adoptée pour le NERF	19
Méthodes de calcul de la biomasse des arbres	19
Méthode de calcul de la biomasse aérienne	20
Méthode de calcul de la biomasse souterraine	20
Méthode de calcul de la biomasse du bois mort	20
Résultats des estimations de la biomasse par strate du NERF	21
4. Estimations du carbone des arbres des forêts suivant la stratification adoptée pour le NERF	25
Méthode de calcul du carbone des arbres	25
Résultats des estimations du carbone forestier	25
Comparaison avec la littérature existante	27
Conclusion et recommandations	28
Bibliographie	30
Annexes	36
1. Classification et définitions des classes de l'utilisation des terres / types de forêt utilisées pour l'IFN du Congo	37
2. Détails des classes de Sayre et al. (2014) regroupées pour composer la stratification adoptée pour le niveau de référence	42

Liste des tableaux

Tableau 1: Localisation et orientation des placettes dans l'UE	7
Tableau 2: Spécifications des différentes unités de relevés	9
Tableau 3: Superficies des classes globales par strate	18
Tableau 4: Biomasse totale (aérienne, souterraine et du bois mort) des arbres de diamètre ≥ 10 cm par classe globale et par strate	22
Tableau 5: Biomasse aérienne, souterraine, du bois mort et totale des arbres des forêts par strate	23
Tableau 6: Carbone aérien, souterrain, du bois mort et total des arbres des forêts par strate du NERF	26
Tableau 7: Exemples de valeurs de densité de carbone ou de biomasse dans la région	27
Tableau 8: Classification de l'utilisation des terres utilisée pour l'IFN au Congo	37
Tableau 9: Définitions des classes d'utilisation des terres / types de forêt	38

Liste des figures

Figure 1: Schéma d'une unité d'échantillonnage, d'une placette et des sous-placettes	8
Figure 2: Exemple de répartition de Sections d'utilisation des terres (SUT) à l'intérieur d'une placette	9
Figure 3: Schéma de classification de l'utilisation des terres pour l'IFN	10
Figure 4: Représentation cartographique des placettes et des données d'arbres - Exemple de résultats des données de l'IFN	12
Figure 5: Répartition des superficies des strates (en 1 000 ha et en %)	17
Figure 6: Superficies des classes globales par strate (en 1 000 ha et en %)	18
Figure 7: Répartition de la biomasse totale (aérienne, souterraine et du bois mort) des arbres de diamètre ≥ 10 cm selon les strates (en 1 000 tonnes et en %)	23
Figure 8: Densité de carbone (aérien, souterraine, du bois mort et total) des arbres par hectare de forêt par strate du NERF et pour le Congo (en tonnes/ha)	27

Liste des cartes

Carte 1: Plan d'échantillonnage adopté pour l'IFN	6
Carte 2: Stratification du pays en grandes zones écologiques (d'après Sayre <i>et al.</i> , 2014)	16

Liste des sigles, acronymes et abréviations

CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CNIAF	Centre national d'inventaire et d'aménagement des ressources forestières et fauniques
CN-REDD	Coordination nationale REDD
CO₂	Dioxyde de carbone
CP	Conférences des Parties
CPDN	Contribution prévue déterminée au niveau national
dhp	Diamètre à hauteur de poitrine
ET	Erreur type
FACET	Forêts d'Afrique centrale évaluées par télédétection
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)
FRA	<i>Global Forest Resources Assessment</i> (Évaluation des ressources forestières mondiales)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GFOI	<i>Global Forest Observations Initiative</i> (Initiative globale pour l'observation des forêts)

GPG-LULUCF	<i>Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry</i> (Recommandations en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie)
ha	Hectare
IFN	Inventaire forestier national
NAMA	<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i> (Mesures d'atténuation adaptées au pays)
NERF	Niveau d'émissions de référence pour les forêts
OSFAC	Observatoire Satellital des forêts d'Afrique centrale
REDD+	Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts, avec inclusion de la conservation de la biodiversité, de la gestion durable des forêts et de l'accroissement des stocks de carbone forestier
RDC	République démocratique du Congo
R-PP	<i>Readiness Preparation Proposal</i> (Proposition de mesures pour l'état de préparation)
SIG	Système d'information géographique
tonne/ha	Tonne par hectare
UE	Unité d'échantillonnage

Avant-propos

La tradition forestière congolaise formelle date de l'époque coloniale. Elle a été améliorée progressivement au fil des temps, pour atteindre la troisième relecture du Code forestier en 2017, «la révision en cours de la loi n° 16-2000 du 20 novembre 2000 portant Code forestier et ses textes d'application».

Toutefois, cette tradition a été, et est accompagnée, dans l'occupation et l'utilisation des ressources forestières, par les coutumes et les pratiques coutumières. Si l'exploitation forestière industrielle, l'exploitation agricole itinérante sur brûlis et l'exploitation informelle des ressources forestières ont atteint des proportions inquiétantes de dégradation et déforestation des écosystèmes forestiers au Congo, cela émane, d'une part, de la non-maîtrise du potentiel existant et, d'autre part, d'une absence de planification globale et intégrée de la mise en valeur des ressources disponibles sur l'ensemble du territoire national.

Suite à ces pressions anthropiques insuffisamment planifiées, le Gouvernement du Congo est placé devant une multitude de défis planétaires, dont la liste ci-dessous est loin d'être exhaustive:

- le contrôle des perturbations climatiques dont les conséquences négatives s'amplifient d'une façon exponentielle, et dont le suivi du couvert forestier est l'une des solutions;
- la préservation de l'environnement en milieu urbain et rural, dont la protection de la couche d'ozone;
- l'exploitation écologiquement rationnelle des forêts, des ressources fauniques et halieutiques;
- la distribution équitable des ressources forestières (terres, eaux, faune, flore) pour améliorer le bien-être des populations qui vivent dans et autour des écosystèmes forestiers;
- la production soutenue des biens et services forestiers pour les populations actuelles, sans compromettre les chances des générations futures, etc.

À son actif, le Gouvernement du Congo fournit des efforts significatifs enregistrés à travers les 6,5 millions d'hectares des concessions forestières aménagées et en cours de certification.

Malheureusement, ces réalisations locales ne permettent pas une sécurisation et une préservation des écosystèmes forestiers au niveau national.

Ainsi, il a été justifié une revue de la quantité et de la qualité des ressources forestières disponibles et des écosystèmes forestiers sur l'ensemble du territoire national, à travers un inventaire forestier national

(IFN). Les vieilles traditions forestières confirment, je cite «une politique forestière qui n'est assise sur un inventaire forestier national, est une politique forestière empirique et corrompue».

La primauté de l'IFN au centre d'une politique forestière ouvre plusieurs horizons et est un véritable levier pour:

- ajuster et redéfinir la politique forestière nationale;
- contribuer au plan national d'affectation des terres (occupation et utilisation des terres forestières);
- développer des projets intégrés et durables en fonction des vocations des terres et des ressources préalablement identifiées, dénombrées et classées;
- consolider les partenariats, les investissements et les politiques sectorielles.

Pour répondre à toutes ces préoccupations, l'IFN du Congo est parvenu à:

- créer et développer une base de données biophysiques et socioéconomiques dynamiques fondées sur un dispositif permanent de collecte des données géoréférencées;
- produire une banque des données en termes de résultats, en plusieurs tomes, sur: les étendues et les potentialités ligneuses des ressources forestières nationales, les facteurs d'émissions des gaz à effet de serre; la biomasse et le carbone biologique des forêts du Congo; la biodiversité, les problèmes environnementaux et la gestion forestière;
- renforcer l'arsenal réglementaire et technique en matière d'inventaire de nos forêts dont: les manuels de collecte et de traitement des données, le matériel technique et l'équipement de dernière génération, ainsi qu'un vivier de techniciens jeunes et qualifiés.

Actuellement, la base de données de l'IFN est encore sous-exploitée. Cependant, le Congo forestier vient de se doter d'un puissant outil d'évaluation, de planification et de gestion des ressources forestières. Il reste à mettre en place les modalités de sa gestion, du partage et de son développement.

Rosalie Matondo

Ministre de l'économie forestière



Introduction

De nombreuses études ont démontré l'importance économique, environnementale, sociale et culturelle des ressources forestières congolaises. S'étendant sur près de deux tiers du territoire national, les forêts du Congo renferment une forte diversité floristique et faunique et constituent un levier important pour l'émergence de l'économie congolaise et pour son développement. La forêt fournit un ensemble de services ayant un impact notable sur les populations et l'économie du pays. Le bois, qu'il s'agisse de bois d'œuvre, de bois énergie et de bois de service, constitue une des ressources principales du Congo. Les écosystèmes forestiers recèlent d'une forte diversité biologique avec environ 6 500 espèces végétales, dont plus de 150 espèces de bois d'œuvre. Le Congo dispose d'une faune abondante et diversifiée. On compte environ 200 espèces de mammifères, plus de 700 espèces d'oiseaux et 45 espèces de reptiles. En stockant et absorbant le carbone de l'atmosphère les forêts congolaises contribuent à l'atténuation des changements climatiques. Elles participent également à la régulation des eaux et à la protection des sols.

Bien que le taux de déforestation soit actuellement très contenu (0,05% par an), la gestion durable des forêts et des ressources naturelles reste un

défi majeur du pays, et le pays s'est engagé depuis plusieurs années dans des efforts de planification nationale de son secteur forestier en mettant l'accent sur un développement durable qui contribue à la réduction de la pauvreté.

C'est dans ce cadre que la République du Congo a initié, en 2005, son premier inventaire forestier national multirésource (IFN). L'inventaire national des ressources forestières est prévu dans La loi 16-2000 du 20 Novembre 2000, portant code forestier en République du Congo, qui indique dans son article 46 qu'«il est tenu un inventaire national des ressources forestières, quels qu'en soient les propriétaires des forêts, dans les conditions arrêtées par le ministre chargé des eaux et forêts».

De par son important potentiel forestier, le Congo a, à son actif, un effort non négligeable en inventaires forestiers, notamment en inventaires tactiques, y compris ceux d'aménagement, et en inventaires opérationnels. Cependant l'analyse de la situation des évaluations des ressources forestières au Congo a fait ressortir plusieurs lacunes à combler, notamment en ce qui concerne la disponibilité d'une information actualisée et au niveau national pour aider la planification stratégique.

- Entre 1971 et 1975, des inventaires stratégiques à faible intensité de sondage ont été réalisés pour appuyer la planification et l'aménagement au niveau régional sur 3,2 millions d'hectares qui ont été inventoriés et découpés en 15 unités forestières d'aménagement (UFA). Le reste du pays n'a jamais été inventorié. L'absence de suivi de ces inventaires n'a pas permis la mise à jour de l'information existante ou de compléter les données sur les ressources.
- Des inventaires tactiques incluant ceux d'aménagements ont été réalisés de 1971 à nos jours. La superficie couverte par ce type d'inventaire est estimée à 6,5 millions d'hectares environ (MEFDDE, 2016). Parmi les problèmes découlant de ce type d'inventaire, on cite l'absence d'une vision perspective intégrant les concepts actuels d'aménagement durable qui intègrent les dimensions écologiques, économiques et sociales des ressources forestières. La diversité des techniques de conception, d'exécution, de traitement, d'analyse et d'interprétation des données d'inventaire est aussi citée comme une contrainte majeure qui réduit la possibilité de comparaison et d'analyse des écarts. Ces inventaires ont, selon les opinions des acteurs, contribué à la surexploitation de certaines essences telles que du Limba, de l'Okoumé, du Sapelli et du Sipo.
- Les inventaires opérationnels regroupant l'ensemble des travaux d'inventaire qui conduisent l'exploitation forestière comportent aussi des lacunes, surtout liées à la conception des méthodes et techniques de récolte et d'analyse des données ainsi qu'au manque d'intégration des aspects écologiques, économiques et sociaux.

La connaissance des écosystèmes forestiers congolais par les autorités était donc très partielle et ne permettait pas de définir des politiques et stratégies de développement forestier ni d'évaluer leur impact au niveau économique et social. A ce

jour, aucun inventaire forestier national n'avait été réalisé. L'information utilisée jusqu'ici datait des années 70 et était le produit d'extrapolations. Les inventaires réalisés étaient limités sur les plans géographique et thématique, aucun système centralisé de collecte n'existait, et les inventaires s'étaient concentrés sur le bois commercial sans prendre en compte les ressources d'autres secteurs économiques (agriculture, etc.) ou bien les formations d'arbres hors forêts. Ainsi l'information forestière dont disposait le Congo avait une utilité limitée pour les décideurs politiques au niveau national. L'analyse de la situation des évaluations des ressources et celle de la gestion et la diffusion des données ont fait également ressortir plusieurs problèmes en rapport avec les données existantes, la conception des méthodes et techniques, les capacités humaines, le cadre institutionnel, l'intégration des ressources en arbres et forêts aux autres ressources naturelles, le partenariat entre institutions, la participation des différents acteurs, etc.

C'est dans ce cadre que le Centre national d'inventaire et d'aménagement des ressources forestières et fauniques (CNI AF) a été chargé de réaliser un premier Inventaire forestier national multiressource (IFN) du Congo. Ce premier IFN du Congo a été mis en œuvre par le Gouvernement du Congo avec l'assistance technique de la FAO en plusieurs étapes entre 2006 et 2014, avec des financements de la FAO, du Fonds forestier du bassin du Congo (FFBC), du programme ONU-REDD et du Gouvernement du Congo.

L'IFN se présente comme une réponse à un ensemble de besoins en information, et son objectif à long terme est de contribuer à une gestion et une utilisation durables des écosystèmes forestiers afin d'aider à la lutte contre la pauvreté et à l'amélioration du bien-être des populations. L'IFN doit aussi aider à redéfinir les politiques et les stratégies nationales sur la base d'une connaissance plus précise des ressources et de leur évolution. Les données collectées peuvent

favoriser un contrôle plus efficace des facteurs de dégradation de l'environnement en général, et une meilleure contribution du secteur forestier au développement socioéconomique du pays. De manière spécifique, l'information produite vise une intégration des secteurs économiques en relation avec les ressources en arbres et forêts en vue d'une action coordonnée de lutte contre la pauvreté et d'une contribution au bien-être des populations. Elle peut aussi aider à une sécurisation et meilleure affectation des terres en vue notamment d'améliorer la productivité agricole. Enfin, l'IFN, en suivant une approche participative impliquant les acteurs des différents secteurs économiques, consolide les institutions nationales. Avec les résultats de ce premier IFN le Congo compte, en particulier:

- réviser sa politique forestière;
- mettre en place l'un des piliers du mécanisme de la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement et rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestier dans les pays en développement (REDD+);
- se doter d'un instrument robuste d'évaluation permanente de ses ressources forestières et d'une méthodologie commune en matière d'inventaire forestier.

La spécificité de l'IFN est qu'il s'est intéressé simultanément au potentiel ligneux, dans et hors des forêts, aux aspects sociaux économiques et notamment à l'exploitation des ressources ligneuses et non ligneuses par les populations locales, aux problèmes environnementaux et à la gestion des ressources. Cela donne de très grandes possibilités quant à la valorisation des résultats.

L'IFN a permis de:

- établir une base consensuelle nationale sur l'approche d'évaluation des ressources forestières, l'étendue des données à collecter

en fonction des besoins de tous les acteurs et des exigences de rapport aux processus et conventions régionaux et internationaux, le système et les outils de mesure et de suivi des ressources;

- renforcer les capacités du CNIAT pour permettre la collecte, le traitement, l'analyse et la gestion des données sur les forêts, les arbres hors forêt et l'environnement;
- disposer d'une base de données actualisées sur les ressources forestières du pays y compris les arbres hors forêt, sur leur potentiel et leur utilisation
- mettre en place un système de suivi à long terme de ces ressources avec un réseau de placettes permanentes.

Dans le cadre du processus de la REDD+, la République du Congo, qui poursuit sans relâche son engagement à faire valoir ses performances, a décidé, sur une base volontaire, de présenter un niveau d'émissions de référence pour les forêts (NERF) en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Elle répond ainsi à l'invitation qui est exprimée dans la décision 12/CP.17, paragraphe 13.

Le NERF est un outil essentiel de la matrice qui permettra à la République du Congo de bénéficier des paiements basés sur les résultats pour la mise en œuvre de la REDD+. Dans la construction du NERF, la République du Congo a suivi les lignes directrices fournies par la CCNUCC à travers les décisions prises lors des Conférences des Parties (CP), notamment les Modalités d'établissement des niveaux d'émission de référence pour les forêts et des niveaux de référence pour les forêts dans la décision 12/CP.17, les directives sur les niveaux d'émission dans l'annexe de la décision 12/CP.17, les «Recommandations en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (GPG-LULUCF)» (GIEC, 2003) et «les lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre» (GIEC, 2006). De plus, la République du Congo a suivi les principes directeurs

de l'Initiative globale pour l'observation des forêts (GFOI, 2013). Le Congo entend adopter une approche par étapes pour le développement de son NERF national comme suggéré dans la décision 12/CP.17, paragraphe 10.

Le présent rapport sur les «Estimations des facteurs d'émission pour l'élaboration du NERF en République du Congo» fait partie d'un ensemble de documents décrivant la méthodologie et les résultats de l'IFN. Ils montrent comment les données de l'IFN ont été utilisées pour le calcul des densités de biomasse et de carbone nécessaire à l'estimation des facteurs d'émission.

- le chapitre 1 donne un aperçu de la méthodologie de l'IFN utilisée;
- le chapitre 2 présente la stratification utilisée pour générer les facteurs d'émission pour le NERF;
- le chapitre 3 donne les estimations de biomasse forestière;
- le chapitre 4 concerne les estimations des facteurs d'émission.



1.

©FAO

Aperçu méthodologique de l'IFN

Approche adoptée et définition des objectifs de l'IFN

La base de la méthodologie de l'IFN vient de l'approche développée dans le cadre du programme d'appui au suivi et à l'évaluation des ressources forestières nationales (NFMA) de la FAO. La méthodologie repose sur un échantillonnage du pays et utilise un réseau de placettes permanentes de terrain où sont relevées des informations biophysiques et socio-économiques. Cette méthodologie a déjà été appliquée avec succès depuis 2000 dans de nombreux pays (Bangladesh,

Cameroun, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Kirghizstan, Nicaragua, Philippines, Zambie...).

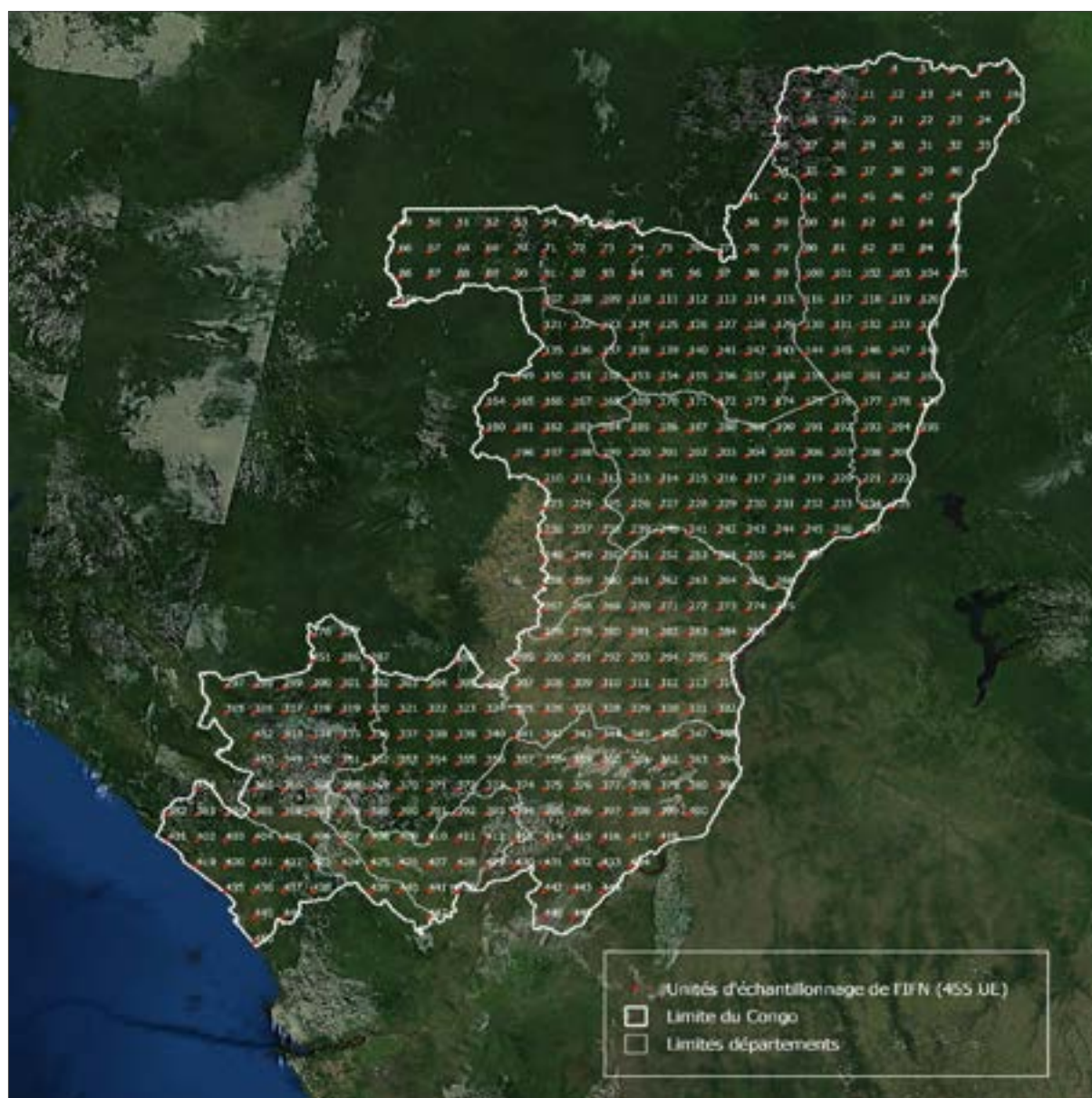
La méthodologie a été adaptée aux conditions et aux besoins d'informations sur les ressources forestières de la République du Congo avec le soutien de l'unité technique et des acteurs nationaux du secteur forestier. En particulier le plan d'échantillonnage, le système de classification de l'utilisation des terres, le choix des informations à relever, tant biophysiques que socio-économiques ont été discutés et décidés lors d'ateliers de consultation avec les différentes parties prenantes.

L'évaluation des ressources en forêts et en arbres au Congo vise à apporter de nouvelles informations, à la fois quantitatives et qualitatives, sur le statut des ressources forestières et des arbres ainsi que sur leur utilisation, leur gestion et leur évolution. L'inventaire forestier national au Congo couvre l'ensemble du pays pour apporter des informations non seulement sur les forêts mais aussi sur les arbres hors forêts. L'IFN couvre un large éventail de variables biophysiques et socio-économiques, afin d'apporter une vue complète de l'état et l'utilisation des ressources forestières dans l'ensemble du pays. L'information produite servira notamment à élaborer

et mettre en œuvre des politiques et des stratégies visant à l'utilisation durable des écosystèmes forestiers. Elle permettra également de comprendre les relations qui existent entre les ressources forestières et les utilisateurs de ces ressources.

Les variables pour lesquelles des données sont collectées touchent le statut des forêts et des arbres hors forêt, les espèces animales et végétales, les services et problèmes environnementaux fournis par la forêt et les arbres, l'utilisation et la gestion des forêts et des arbres, et un certain nombre de variables qui donnent des renseignements très

Carte 1 : Plan d'échantillonnage adopté pour l'IFN



utiles et pertinents pour le pays et qui donne une bonne représentation de l'état et de l'évolution de la ressource forestière dans le pays. L'information produite doit être harmonisée avec les données nationales existantes ainsi qu'avec des standards nationaux et internationaux en vigueur. Les variables ont été identifiées en fonction des besoins clés en information soulevés lors des ateliers de concertation.

Pour conduire l'inventaire, un manuel pratique de terrain expliquant en détail les différentes étapes à suivre pour mener à bien le travail a été élaboré. Ce manuel précise le plan d'échantillonnage, les classifications d'utilisation des terres et les fiches de terrains.

Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage adopté pour l'évaluation nationale des ressources forestières est systématique. Une unité d'échantillonnage (UE) est sélectionnée toutes les 15 minutes en latitude et longitude (environ tous les 25 km). Au total, 455 UE ont été sélectionnées (voir Carte 1).

Description d'une unité d'échantillonnage

Les informations sur les forêts et les arbres hors forêt sont collectées exclusivement à l'emplacement des UE. Les données sont relevées à différents niveaux (voir figure 1):

- l'UE, qui constitue le niveau le plus élevé;
- des sous-unités de tailles plus petites (placettes et sous-placettes), délimitées à l'intérieur de l'UE.

Les UE sont des carrés de 1 km × 1 km. Les coordonnées du coin sud-ouest de ces carrés correspondent à celles des points du plan de sondage systématique.

Chaque UE contient un groupe de quatre placettes d'observation de terrain. Les placettes sont des rectangles de 20 m de large et 250 m de long. Elles partent de chacun des angles d'un carré central de 500 m de côté, dont le centre coïncide avec le centre de l'UE, comme indiqué sur la figure 2. Les placettes sont numérotées de 1 à 4, dans le sens des aiguilles d'une montre, leur orientation est indiquée dans le tableau 1.

Tableau 1. Localisation et orientation des placettes dans l'UE

Placette	Localisation du point de départ de la placette, à l'intérieur du carré central de 500m de côté	Orientation	Angle de visée
Placette 1	Coin sud-ouest	Sud-Nord	0 degré / 0 grade
Placette 2	Coin nord-ouest	Ouest-Est	90 degrés / 100 grades
Placette 3	Coin nord-est	Nord-Sud	180 degrés / 200 grades
Placette 4	Coin sud-est	Est-Ouest	270 degrés / 300 grades

Trois paires de **sous-placettes** sont identifiées à l'intérieur de chaque placette. Elles correspondent à deux niveaux différents de relevés: trois **sous-placettes rectangulaires** (SPR) de 20 m × 10 m constituent le niveau 1, et trois **sous-placettes circulaires** (SPC) de rayon 3,99 m constituent le niveau 2 et sont situées au centre des sous-placettes rectangulaires. Ces sousplacettes sont numérotées de 1 à 3 en partant du début de la placette. Elles sont destinées aux mesures des arbres avec un

diamètre à hauteur de poitrine (dhp) compris entre 10 cm et 20 cm ($10 \text{ cm} \leq \text{dhp} < 20 \text{ cm}$) et à celles de la régénération ($\text{dhp} < 10 \text{ cm}$). Un point de mesures édaphiques et topographiques est établi au centre de chaque sousplacette. Les SPC ne sont pas matérialisées sur le terrain si elles tombent dans une zone classée comme «hors forêt».

Les placettes sont divisées en **sections d'utilisation des terres (SUT)** représentant des unités

homogènes d'utilisation des terres et de couvert végétal, de taille et forme variables, identifiées sur le terrain (figure 2). La classification adoptée pour déterminer l'utilisation des terres est décrite dans le paragraphe «Classification de l'utilisation des terres». La plupart des données sur les caractéristiques, la

gestion et l'utilisation des ressources forestières sont collectées à l'intérieur de ces SUT

Les placettes sont permanentes et matérialisées sur le terrain par un marqueur permanent pour pouvoir y revenir dans l'avenir.

Figure 1 : Schéma d'une unité d'échantillonnage, d'une placette et des sous-placettes

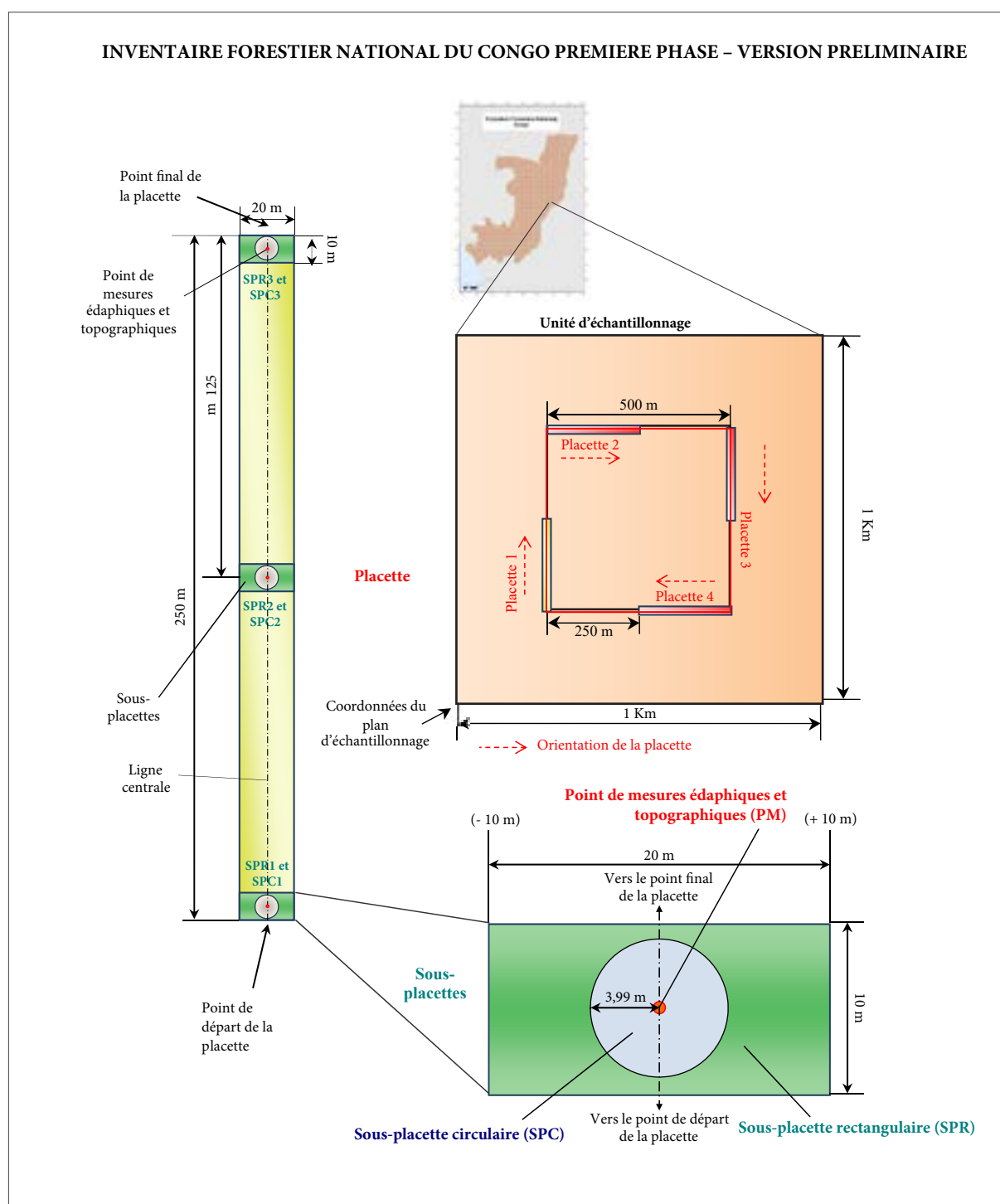
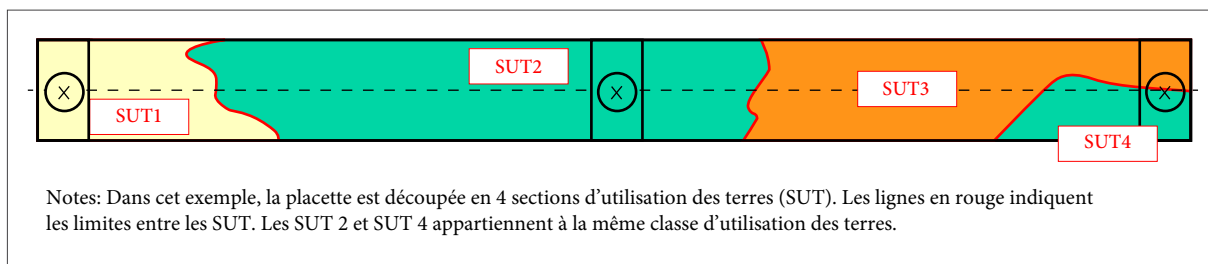


Figure 2: Exemple de répartition de Sections d'utilisation des terres (SUT) à l'intérieur d'une placette



Les spécifications des différentes unités sont récapitulées dans le tableau 2. A noter que toutes

les dimensions et distances indiquées sont des distances horizontales.

Tableau 2: Spécifications des différentes unités de relevés

Unité	Forme	Taille (superficie)	Nombre
Unité d'échantillonnage (UE)	Carré	1000 m x 1000 m (1km ²)	1
Placette	Rectangle	250 m x 20 m (5000 m ²)	4/UE
Sous-placette rectangulaire (SPR)	Rectangle	20 m x 10 m (400 m ²)	3/Placette
Sous-placette circulaire (SPC)	Cercle	Rayon r = 3,99 m (50 m ²)	3/Placette
Section d'utilisation des terres (SUT)	Variable	Variable	Variable

Notes: Toutes les distances indiquées sont des distances horizontales.

Classification des types de forêts et de l'utilisation des terres

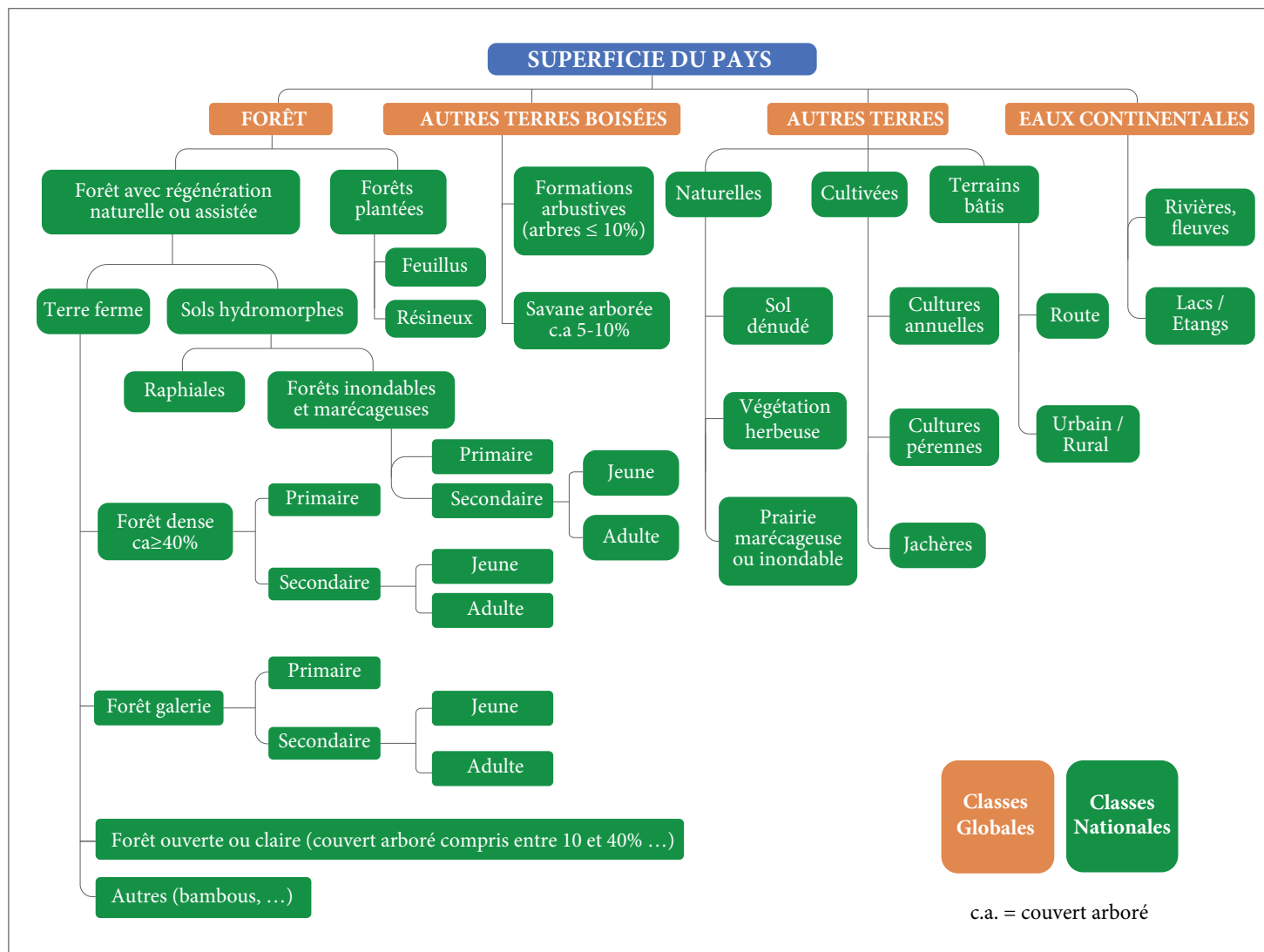
La classification utilisée pour définir l'utilisation des terres (figure 3) est basée sur une approche dichotomique et comprend deux niveaux principaux:

- un niveau de base, regroupant des classes globales destinées à une évaluation des ressources forestières au niveau mondial (développées dans le cadre du programme d'Évaluation des ressources forestières mondiales de la FAO - FRA);

- un niveau de classification plus spécifique, formé des classes additionnelles, destiné à prendre en compte les nécessités nationales et sous-nationales.

Les définitions détaillées des classes utilisées sont fournies en annexe 1 du document.

Figure 3: Schéma de classification de l'utilisation des terres pour l'IFN



Variables inventoriées

La liste des variables biophysiques et socioéconomiques inventoriées a été préparée en consultation avec les acteurs et partenaires, y compris des décideurs au niveau national, conformément aux besoins en informations exprimés lors des ateliers de concertation.

Les variables ont été définies pour décrire l'état et la gestion des ressources forestières et des arbres hors forêt et prendre en compte leurs fonctions tant sociales, qu'économique et écologique.

Les variables ont aussi été identifiées pour suivre l'évolution et les tendances de ces ressources dans le cadre d'un système de surveillance à long terme.

Manuel et fiches de terrain

Un manuel pratique de terrain décrit en détail les différentes étapes à suivre pour mener à bien le travail (CNIAT, FAO, 2010). Ce manuel précise le plan d'échantillonnage, les classifications d'utilisation des terres et décrit en détail les fiches de terrains et on peut s'y référer pour obtenir l'exhaustivité des variables collectées et leur définitions et options.

Les différentes variables ont été mesurées en utilisant des fiches de terrain conçues à cet effet. Pour chaque UE, un jeu de six fiches de terrain a été préparé:

- Fiche 1: Unité d'échantillonnage – Localisation et identification de l'UE, informations sur la

population vivant sur et aux environs de l'UE, la proximité aux principales infrastructures, liste des personnes impliquées dans l'inventaire et observations sur la faune.

- Fiche 2: Placette – Données générales sur la placette et informations sur sa localisation et son accès. Description de l'emplacement du marqueur et schéma de la placette.
- Fiche 3: Placette – Mesures des arbres et souches de diamètre ≥ 10 cm.
- Fiche 4: Points de mesure et sous-placettes circulaires – Topographie, mesures des petits arbres (régénération des arbres de $d_{hp} \leq 10$ cm).
- Fiche 5: Section d'utilisation des terres/types de forêt – Informations générales, aménagement et structure du peuplement forestier.
- Fiche 6: Classe d'utilisation des terres dans l'UE – Services et produits forestiers fournis par les forêts et les arbres hors forêt.

Collecte des données et taux de réalisation

Avant d'aller sur le terrain pour la collecte des données, le personnel de l'IFN a reçu des formations théoriques et pratiques sur les méthodologies et l'utilisation des instruments de mesure, puis a été constitué en équipe et déployé sur le terrain. Le déploiement des équipes s'est étalé entre 209 et 2014 en fonction de la disponibilité financière au travers des différents projets d'appui à l'IFN. Les équipes de terrain ont intégré les populations locales grâce au recrutement des guides et du personnel d'appui. Près de 2 000 personnes au niveau local ont été impliquées dans la collecte des données de terrain. La composition d'une équipe se décline comme suit: 1 chef d'équipe; 1 adjoint au chef d'équipe (boussole); 1 compteur botaniste et faune; 2 mesurateurs; 2 machetteurs/porteurs (guide/ravitailleur). Chaque membre de l'équipe avait des attributions bien établies, de façon à optimiser le rendement de l'équipe et la qualité du travail. La formation sur le terrain s'est poursuivie tout au long de la phase de terrain de l'IFN, dispensée par

l'équipe de supervision, souvent accompagnée de consultants nationaux et internationaux.

Les variables inventoriées ont été relevées par des équipes de terrain au niveau des UE, des placettes et des sous-placettes. Les deux principales sources d'information considérées dans l'inventaire sont:

- les mesures ou observations de terrain;
- les interviews auprès de la population locale, du(des) propriétaire(s) ou chargé(s) de propriété et d'informateurs clés tels que les responsables forestiers de la zone où se trouve l'UE.

Ces deux sources d'information supposent l'utilisation de méthodologies différentes mais sont complémentaires. Suivant le type de données et la situation, l'une ou l'autre est utilisée comme source principale. L'observation de terrain doit dans la mesure du possible permettre de confirmer les informations obtenues auprès des personnes interviewées.

Sur les 455 UE sélectionnées, 4 UE étaient en dehors des frontières du pays, 338 UE (75% des UE dans le pays) ont été inventoriées (301 UE totalement, 37 UE partiellement).

113 UE (25%) n'ont pas été inventoriées, principalement dans la zone de tourbière (91 UE, 20% des UE, dans les départements de la Cuvette, de la Likouala, de la Sangha et des Plateaux) par manque de moyens logistiques et financiers.

La collecte des données de terrain a concerné 2 090 sections d'utilisation des terres et plus de 41 500 arbres sur lesquels les équipes ont procédé au remplissage de l'ensemble des fiches conçues. Des interviews sur l'utilisation et les utilisateurs des forêts et des arbres ont été réalisés auprès de 265 groupes ou individus cibles des communautés locales.

L'inventaire représente un jeu de données important et unique pour le Congo, permettant en particulier de dériver des estimations de biomasse au niveau

national et pour toutes les classes d'utilisation des terres pour les arbres avec un diamètre ≥ 10 cm. La Figure 4 donne un exemple des relevés effectués sur

une UE. Tous les arbres mesurés sont géoréférencés, ce qui permet de les intégrer dans un SIG.

Figure 4: Représentation cartographique des placettes et des données d'arbres – Exemple de résultats des données de l'IFN



Cette figure montre les placettes et arbres géoréférencés et intégrés à l'intérieur d'un SIG. Chaque arbre est représenté par un cercle proportionnel au diamètre mesuré sur le terrain, avec une couleur par espèce. Les attributs de chaque arbre (état de santé, espèce, dhp, hauteur totale, hauteur commerciale, biomasse, etc.) peuvent être affichés de manière interactive.

Contrôle et assurance qualité de la collecte des données

Pour assurer le contrôle et l'assurance qualité des données collectées, une supervision rapprochée des travaux de terrain a été déployée. Des visites fréquentes aux équipes, en particulier en début des campagnes de terrain, ont été effectuées. Le but de ces visites était de s'assurer de la qualité des données et les améliorer en vérifiant que les instructions et la méthodologie d'inventaire étaient bien assimilées et appliquées sur le terrain par l'ensemble des équipes. Dans le cas où les visites révélaient une divergence par rapport à la

méthodologie adoptée, celle-ci était de nouveau expliquée et des clarifications étaient apportées aux équipes pour qu'elles puissent rectifier.

Les fiches de terrain ont été également revues attentivement et validées par l'équipe de supervision.

Enfin, la base de données a été revue très attentivement pour assurer l'exécution correcte de la saisie des données. Des requêtes ont aussi permis d'identifier, et souvent de résoudre, des incohérences ou erreurs (commises soit lors de l'inventaire de terrain, soit lors de la saisie des données).

Saisie, traitement et analyse des données de l'IFN

Une fois les fiches revenues du terrain et validées par l'unité de supervision, les données primaires de terrain ont été transférées sous format numérique, puis nettoyées et analysées.

SAISIE DES DONNÉES

Une application pour la saisie, le stockage et la gestion des données collectées a été développée par la FAO en collaboration avec l'Unité Technique en charge de l'IFN. Cette application est basée sur le logiciel Microsoft Access. Toutes les données collectées sur le terrain ont été enregistrées sur des tables interreliées dans la base de données. La saisie des données a été réalisée parallèlement à la collecte des données sur le terrain par une équipe de 13 personnes.

NETTOYAGE ET VALIDATION DES DONNÉES SAISIES

Avant d'analyser les données saisies, celles-ci ont été vérifiées, complétées ou corrigées pour s'assurer de la concordance des informations contenues dans la base de données et sur les fiches de terrain. Une attention particulière a été mise sur cette étape de validation et nettoyage de la base des données pour vérifier l'exhaustivité et éviter les doublons, identifier des incohérences ou des valeurs aberrantes.

AJOUT DE LA CLASSE D'UTILISATION DES TERRES SUR LES UE, PLACETTES OU SUT NON INVENTORIÉES

Pour les UE non inventoriées, en raison notamment de difficulté d'accès, l'outil dénommé *Collect Earth*, développé par la FAO (suite d'outil Open Foris, <http://www.openforis.org/>), a été utilisé pour recueillir, à partir de l'interprétation visuelle d'images satellites de Google Earth, les informations sur la classe de couverture.

ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES ET CALCUL DE CERTAINS INDICATEURS

L'analyse statistique s'est faite à partir de requêtes de calcul sur Microsoft Access par lesquelles on agrège les données primaires par UE. Les produits

de ces requêtes ont été exportés sur une feuille de calcul statistique Excel préprogrammée par la FAO, et qui calcule automatiquement les moyennes par ha ou pourcentage, le total, l'erreur type relative et la variance de la moyenne.

Pour le calcul des indicateurs, la méthode d'estimation par le ratio a été utilisée. Le calcul de la biomasse a été réalisé en utilisant l'équation allométrique de Chave *et al.* (2014), en prenant des densités de bois par espèce.

Si davantage de précisions sont nécessaires, le rapport sur le nettoyage et l'analyse des données donne plus de détails sur le processus de traitement, les calculs et l'élaboration des tableaux de résultats.

Difficultés rencontrées et limites des résultats

La réalisation de l'IFN n'a pas été sans difficultés. En effet, près de 20% des UE n'ont pu être inventoriées, pour cause d'inaccessibilité, surtout dans les zones marécageuses. Bien que l'information sur le couvert végétal ait pu être récupérée par les images satellites, le niveau de précision de l'interprétation ne peut égaler le relevé de terrain. Cela introduit des incertitudes dans les résultats.

Aussi, les mesures sur les arbres situés sur les UE non inventoriées ne peuvent être obtenues que par une présence effective sur le terrain. Ces UE, et les arbres hors forêt qui y sont situés, sont donc exclus dans l'évaluation du potentiel. C'est par extrapolation qu'ils sont implicitement pris en compte. Cela conduit également à augmenter les marges d'erreurs, surtout pour les forêts marécageuses ou inondables.

Pour plus de transparence, les erreurs type relatives des estimations sont présentées sur les mêmes tableaux que ces grandeurs. L'utilisateur peut ainsi savoir le niveau de précision de l'estimation qui lui est livrée.



2.

Stratification adoptée pour le NERF

Afin d'améliorer les estimations d'émissions dues à la déforestation, une stratification a été adoptée pour les forêts du Congo.

La stratification du territoire national permet de croiser les données de changement du couvert forestier (données d'activités) calculées sur la base d'une cartographie complète et les facteurs d'émissions calculés avec les données d'échantillonnage de terrain de l'IFN.

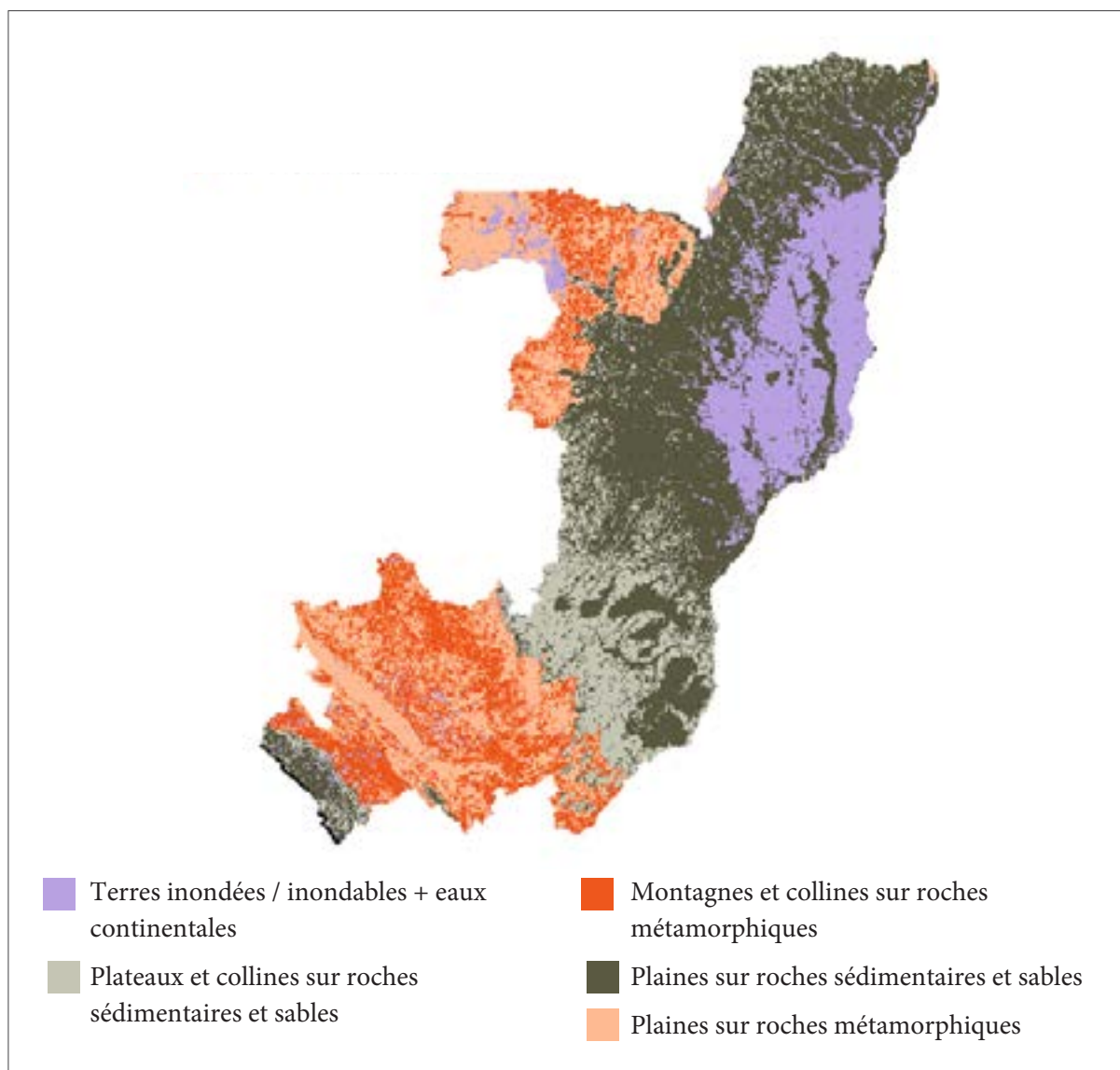
Stratifications considérées

Une stratification basée sur des grandes catégories écologiques, stables dans le temps, a été recherchée et plusieurs options ont été examinées:

- stratification en fonction des types de forêts de FACET (2012);
- stratification en fonction des grandes zones écologiques d'Olson et al. (2001);
- stratification en fonction des écozones (superposition de l'occupation des sols, du relief, de la lithologie et du climat) de Sayre et al. (2014).

L'option retenue (Carte 2) est une agrégation des classes de Sayre *et al.* (2014), suivant les cinq strates ci-après:

- strate 1: terres inondées ou inondables et eaux continentales;
- strate 2: plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables;

Carte 2: Stratification du pays en grandes zones écologiques (d'après Sayre *et al.*, 2014)

- strate 3: montagnes et collines sur roches métamorphiques;
- strate 4: plaines sur roches sédimentaires et sables;
- strate 5: plaines sur roches métamorphiques.

Cette stratification en effet a permis une plus grande différenciation entre les strates pour les facteurs d'émission.

La liste exacte des classes de Sayre *et al.* (2014) qui composent chacune de ces cinq strates est disponible en Annexe 2.

Superficies des strates

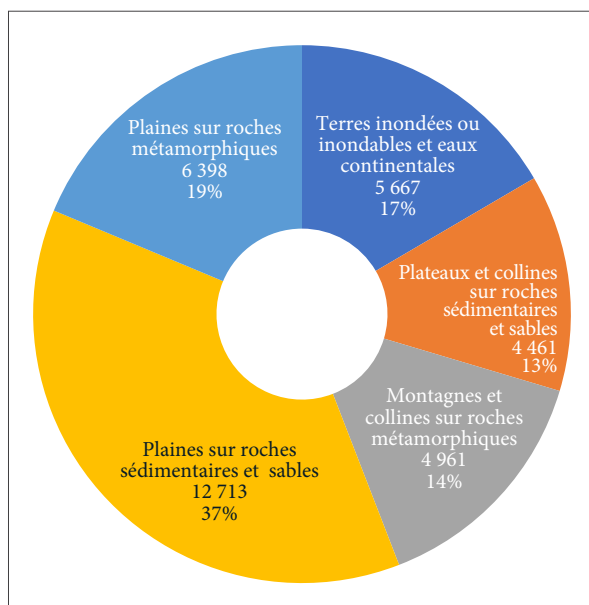
Les superficies totales des strates retenues pour le NERF se répartissent comme suit:

- **strate 1 – Terres inondées ou inondables et eaux continentales:** avec une superficie de 5,7 millions d'hectares, la strate couvre les forêts inondées de la Likouala, de la Cuvette et une partie du sud-ouest de Sémabé;
- **strate 2 – Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables:** d'une superficie de 4,5 millions d'hectares, cette strate chevauche surtout les Plateaux, le Pool et le Kouilou;
- **strate 3 – Montagnes et collines sur roches métamorphiques** avec la superficie de

5,0 millions d'hectare, la strate couvre le massif du Chaillu, le massif de Mayombe, les plateaux de Cataractes, le nord de la Sangha et la zone de Kellé;

- **strate 4 – Plaines sur roches sédimentaires et sables:** cette strate s'étend sur une superficie de 12,7 millions d'hectares dans la majeure partie de la Likouala, à l'est de la Sangha, dans les plateaux Batéké, dans le Pool Nord, au sud de la Cuvette et la plaine côtière;
- **strate 5 – Plaines sur roches métamorphiques:** la strate est d'une superficie de 6,4 millions d'hectares qui couvrent la Sangha, l'extrême sud-ouest de la Likouala, le Pool, la Cuvette-Ouest, le Niari et la Lékoumou.

Figure 5: Répartition des superficies des strates (en 1 000 ha et en %)



Distribution de la superficie des strates par classe globale de l'IFN

En se basant sur les données de terrain de l'IFN, les strates retenues pour le NERF sont constituées, en proportion, des classes globales comme suit:

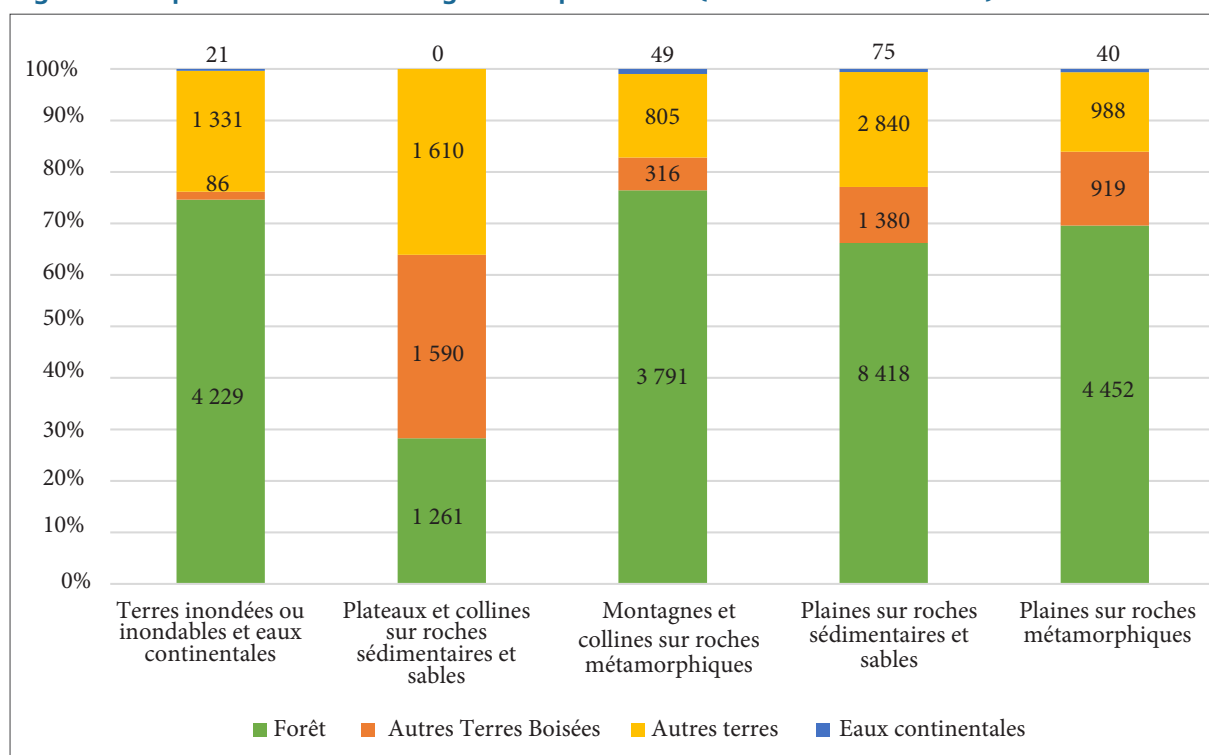
- **Strate 1 – Terres inondées ou inondables et eaux continentales:** la strate se compose pour trois quart de forêt (75%), de 1,5% d'autres terres boisées (savanes arbustives ou arborées), de 23% d'autres terres (terres cultivées, terrains bâtis et savane herbeuse) et de 0,5% d'eaux continentales;
- **Strate 2 – Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables:** la strate se répartit en 28% de forêt, 36% d'autres terres boisées et 36% d'autres terres;
- **Strate 3 – Montagnes et collines sur roches métamorphiques:** la superficie de cette strate est essentiellement de la forêt (76%). Les autres terres boisées (6%), autres terres (16%) et les eaux continentales (1%) représentent ensemble un quart de la superficie;
- **Strate 4 – Plaines sur roches sédimentaires et sables:** cette strate se compose de la manière suivante: forêt (66%), autres terres boisées (11%) et autres terres (22%) et eaux continentales (1%);
- **Strate 5 – Plaines sur roches métamorphiques:** cette strate se répartit en forêt (70%), autres terres boisées (14%) et autres terres (15%) et eaux continentales (1%).

Les résultats sont résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3: Superficies des classes globales par strate

Strate	Estimation	Forêt	Autres Terres Boisées	Autres terres	Eaux continentales	Total
Terres inondées ou inondables et eaux continentales	Superficie (en 1 000 ha)	4 229	86	1 331	21	5 667
	Proportion (en %)	74,6	1,5	23,5	0,4	100
	Erreur type relative de la proportion (en %)	7%	100%	22%	100%	5%
Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables	Superficie (en 1 000 ha)	1 261	1 590	1 610	0	4 461
	Proportion (en %)	28,3	35,6	36,1	0	100
	Erreur type relative de la proportion (en %)	18%	15%	16%		7%
Montagnes et collines sur roches métamorphiques	Superficie (en 1 000 ha)	3 791	316	805	49	4 961
	Proportion (en %)	76,4	6,4	16,2	1	100
	Erreur type relative de la proportion (en %)	6%	37%	25%	82%	6%
Plaines sur roches sédimentaires et sables	Superficie (en 1 000 ha)	8 418	1 380	2 840	75	12 713
	Proportion (en %)	66,2	10,9	22,3	0,6	100
	Erreur type relative de la proportion (en %)	5%	20%	13%	70%	4%
Plaines sur roches métamorphiques	Superficie (en 1 000 ha)	4 452	919	988	40	6 398
	Proportion (en %)	69,6	14,4	15,4	0,6	100
	Erreur type relative de la proportion (en %)	6%	23%	22%	87%	7%

Figure 6: Superficies des classes globales par strate (en 1 000 ha et en %)





3.

Estimation de la biomasse des arbres suivant la stratification adoptée pour le NERF

©FAO

La connaissance de la biomasse forestière est importante notamment pour les études relatives aux changements climatiques de la planète et pour la REDD+. Quantifier les réserves de carbone dans les plantes et leurs variations permet non seulement d'analyser la capacité d'absorption de CO₂ de ces plantes, mais aussi d'estimer le CO₂ libéré lorsque la forêt subie une dégradation ou une déforestation.

Méthodes de calcul de la biomasse des arbres

Les paramètres dendrométriques mesurés lors de la collecte des données de terrain de l'IFN dans les placettes d'échantillonnage ont permis d'estimer la quantité totale de biomasse dans les forêts et hors des forêts du Congo. Les données d'inventaire ont été utilisées pour quantifier les stocks de carbone contenus dans les arbres pour trois réservoirs de carbone: la biomasse de la partie aérienne des arbres

(biomasse aérienne), la biomasse dans les parties souterraines des arbres (biomasse souterraine) et la biomasse contenue dans le bois mort. L'IFN couvrant l'ensemble du territoire, dans et en dehors des forêts, des estimations de stock de biomasse et de carbone dans les arbres ont pu être calculées dans et hors forêt.

Les paramètres utilisés pour ces estimations sont les mesures du diamètre et de la hauteur des arbres vivants ou morts, debout ou couchés, de diamètre à hauteur de poitrine (d_{hp}) ≥ 10 cm. Les calculs ont été effectués par classe d'utilisation des terres / type de forêt (voir tome 2 des résultats de l'IFN) et selon les cinq strates de la classification adoptée pour le NERF en vue d'estimer les facteurs d'émission.

La **biomasse aérienne** comprend la biomasse du tronc, des feuilles et des branches des arbres de diamètre supérieur ou égale à 10 cm.

La **biomasse souterraine** est estimée en appliquant un ratio tige à la biomasse aérienne.

La **biomasse du bois mort** inclut la biomasse du bois mort sur pied, du bois mort couché et des souches.

La biomasse totale a été obtenue en sommant la biomasse aérienne, la biomasse souterraine et la biomasse du bois mort.

MÉTHODE DE CALCUL DE LA BIOMASSE AÉRIENNE

La **biomasse aérienne** a été calculée en utilisant les équations allométriques de Chave (2014). Celui présente 2 modèles à savoir: (i) le modèle 4 et (ii) le modèle 7.

- le modèle (4) incluant le diamètre, les hauteurs mesurées sur le terrain et la densité de bois par espèce:

$$B_i^{\text{aérienne}} = 0,0673 \times (d_i \times (d_{hp})^2 \times H_i^{\text{total}})^{0,976}$$

où:

d_{hp} : diamètre de l'arbre i mesuré à 1,30 m du sol

H_i^{total} : hauteur totale

d_i : densité de bois

- le modèle (7) se base sur le diamètre, la densité de bois et sur une variable de stress environnemental:

$$B_i^{\text{aérienne}} = \exp [-1,803 - 0,976E + 0,976 \ln(d_i) + 2,673 \ln(d_{bh}) - 0,0299 [\ln(d_{bh})]]$$

Où:

$B_i^{\text{aérienne}}$: biomasse aérienne de l'arbre i

d_i : densité de l'arbre i

d_{hp} : diamètre à hauteur de poitrine de l'arbre i

E : variable de mesure du stress environnemental (Chave *et al.*, 2014)

Ces modèles allométriques obéissent au choix préalablement fait par la République du Congo dans le cadre de l'étude sur les marchés du carbone (CNIATF, 2014a).

Le modèle (7) a été utilisé dans l'attente de la consolidation des mesures des hauteurs de l'IFN. C'est également le modèle le plus utilisé dans la région Afrique centrale.

Les densités de bois par espèce sont obtenues à partir de la base de données globale de densité du bois de Zanne *et al.* (2009).

MÉTHODE DE CALCUL DE LA BIOMASSE SOUTERRAINE

La biomasse souterraine est calculée en appliquant le ratio tige sur racine $R_{\text{tige/racine}} = 0,37$ pour la forêt tropicale (Fittkau et Klinge, 1973; cité dans le tableau 4.4, GIEC, 2006, vol. 4).

$$\text{Biomasse}_{\text{souterraine}} = R_{\text{tige/racine}} \times \text{Biomasse}_{\text{aérienne}}$$

MÉTHODE DE CALCUL DE LA BIOMASSE DU BOIS MORT

La biomasse de bois mort est dérivée par la somme de la biomasse du bois mort sur tige, du bois mort couché et des souches. Les formules de calculs ainsi que les facteurs de réduction de biomasse et de densité de bois ont été adaptés de ceux contenus dans les outils méthodologiques du mécanisme pour

un développement propre pour l'évaluation du bois mort (CCNUCC, 2013).

$$\text{Biomasse}_{\text{bois mort}} = \text{Biomasse}_{\text{bois mort sur tige}} + \text{Biomasse}_{\text{bois mort couché}} + \text{Biomasse}_{\text{souches}}$$

Avec:

$$\text{Biomasse}_{\text{bois mort sur pied}} = \text{Biomasse de l'arbre} \times \text{Facteur de réduction de biomasse}$$

- La biomasse aérienne est obtenue par le modèle (4) de Chave *et al.* 2014 cité ci-dessus.
- Le facteur de réduction de biomasse appliqué est de 0,80 (CCNUCC, 2013).

$$\text{Biomasse}_{\text{bois mort couché}} = \text{Volume du bois mort couché} \times \text{Densité du bois} \times \text{Facteur de réduction de densité de bois de 0,6}$$

- Le volume du bois mort couché est approximé en appliquant la formule du cylindre multipliée par un facteur de forme:
 - la densité du bois est donnée par Zanne et al. (2009);
 - un facteur de réduction de densité de bois de 0,6 a été utilisé (facteur moyen appliqué en l'absence de données sur le stade de décomposition).
$$\text{Biomasse}_{\text{souches}} = \text{Volume de la souche} \times \text{Densité du bois} \times \text{Facteur de réduction de densité de bois}$$
- Le volume de la souche est calculé en adoptant la formule du cylindre multipliée par un facteur de forme:
 - le facteur de forme est 1,3 si la hauteur des souches est inférieure à 1,3 m; 0,8 si la hauteur de la souche est supérieure à 1,30 m;
 - la densité du bois est donnée par Zanne et al. (2009);
 - le facteur de réduction de densité de bois appliqué est 1 si la coupe est inférieure à 1 an; 0,8 si la coupe est comprise entre 1 an et 5 ans; 0,45 si la coupe est supérieure à 5 ans (CCNUCC, 2013).

Résultats des estimations de la biomasse par strate du NERF

- Les valeurs de biomasse totale des arbres (diamètre ≥ 10 cm) suivant la stratification

adoptée pour le NERF se répartissent comme suit:

- **la strate des «terres inondées ou inondables et eaux continentales» (strate 1)** présente une biomasse totale (aérienne, souterraine et du bois mort) de 1,0 milliard de tonnes avec une densité moyenne de 185 tonnes/ha, et une densité dans les forêts de 247 tonnes/ha;
- **la strate des «plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables» (strate 2)** totalise une biomasse de 237 millions de tonnes correspondant à une densité moyenne de 53 tonnes/ha sur l'ensemble de la strate. C'est la strate la moins stockée tant en biomasse totale (4% de la biomasse du pays) qu'en densité. La biomasse à l'hectare dans les forêts est estimée à 187 tonnes/ha. Elle est de moins de 1 tonnes/ha dans les autres terres boisées;
- **la strate «montagnes et collines sur roches métamorphiques» (strate 3)** compte une biomasse totale de 1,1 milliard de tonnes et une densité de 230 tonnes/ha. La densité de biomasse pour la forêt est estimée à 300 tonnes/ha; elle est à de 2,1 tonnes/ha dans les autres terres (terres cultivées, jachères, végétation herbeuse) de cette strate et de 9,5 tonnes/ha pour les eaux continentales mais cette valeur est imprécise car obtenue par une seule UE;
- **la strate «plaines sur roches sédimentaires et sable» (strate 4)**, avec une biomasse totale de 2,5 milliards de tonnes, constitue celle qui a le plus de biomasse (40% de l'ensemble). La densité moyenne de biomasse par hectare est de 196 tonnes/ha pour cette strate. La densité de biomasse s'élève à 296 tonnes/ha dans les forêts, à 1 tonnes/ha dans les autres terres boisées et 0,8 tonne/ha dans les autres terres;
- **La strate «plaines sur roches métamorphiques» (strate 5)** compte une biomasse totale de 1,4 milliard de tonnes et une densité moyenne de 216 tonnes/ha. La biomasse à l'hectare en forêt est la plus élevée de l'ensemble des strates (308 tonnes/

ha). Celle des autres terres boisées est estimée à 1,1 tonne/ha dans cette strate. Elle atteint 6,6 tonnes/ha dans les autres terres.

- Au total, en agréant les résultats des strates, l'ensemble du pays renferme plus de 6,3 milliards de tonnes de biomasse, équivalent

à une densité de biomasse de 184 tonnes/ha tous types de végétation confondus. La plupart de cette biomasse est concentrée dans les forêts, qui affichent une densité de biomasse moyenne sur le pays de 284 tonnes/ha.

Tableau 4: Biomasse totale (aérienne, souterraine et du bois mort) des arbres de diamètre ≥ 10cm par classe globale et par strate

Strate NERF	Estimation	Forêt	Autres Terres Boisées	Autres terres	Eaux continentales	Total
1. Terres inondées ou inondables et eaux continentales	Biomasse (en 1 000 tonnes)	1 046 181	0	0	0	1 046 181
	Biomasse par ha (en tonnes/ha)	247	0	0	0	185
	Erreur type relative de la biomasse par ha (en %)	15%				20%
2. Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables	Biomasse (en 1 000 tonnes)	236 120	1 027	0	0	237 147
	Biomasse par ha (en tonnes/ha)	187	0,6	0	0	53
	Erreur type relative de la biomasse par ha (en %)	12%	73%			44%
3. Montagnes et collines sur roches métamorphiques	Biomasse (en 1 000 tonnes)	1 138 638	0	1 683	461	1 140 782
	Biomasse par ha (en tonnes/ha)	300	0	2,1	9,5	230
	Erreur type relative de la biomasse par ha (en %)	7%		53%		9%
4. Plaines sur roches sédimentaires et sables	Biomasse (en 1 000 tonnes)	2 493 208	1 366	2 202	0	2 496 776
	Biomasse par ha (en tonnes/ha)	296	1,0	0,8	0	196
	Erreur type relative de la biomasse par ha (en %)	5%	44%	34%		7%
5 Plaines sur roches métamorphiques	Biomasse (en 1 000 tonnes)	1 372 769	987	6 528	0	1 380 284
	Biomasse par ha (en tonnes/ha)	308	1,1	6,6	0	216
	Erreur type relative de la biomasse par ha (en %)	5%	49%	64%		7%
Congo	Biomasse (en 1 000 tonnes)	6 286 916	3 380	10 412	461	6 301 170
	Biomasse par ha (en tonnes/ha)	284	0,8	1,4	5,2	184
	Erreur type relative de la biomasse par ha (en %)	3%	25%	60%		3%

Notes:

Il peut y avoir des différences dans les estimations (par exemple sur le Congo, et par rapport à celles présentées dans le tome 2 qui ne prennent pas en compte la stratification) en fonction du niveau d'agrégation. Ces différences sont dues aux placettes n'ayant pu être inventoriées qui prennent des valeurs moyennes de

l'ensemble considéré. Ces différences sont pour la plupart mineures.

Les estimations de l'erreur type ont également été améliorées avec la stratification.

Les valeurs présentées dans le NERF soumis à la CCNUCC en 2017 sont légèrement différentes, certaines données de la base ayant été nettoyées.

Figure 7: Répartition de la biomasse totale (aérienne, souterraine et du bois mort) des arbres de diamètre ≥ 10 cm selon les strates (en 1 000 tonnes et en %)

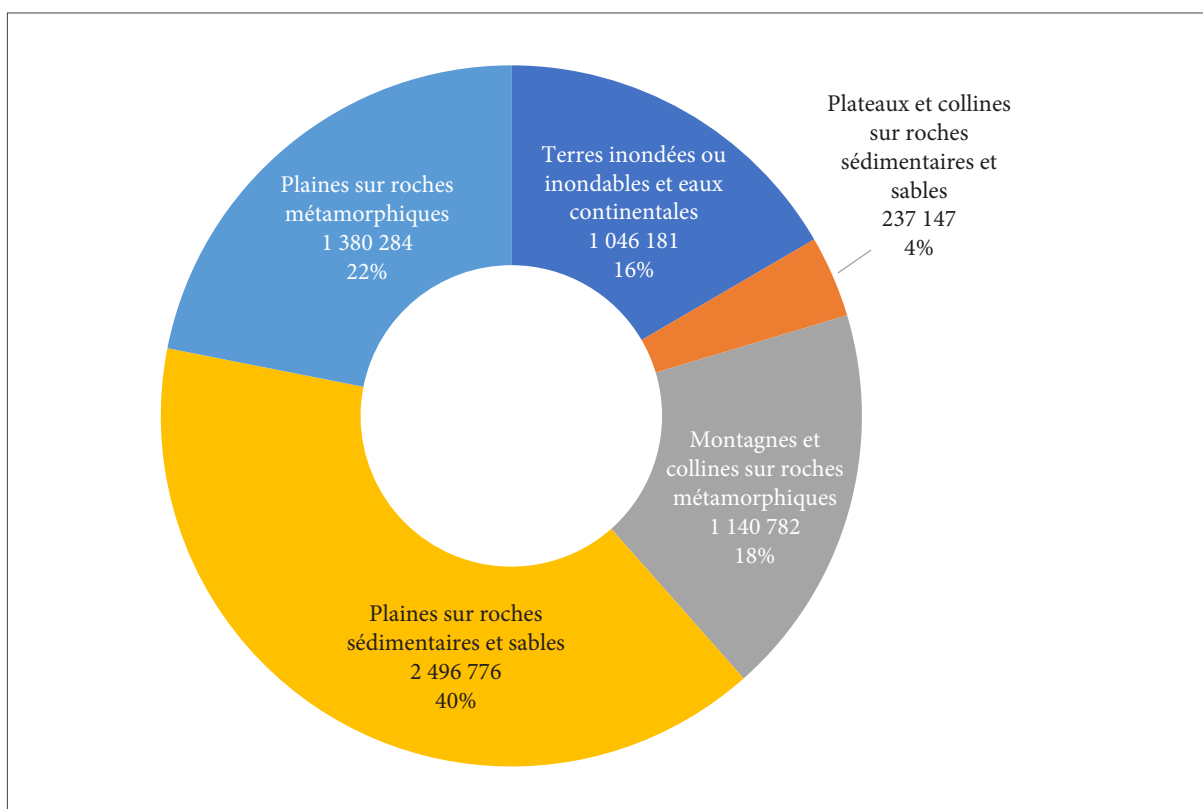


Tableau 5: Biomasse aérienne, souterraine, du bois mort et totale des arbres des forêts par strate

Strate	Estimation	Aérienne	Souterraine	Bois mort	Totale
1. Terres inondées ou inondables et eaux continentales	Biomasse totale (en 1 000 tonnes)	763 491	282 492	198	1 046 181
	Densité de biomasse par ha (en tonnes/ha)	181	67	0,0	247
	Erreur type relative de la densité (en %)	19%	19%	79%	15%
2. Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables	Biomasse totale (en 1 000 tonnes)	171 787	63 561	772	236 120
	Densité de biomasse par ha (en tonnes/ha)	136	50	0,6	187
	Erreur type relative de la densité (en %)	16%	16%	60%	12%
3. Montagnes et collines sur roches métamorphiques	Biomasse totale (en 1 000 tonnes)	830 380	307 241	1 017	1 138 638
	Densité de biomasse par ha (en tonnes/ha)	219	81	0,3	300
	Erreur type relative de la densité (en %)	9%	9%	45%	7%
4. Plaines sur roches sédimentaires et sables	Biomasse totale (en 1 000 tonnes)	1 813 724	671 078	8 406	2 493 208
	Densité de biomasse par ha (en tonnes/ha)	215	80	1,0	296
	Erreur type relative de la densité (en %)	6%	6%	32%	5%
5. Plaines sur roches métamorphiques	Biomasse totale (en 1 000 tonnes)	1 000 435	370 161	2 174	1 372 769
	Densité de biomasse par ha (en tonnes/ha)	225	83	0,5	308
	Erreur type relative de la densité (en %)	6%	6%	27%	5%
Congo	Biomasse totale (en 1 000 tonnes)	4 579 817	1 694 532	12 567	6 286 916
	Densité de biomasse par ha (en tonnes/ha)	207	77	0,6	284
	Erreur type relative de la densité (en %)	4,4%	4,4%	23,1%	3%



4.

Estimations du carbone des arbres des forêts suivant la stratification adoptée pour le NERF

Méthode de calcul du carbone des arbres

Le carbone est déduit de la biomasse et correspond à environ la moitié de celle-ci en considérant le carbone de la masse moléculaire du CO₂.

$$C = \text{Fraction de carbone dans la biomasse} \times \text{Biomasse de la matière sèche}$$

La fraction de carbone dans la biomasse de 0,49 est utilisée pour convertir la biomasse sèche en carbone

(Feldpausch *et al.* 2004; cité dans le tableau 4.3 GIEC, 2006 pour les bois tropicaux et subtropicaux).

Résultats des estimations du carbone forestier

Le Tableau 6 donne les estimations de carbone aérien, souterrain et du bois mort des arbres de plus de 10 cm de diamètre dans les forêts du Congo par strate.

Tableau 6: Carbone aérien, souterrain, du bois mort et total des arbres des forêts par strate du NERF

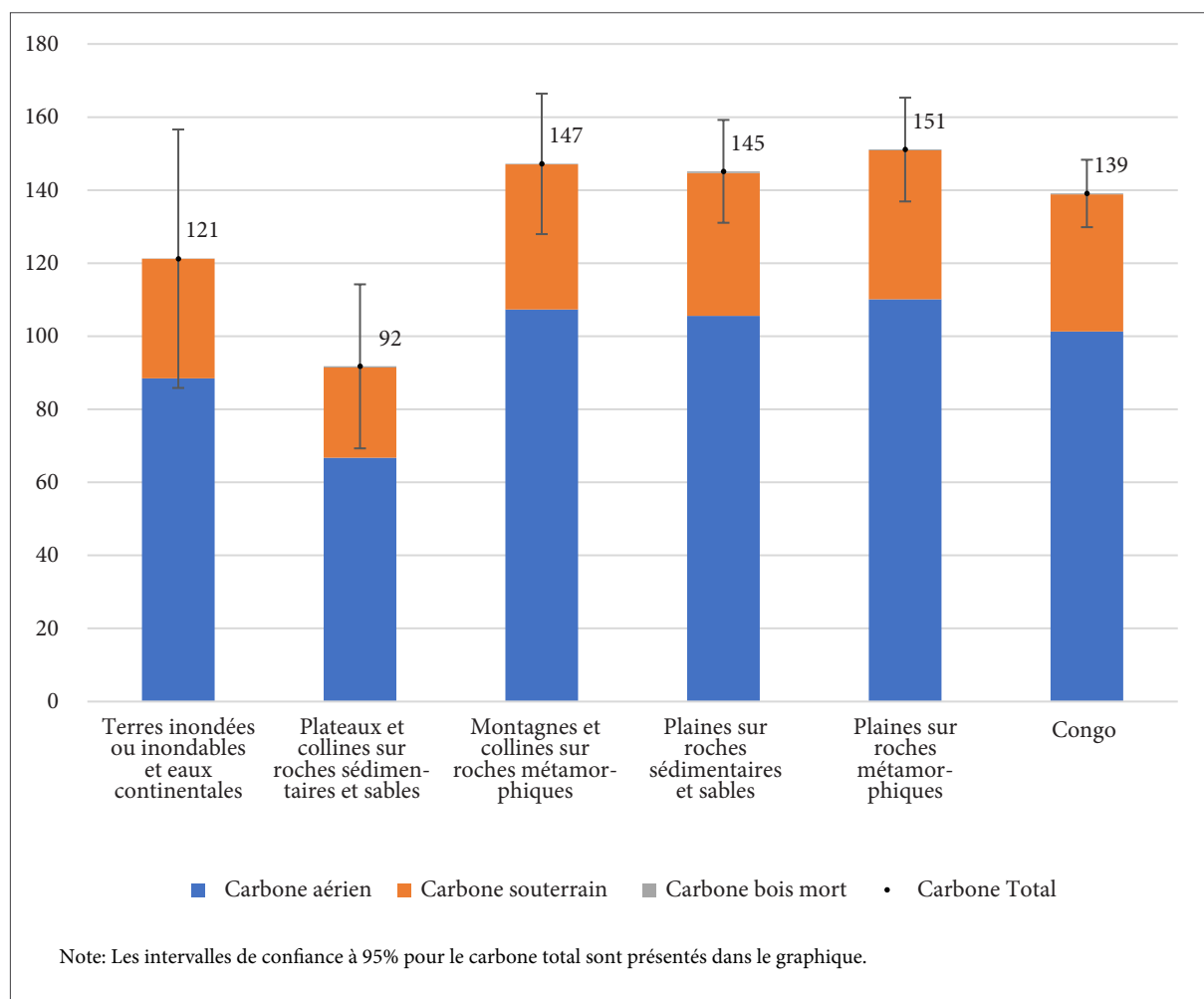
Strate	Estimation	Aérien	Souterrain	Bois mort	Total
1. Terres inondées ou inondables et eaux continentales	Carbone total (en 1 000 tonnes)	374 111	138 421	97	512 629
	Densité de carbone par ha (en tonnes/ha)	88	33	0,0	121
	Erreur type relative de la densité (en %)	19%	19%	79%	15%
2. Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables	Carbone total (en 1 000 tonnes)	84 176	31 145	378	115 699
	Densité de carbone par ha (en tonnes/ha)	67	25	0,3	92
	Erreur type relative de la densité (en %)	16%	16%	60%	12%
3. Montagnes et collines sur roches métamorphiques	Carbone total (en 1 000 tonnes)	406 886	150 548	499	557 933
	Densité de carbone par ha (en tonnes/ha)	107	40	0,1	147
	Erreur type relative de la densité (en %)	9%	9%	45%	7%
4. Plaines sur roches sédimentaires et sables	Carbone total (en 1 000 tonnes)	888 725	328 828	4 119	1 221 672
	Densité de carbone par ha (en tonnes/ha)	106	39	0,5	145
	Erreur type relative de la densité (en %)	6%	6%	32%	5%
5. Plaines sur roches métamorphiques	Carbone total (en 1 000 tonnes)	490 213	181 379	1 065	672 657
	Densité de carbone par ha (en tonnes/ha)	110	41	0,2	151
	Erreur type relative de la densité (en %)	6%	6%	27%	5%
Congo	Carbone total (en 1 000 tonnes)	2 244 110	830 321	6 158	3 080 589
	Densité de carbone par ha (en tonnes/ha)	101	37	0,3	139
	Erreur type relative de la densité (en %)	4%	4,4%	23,1%	3%

La densité de carbone moyenne pour les forêts congolaises est de 139 tonnes/ha. Cela signifie qu'en moyenne la perte de 1 ha de forêt engendre l'émission de 139 tonnes de carbone.

La densité de carbone des forêts de la strate «Plaines sur roches métamorphiques (151 tonnes/ha) est plus élevée que celle des autres strates. Cependant, si la strate des «Terres inondées ou inondables»

(strate 1) et celle des «Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables» (strate 2) ont des densités de carbone dans les forêts plus faibles par rapport au reste du pays (121 tonnes /ha pour la strate des terres inondées, 92 tonnes par ha pour la strate des plateaux), les autres strates ont des niveaux comparables de densité de carbone (entre 145 tonnes/ha et 151 tonnes/ha).

Figure 8: Densité de carbone (aérien, souterraine, du bois mort et total) des arbres par hectare de forêt par strate du NERF et pour le Congo (en tonnes/ha)



Comparaison avec la littérature existante

Le Tableau 7 donne des valeurs citées dans la littérature de densités de carbone utilisées pour le

bassin du Congo. La valeur de 101 tonnes/ha de carbone aérien estimée pour le Congo est une valeur alignée aux valeurs répertoriées pour la région qui sont assez variables en fonction de la zone d'étude.

Tableau 7: Exemples de valeurs de densité de carbone ou de biomasse dans la région

Source de vérification	Carbone dans la biomasse aérienne (en tonnes/ha)	Carbone total (en tonnes/ha)
Valeur adoptée pour le NERF (issue de l'IFN)	101 (67-110)	139 (67-151)
GIEC, 2003 – Afrique tropicale	152 (64-250)	
Saatchi <i>et al.</i> , 2011 – Congo	118	162
Zapfak <i>et al.</i> , 2013 – Libongo, Sud-Est Cameroun	88-124	
Pikounda Nord REDD+ VCS	149	
Bastin <i>et al.</i> , 2014 – RDC Mai-Ndombe	13-225	
IFN 2005 Cameroun (recalculé avec Chave 2014)	110 (70-126)	

Conclusion et recommandations

L'estimation des facteurs d'émissions pour le NERF du Congo a été développée en se basant sur les données de terrain de l'IFN.

L'IFN est un dispositif qui vise à être permanent pour assurer le suivi du couvert forestier à court, moyen et long terme. Il repose sur la collecte de données de terrain sur 1 800 parcelles permanentes réparties sur tout le territoire national et sur une classification de l'utilisation des terres et des types de forêt. Les données relevées sur le terrain ont été utilisées pour générer les estimations des densités de carbone dans les forêts dans la biomasse aérienne, souterraine et du bois mort, suivant la stratification adoptée pour le NERF. Cette stratification a été choisie pour dériver différents facteurs d'émission spécifiques par strate. Elle est basée sur des critères stables et découpe le pays en cinq grandes zones écologiques.

De par son caractère permanent, l'IFN au Congo devient non seulement un outil unique pour produire des facteurs d'émission spécifiques pour le pays et la sous-région Afrique centrale.

Au vu des possibilités d'exploitation importantes des données produites par l'IFN et des résultats sur les facteurs d'émission obtenus, les recommandations suivantes sont formulées:

- **recommandation 1:** capitaliser les résultats en encourageant les études spécifiques par les universitaires dans le cadre de mémoires d'étude ou de thèse pour les étudiants, ou des articles scientifiques pour les chercheurs;
- **recommandation 2:** entreprendre les démarches auprès de la CCNUCC pour réviser les facteurs d'émission par défaut, qui devrait passer de 200 tonnes/ha à 139 tonnes/ha pour la République du Congo.

Bibliographie

Altrell, D., Branthomme, A., Tavani, R. 2010. *Assessing growing stock and stock changes through multi-purpose national forest monitoring and assessment*. FAO Forest Resources Assessment Programme Working paper, Rome.

Antoine, S., Barrère, M. et Verbrugge, G. 1994. *La planète Terre entre nos mains. Guide pour la mise en œuvre des engagements du sommet de la planète Terre*. Ministère de l'environnement. La Documentation française, Paris.

Baccini, A., Goetz, S. J., Walker, W. S., Laporte, N. T., Sun, M., Sulla-Menashe, D., Hackler, J., Beck, P. S. A., Dubayah, R., Friedl, M. A., Samanta, S. et Houghton, R. A. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps, *Nature Climate Change*, 2(3): 182-5.

Bastin, J. F., Barbier, N., Couteron, P., Adams, B., Shapiro, A., Bogaert, J. et de Cannière, C. 2014. Aboveground biomass mapping of African forest mosaics using canopy texture analysis: toward a regional approach. *Ecological Applications*, 24: 1984-2001.

Billand A., Gourlet-Fleury, S. et Sarrailh J.-M. 2008. *Variation des paramètres carbone selon différents contextes d'exploitation*. Atelier COMIFAC, Paris.

Blanc, L., Echard, M., Herault, B., Bonal, D., Marcon, E., Chave, J. et Baraloto, C. 2009. Dynamics of aboveground carbon stocks in a selectively logged tropical forest. *Ecol. Appl.*, 19: 1397-404.

Branthomme, A. 2009. *Manuel pour le relevé intégré de données sur le terrain/Suivi et évaluation des ressources forestières nationales*. FAO, Rome.

Branthomme, A., Altrell, D. et Rodriguez, R. 2010. *Guides pour la saisie et la gestion des données avec l'application base des données NFMA*. FAO, Rome.

BRLI/CN-REDD. 2014. Étude de la spatialisation et de la pondération des causes de la déforestation et de la dégradation forestières et analyse des options stratégiques, proposées par le R-PP de la République du Congo. Brazzaville.

- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer. FAO Forestry Paper, 134, ISBN 92-5-103955-0.
- Brown, S., Pearson, T., Moore, N., Parveen, A., Ambagis, S. et Shoch, D. 2005. *Impact of Selective Logging on the Carbon Stock of Tropical Forests: Republic of Congo as a Case Study*. Winrock International, Virginia, p. 21.
- CCNUCC. 2013.AR-TOOL12 A/R Methodological tool: Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities Version 03.0
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. a, Chambers, J. Q., Eamus, D., Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99.
- Chave, J., Coomes, D. A., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G. et Zanne A. E. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12(4): 351–366.
- Chave, J., Réjou-Mechain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, C. M., Saldarriaga, J. G. et Vieilledent, G. 2014. Improved pantropical allometric models to estimate the above ground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20: 3177–90.
- CNIAF. 2015. Carte de changement du couvert forestier en République du Congo pour la période 2000–2012. Brazzaville.
- CNIAF. 2016. Résultats de l'Inventaire forestier national – volumes 1 et 2 (en cours d'élaboration). Brazzaville.
- CNIAF/MEFDD. 2005. Directives nationales d'aménagement durable des forêts naturelles du Congo. Brazzaville.
- CNIAF/MEFDD. 2015a. Carte des changements du couvert forestier de la République du Congo de 2000 à 2010, CN-REDD/Programme ONU-REDD. Brazzaville.
- CNIAF/MEFDD. 2015b. Résultats des calculs pour déterminer la biomasse, le carbone et les facteurs d'émission de l'Inventaire forestier national (IFN) en République du Congo. Brazzaville.
- CNIAF-FAO. 2010. *Inventaire forestier national du Congo. Manuel de terrain, version 8*. Brazzaville.
- CN-REDD/Congo. 2011. Proposition pour la préparation à la REDD+ (RPP) République du Congo. Version finale. Brazzaville.
- CN-REDD/Congo. 2014a. Rapport d'étude sur la consommation du bois-énergie en République du Congo. Brazzaville.
- CN-REDD/Congo. 2014b. Rapport général de l'atelier national sur la définition «forêt» dans le contexte de la REDD+ en République du Congo dans le cadre du processus REDD+. Brazzaville.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling Techniques*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Dorisca, S., Durrieu de Madron, L., Fontez, B., Giraud, A., Riera, B. (2011). Établissement d'équations entre le diamètre et le volume total de bois des arbres, adaptées au Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*, 308 (2), 87–95.

- Dubois, K et Dubois, B. 1992. *Marketing Management*. PubliUnion, Paris, 7e édition.
- FAO. 1998. FRA 2000, Termes et Définitions. <http://www.fao.org/docrep/007/ae217f/ae217f00.htm#TopOfPage>
- FAO. 2009. National Forest Monitoring and Assessment – Field Manual for integrated Field Data Collection. NFMA working paper. 37 E/F/S/P/R. Rome.
- FAO. 2010. Évaluation des ressources forestières mondiales: Résultats principaux. Rome.
- FAO/FRA. 2010. *Rapport national sur l'évaluation des ressources forestières mondiales*. Rome.
- Fayolle, A., Doucet, J.-L., Gillet, J.-F., Bourland, N., Lejeune, P. 2013. Tree allometry in central Africa: testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management*, 305 (2013), pp. 29–37.
- Feldpausch, T. R., M. A. Rondon, E. C. M. Fernandes, S. J. Riha, and E. Wandelli, 2004: Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecol. Appl.*, 14, S164–S176.
- E.J. Fittkau, H. Klinge. 1973. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*, 1973, 5 (1): 2–14.
- Frye, C.-D. 2008. Microsoft, Excel 2007 – Étape par Étape. Microsoft Press, Paris.
- GFOI. 2013. Integrating remote-sensing and ground-based observations for estimation of emissions and removals of greenhouse gases in forests: Methods and Guidance from the Global Forest Observations Initiative: Pub: Group on Earth Observations, Geneva, Switzerland, 2014.
- GIEC. 2003. Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. Publié par l'Institute for Global Environmental Strategies (IGES) pour le GIEC.
- Gourlet-Fleury, S., Mortier, F., Fayolle, A., Baya, F., Ouédraogo, D., Bénédet, F. et Picard, N. 2013. Tropical forest recovery from logging: a 24 year silvicultural experiment from Central Africa. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 368(1625): 20120302.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O. et Townshend, J. R. G. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." *Science*, 342: 850–53. Data available on-line from: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.
- Hellriegel, D. et Slocum, J.-W. 2006. *Management des organisations*. De Boeck, Paris, 2e édition.
- Henry, M., Besnard, A., Asante, W. A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M. et Saint-André, L. 2010. "Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa," *For Ecol Manage*, 260(8): 1375–88.
- Kabala, D.-M. 1994. *Protection des écosystèmes et développement des sociétés/État d'urgence pour l'Afrique*. L'Harmattan, Paris.
- LeXUS AGRIC. 2014. Rapport d'activités 2014, République du Congo.

Medjimbe, V. P., Putz, F. E., Starkey, M. P., Ndouna, A. A. et Memiaghe, H. R. 2011. Impacts of selective logging on above-ground forest biomass in the Monts de Cristal in Gabon. *For Ecol Manage*, 262(9): 1799-806.

MEPAI. 2012. Ministère de l'économie, du plan, de l'aménagement du territoire et de l'intégration. Plan national de développement – Document de stratégie pour la croissance, l'emploi et la réduction de la pauvreté (DSCERP) 2012-2016. Brazzaville.

Mpati, B. 2005. *Atelier de recyclage de l'unité technique (UT) du Centre national d'inventaire et d'aménagement des ressources forestières et fauniques (CNIAF)*. Brazzaville.

Mpati, B. 2006a. Atelier de concertation nationale sur les besoins en informations d'évaluations des ressources forestières nationales. FAO/MEFE, Brazzaville.

Mpati, B. 2006b. *Développement de l'approche nationale d'évaluation et de suivi des ressources forestières et planification effective du Projet TCP/PRC/3101 (A)*. FAO/MEFE, Brazzaville.

Mpati, B. 2006c. *Rapport final de mise en œuvre du protocole d'accord FAO/MEFE; PRC/30.919 «Appui au programme d'évaluation des ressources forestières nationales»*. FAO/MEFE, Brazzaville.

Mpati, B. 2006d. *Situation des capacités nationales en matière d'évaluation des ressources forestières nationales et les besoins de formation, de recyclage et de renforcement des capacités du CNIAF/FAO*. FAO/MEFE, Brazzaville.

Mpati, B., Branthomme, A., Saket, E., Attrell, D. et Rodriguez, R. 2010. Inventaire forestier national: Manuel de terrain, Version 8. FAO, Rome.

Ngomanda, A., Engone Obiang, N. L., Lebamba, J., Moundounga Mavouroulou, Q., Gomat, H., Mankou, G. S., Loumeto, J., Midoko Iponga, D., Kossi Ditsouga, F., Zinga Koumba, R., Botsika Bobé, K. H., Mikala Okouyi, C., Nyangadouma, R., Lépengué, N., Mbatchi, B. et Picard, N. 2014. Site-specific versus pantropical allometric equations: which option to estimate the biomass of a moist central African forest? *For Ecol Manage*, 312: 1-9.

Olivier, M., Cabot, P. et Loison, P. 2001. *Larousse Dictionnaire compact français/anglais; anglais/Français*. Larousse, Paris.

Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C.E. et Wulder, M. A. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148: 42-57.

Olson, D., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N., Powell, G., Underwood, E., D'amico, J., Itoua, I., Strand, H., Morrison, J., Loucks, G., Allnutt, T., Ricketts, T., Kura, Y., Lamoreux, J., Wettengel, W., Hedao, P. et Kassem, K. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11): 933-8.

OSFAC, 2012. Forêts d'Afrique centrale évaluées par télédétection (FACET), 2010. Étendue et perte du couvert forestier en République du Congo de 2000 à 2010. Publié par l'université d'État du Dakota du Sud, Brookings, Dakota du Sud, États-Unis d'Amérique.

Picard, N., Gourlet-Fleury, S. et Forni, É. 2012. Estimating damage from selective logging and implications for tropical forest management. *Can. J. For. Res.*, 42: 605-13.

Rutishauser, E., Wagner, F., Herault, B., Nicolini, E. A. et Blanc, L. 2010. Contrasting above-ground biomass balance in a Neotropical rain forest. *Jour. Vege. Science*, 21: 672-82.

Saatchi, S. S., Harris, N. L., Brown, S., Lefsky M., Mitchard, E. T. A., Salas, W., Zutta, B. R., Buermann, W., Lewis, S. L., Hagen, S., Petrova, S., White, L., Silman, M. et Morel, A. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents." *PNAS*, 108(24): 9899-904.

Sayre, R., Dangermond, J., Frye, C., Vaughan, R., Aniello, P., Breyer, S., Cribbs, D., Hopkins, D., Nauman, R., Derrenbacher, W., Wright, D., Brown, C., Convis, C., Smith, J., Benson, L., VanSistine, D. P., Warner, H., Cress, J., Danielson J., Hamann, S., Cecere, T., Reddy, A., Burton, D., Grosse, A., True, D., Metzger, M., Hartmann, J., Moosdorf, N., Dürr, H., Paganini, M., DeFourny, P., Arino, O., Maynard, S., Anderson, M. et Comer, P. 2014. A New Map of Global Ecological Land Units – An Ecophysiographic Stratification Approach. Washington, DC: Association of American Geographers.

Tailfer, Y. 1989. *La forêt dense d'Afrique centrale/Identification pratique des principaux arbres/Tome 2: Approche botanique et systématique*. Agence de coopération culturelle et technique, Wageningen, Pays-Bas.

UNFCCC, 2015. Clean Development mechanism, AR-TOOL12 -A/R Methodological tool/ Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities. Version 03.1.

Vivien, J. et Faure, J.-J. 1985. *Arbres des forêts d'Afrique centrale*. Ministère des relations extérieures, coopération et développement, Agence de coopération culturelle et technique, Paris.

White, L. J.T. 1994. The effects of commercial mechanised selective logging on a transect in lowland rainforest in the Lopé Reserve, Gabon. *J. Trop. Ecol.*, 10(3): 313-22.

Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C. et Chave, J. 2009. *Global Wood Density Database*. <http://datadryad.org/resource/doi:10.5061/dryad.234>

Zapfack, L., Noumi, N. et Zemagho, L. 2013. Deforestation and carbon stocks in the surroundings of Lobéké National Park (Cameroon) in the Congo Basin. *Environ Nat Resour Res.*, 3(2): 78.

Zöhner, F. 1980. *Forstinventur; Ein leitfaden für Studium und praxis*. Parey, Hamburg, Berlin.

Zöhner, F. et Forster, H. 1987. *Inventaires forestiers nationaux pour les pays en voie de développement*. Deutsche Forstinventur-service GmbH, Munich.

Annexes

CLASSIFICATION ET DÉFINITIONS DES CLASSES DE L'UTILISATION DES TERRES / TYPES DE FORÊT UTILISÉES POUR L'IFN DU CONGO

Les tableaux ci-dessous donnent les classes d'utilisation des terres / types de forêt adoptées pour l'IFN, leur code et leur définition.

Tableau 8: Classification de l'utilisation des terres utilisée pour l'IFN au Congo

Classes	Code
Forêts	
Forêt naturelle	
Forêt naturelle sur terre ferme	
Forêt dense	
Forêt dense primaire	FDP
Forêt dense secondaire jeune	FDSj
Forêt dense secondaire adulte	FDSa
Forêt-galerie	
Forêt-galerie primaire	FGP
Forêt-galerie secondaire jeune	FGSj
Forêt-galerie secondaire adulte	FGSa
Forêt ouverte ou claire	FOC
Autres forêts sur terre ferme (bambou...)	FA
Forêt naturelle sur sols hydromorphes	
Forêt inondable ou marécageuse	
Forêt inondable ou marécageuse primaire	FMP
Forêt inondable ou marécageuse secondaire jeune	FMSj
Forêt inondable ou marécageuse secondaire adulte	FMSa
Raphiales	FRA
Forêts plantées	
Plantation de résineux	FPR
Plantation de feuillus	FPF
Autres terres boisées	
Formation arbustive (couverture d'arbres < 10% et arbustes ≥ 10%)	AR
Savane arborée (couverture d'arbres 5% à 10%)	SA

Classes	Code
Autres terres	
Naturelles	
Sol dénudé	SD
Végétation herbeuse	VH
Prairie marécageuse ou inondable	PM
Cultivées	
Cultures annuelles	CA
Cultures pérennes	CP
Jachère	JA
Terrains bâtis	
Urbain ou rural...	TB
Routes	RT
Eaux continentales	
Rivière/fleuve	RV
Étang/lac	EL
Inconnu	INC
Hors du pays/Océan	OUT

Tableau 9: Définitions des classes d'utilisation des terres / types de forêt

Catégories	Définition
Superficie totale	Superficie totale (du pays), comprenant les eaux continentales, mais non les eaux territoriales maritimes.
Forêt	Terres avec un couvert arboré (ou densité relative équivalente) supérieur à 10 pour cent et occupant une superficie de plus de 0,5 hectare. Les arbres doivent être capables d'atteindre une hauteur minimale de 5 m à maturité <i>in situ</i>. Il s'agit soit de formations forestières fermées, où les arbres de différents étages et le sous-bois couvrent une grande partie du sol, soit de formations forestières ouvertes avec un couvert végétal continu dans lesquelles le couvert arboré excède 10 pour cent. Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations établies à des fins forestières, qui n'ont pas encore atteint une densité de couvert de 10 pour cent ou une hauteur de 5 m, sont inclus dans la catégorie des forêts, de même que les zones faisant normalement partie de la zone forestière qui ont été temporairement déboisées à la suite d'interventions humaines ou de causes naturelles, mais qui doivent retourner à la forêt. Sont inclus: les pépinières forestières et les vergers à graines qui font partie intégrante des forêts; les routes forestières, les chemins d'exploitation, les pare-feu et les autres petites zones ouvertes au sein de la forêt; les forêts des parcs nationaux, des réserves naturelles et d'autres aires protégées comme celles présentant un intérêt scientifique, historique, culturel ou spirituel particulier; les brise-vent et les rideaux-abris arborés ayant une superficie supérieure à 0,5 ha et une largeur de plus de 20 m; les plantations établies principalement à des fins forestières, y compris les plantations d'hévéas et les peuplements de chêne-liège. Sont exclues: les terres utilisées principalement pour des pratiques agricoles.
Forêt naturelle	
Forêt naturelle dense sur terre ferme	Forêt dense humide sur terre ferme: Formations forestières denses pluri strates. La strate supérieure est généralement composée des grands arbres aux cimes jointives formant une couverture continue mais avec des zones parfois étendues, de couvert plus clair et discontinu. Noter que la couverture arborée dans les forêts denses est supérieure à 40% (c.a. ≥ 40%)

Catégories	Définition
Forêt Naturelle dense sur terre ferme primaire:	C'est une forêt dense humide sur terre ferme où l'action de l'homme ne s'est manifestement pas exercée depuis un temps indéchiffrable.
Forêt naturelle dense sur terre ferme secondaire	C'est une forêt dense humide sur terre ferme où l'action de l'homme s'est manifestée à une époque plus ou moins récente, avec des arbres dont la hauteur est inférieure à 20mètres. On distingue deux types: • Le recrû forestier, jeune forêt, installée sur des parties de forêt dense anciennement défrichées et cultivées. La strate est de hauteur moyenne, au couvert fermé où dominant les gaulis et les perchis d'essences diverses (<i>Trema</i>, <i>Harungana</i>, <i>Macaranga</i>, <i>Alchornea</i>, <i>Rauwolfia</i>, <i>Vernonia</i>, <i>Musanga</i>, <i>Terminalia</i>, <i>Pychnanthus</i>, <i>Fagara</i>, <i>Triplochiton</i>, <i>Ricinodendron</i>, etc.). • Les parasoleraies à peuplement pur ou presque pur des parasoliers (<i>Musanga cecropioides</i>). Les cimes sont jointives, forme une couverture fermée, homogène d'une hauteur moyenne de 15 à 20 m, que dominant parfois des cimes bien développées de quelques grands arbres caractérisant d'anciennes cultures. Le parasolier est l'espèce pionnière qui apparaît sur les défrichements culturels abandonnés, les anciens villages, en forêt dense sur chablis et jalonnent bien les sentiers importants.
Forêt dense humide sur terre ferme Secondaire jeune	C'est une forêt dense humide sur terre ferme secondaire où l'action de l'homme s'est manifestée à une époque plus ou moins récente avec des arbres dont la hauteur est inférieure à 20 mètres.
Forêt dense humide sur terre ferme Secondaire adulte	C'est une forêt dense humide sur terre ferme secondaire où l'action de l'homme s'est manifestée à une époque plus ou moins récente avec des arbres dont la hauteur est supérieure à 20 mètres. Forêt secondaire haute, où la voûte (strate dominante), encore plus ou moins discontinue, tend progressivement à se fermer, isolant un micro climat interne de plus en plus individualisé et un sous-bois de moins en moins éclairé. Les plantes héliophiles des stades antérieurs disparaissent. Les espèces (arborescentes, arbustives, herbacées) de la forêt primitive deviennent de plus en plus nombreuses. Le sous-bois encore très dense, atteste la nature secondaire de la formation; il renferme des arbustes sarmenteux, des grandes herbacées telles que (<i>Marantacées</i>, <i>Palisota</i>) et parfois des survivants des stades précédents tels que (<i>Macaranga hurifolia</i>, qui peuvent atteindre plusieurs mètres avant d'être éliminé.
Forêt galerie sur terre ferme	Forêts se trouvant le long des cours d'eau dans les milieux soudano-guinéens, soudanais et sahéliens. La frange de forêt est généralement étroite et peut atteindre jusqu' à 500 mètres largeur. Le couvert est fermé. Dans les forêts de galerie sur terre ferme primaire, les essences forestières de forêts secondaires dominent celles des forêts primaires. Des galeries forestières naturelles se trouvent au bord de l'eau. Comme dans les clairières, un fort éclaircissement atteint le sol; mais ici de façon semi permanente. Ces conditions notamment le long des berges, permettent le développement de nombreuses espèces ayant envahi les milieux secondarisés et des plusieurs autres également associées aux clairières. Ces forêts généralement coincées entre la savane et la rive sont de largeur variable et d'une très grande valeur écologique liée aux écotones forêt – savane et forêt – rivière.
Forêt galerie sur terre ferme primaire	Ce sont des forêts de galerie sur terre ferme primaire (les essences forestières de forêts secondaires dominent celles des forêts primaires où l'action de l'homme ne s'est manifestement pas exercée depuis un temps indéchiffrable.

Catégories	Définition
Forêt galerie sur terre ferme secondaire	Ce sont des forêts de galerie sur terre ferme secondaire (les essences forestières de forêts secondaires dominent celles des forêts primaires) où on remarque l'exploitation des essences forestières primaires avec quelques spécimens restants. On distingue deux types: - Le recrû forestier, jeune forêt installée sur des parties de forêt dense anciennement défrichées et cultivées. La strate est de hauteur moyenne, au couvert fermé où dominent les gaulis et les perchis d'essences diverses (<i>Trema</i>, <i>Harungana</i>, <i>Macaranga</i>, <i>Alchornea</i>, <i>Rauwolfia</i>, <i>Vernonia</i>, <i>Musanga</i>, <i>Terminalia</i>, <i>Pychnanthus</i>, <i>Fagara</i>, <i>Triplochiton</i>, <i>Ricinodendron</i>, etc.). - Les parasoleraies à peuplement pur ou presque pur des parasoliers (<i>Musanga cecropioides</i>). Les cimes sont jointives, forment une couverture fermée, homogène d'une hauteur moyenne de 15 à 20 m, que dominent parfois des cimes bien développées de quelques grands arbres caractérisant d'anciennes cultures. Le parasolier est l'espèce pionnière qui apparaît sur les défrichements culturels abandonnés, les anciens villages, en forêt dense sur chablis et jalonnent bien les sentiers importants.
Forêt galerie sur terre ferme secondaire jeune	Ce sont des forêts de galerie sur terre ferme secondaire où la hauteur des essences forestières secondaires est inférieure à 20 mètres.
Forêt galerie sur terre ferme secondaire adulte	C'est une forêt galerie sur terre ferme secondaire où la hauteur des essences forestières secondaires est supérieure à 20 mètres.
Forêt ouverte ou Claire sur terre ferme	Forêts ouvertes ou claires: couverture arborée entre 10 et 40%.
Autres forêts sur terre ferme:	Ce sont les forêts qui poussent sur des terres fermes et n'appartiennent pas aux classes citées ci-dessus. (par exemple les espèces arborescentes des familles des palmiers, bambou, ...)
Forêt naturelle sur sols hydromorphes	
Forêt inondable ou marécageuse	Forêt sur sol marécageux ou hydromorphe. La forêt peut-être inondée en permanence ou temporairement.
Raphiales	Formation de raphiales.
Forêts plantées sur terre ferme	Peuplements forestiers établis par plantation et/ou semis dans un processus de boisement ou de reboisement. Ils se composent soit: - d'espèces introduites (peuplements plantés); - de peuplements d'espèces indigènes soumis à un aménagement intensif et obéissant aux critères suivants: une ou deux espèces plantées, de classe équienne, avec un espacement régulier.
Forêt plantée en résineux	C'est une forêt plantée en utilisant des espèces résineuses (pin...).
Forêt plantée en feuillus	C'est une forêt plantée en utilisant des espèces feuillus (<i>milicia</i> , <i>eucalyptus</i> ...).
Autres terres boisées	Terres avec soit un couvert (ou densité relative équivalente) de 5 à 10 pour cent d'arbres capables d'atteindre au moins 5 m de hauteur à maturité; soit un couvert (ou densité relative équivalente) de plus de 10 pour cent d'arbres incapable d'atteindre une hauteur de 5 m à maturité; soit un couvert de plus de 10 pour cent d'arbustes ou d'arbrisseaux.
Formation arbustive	Types de végétation où les éléments ligneux qui prédominent sont les arbustes, à savoir des plantes pérennes ligneuses dont la hauteur à maturité est généralement comprise entre 0,5 et 5 m et sans couronne bien définie. Les limites de hauteur des arbres et des arbustes doivent être interprétées avec souplesse, en particulier la hauteur minimale des arbres et la hauteur maximale des arbustes qui peuvent varier entre 5 et 7 m environ. Noter que dans ces formations la couverture arborée est inférieure à 10% et la couverture arbustive est supérieure à 10%.
Savane arborée (couvert 5–<10%)	Terres dont les arbres couvrent de 5 à 10 pour cent de la superficie au sol et sont capables d'atteindre une hauteur d'au moins 5 m à maturité.
Autres terres	Terres non classées comme forêt ou autres terres boisées, ainsi que décrites cidessus. Inclut terres agricoles, prairies et pâturages, zones construites, terres stériles, etc.

Catégories	Définition
Naturel	Terres non classées comme forêt ou autres terres boisées et qui ne se sont pas mises en valeur par l'homme.
Sol dénudé	Sol dénudé tels que les déserts, les rochers...
Végétation herbeuse	Formation végétale où les arbres sont absents (couverture arborée inférieure à 5% et couverture arbustive est inférieure à 10%): prairies naturelles, savanes herbeuses,...
Prairie marécageuse ou inondable	Formation végétale où les arbres sont absents (couverture arborée inférieure à 5% et couverture arbustive est inférieure à 10%) inondée en permanence ou temporairement.
Terres cultivées	Terres non classées comme forêt ou autres terres boisées et qui sont mises en valeur par l'homme pour l'agriculture ou le pâturage.
Cultures annuelles	Terrains cultivés dominés par la présence de cultures annuelles.
Cultures pérennes	Terrains cultivés dominés par la présence de cultures pérennes.
Jachère	Comprend les jachères dont le cycle est court et la végétation ligneuse n'atteindra pas une hauteur de 5 mètres. Note: Les jachères dont la longueur du cycle permet / permettra à la forêt de se reconstituer sont classées comme forêts.
Terrains bâtis	Terrains construits en zone urbaine ou rurale.
Urbain ou Rural	Terrain utilisé par l'homme pour la construction: construction, habitation, terrain du sport...
Route	Routes.
Eaux continentales	Superficie occupée par les principaux lacs, réservoirs et rivières.
Rivières / fleuves	
Etangs / lacs	
Hors du pays / Océan	

DÉTAILS DES CLASSES DE SAYRE ET AL. (2014) REGROUPEES POUR COMPOSER LA STRATIFICATION ADOPTÉE POUR LE NIVEAU DE RÉFÉRENCE

Strate	ELU_code	ELU_class	SUPERFICIE
Terres inondées / inondables + eaux continentales	55	Hot Wet Plains on Unconsolidated Sediment with Swampy or Often Flooded	921917
	57	Hot Wet Plains on Metamorphic Rock with Swampy or Often Flooded	70421
	59	Hot Wet Hills on Metamorphic Rock with Swampy or Often Flooded	30802
	6	Water body	16088
	56	Hot Wet Hills on Unconsolidated Sediment with Swampy or Often Flooded	10043
	60	Hot Wet Mountains on Metamorphic Rock with Swampy or Often Flooded	1125
	61	Hot Wet Hills on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Swampy or Often Flooded	447
	58	Hot Wet Plains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Swampy or Often Flooded	258
	63	Hot Wet Mountains on Unconsolidated Sediment with Swampy or Often Flooded	190
	64	Hot Wet Mountains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Swampy or Often Flooded	11
Plateaux et collines sur roches sédimentaires et sables	11	Hot Wet Hills on Unconsolidated Sediment with Grassland, Shrub, or Scrub	603804
	43	Hot Wet Hills on Unconsolidated Sediment with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	195177
	12	Hot Wet Mountains on Unconsolidated Sediment with Grassland, Shrub, or Scrub	17491
	37	Hot Wet Hills on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	4262
	13	Hot Wet Hills on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	3233
	2	Artificial or Urban Area	2002
	44	Hot Wet Mountains on Unconsolidated Sediment with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	1974
	28	Hot Wet Hills on Unconsolidated Sediment with Mostly Deciduous Forest	
	16	Hot Wet Mountains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	129
	47	Hot Wet Mountains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	111
	23	Hot Wet Hills on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Cropland	76
	27	Hot Wet Mountains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Cropland	11
	24	Hot Wet Mountains on Unconsolidated Sediment with Mostly Cropland	7
	22	Hot Wet Hills on Unconsolidated Sediment with Mostly Cropland	1

Strate	ELU_code	ELU_class	SUPERFICIE
Montagnes et collines sur roches métamorphiques	40	Hot Wet Hills on Metamorphic Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	624720
	8	Hot Wet Hills on Metamorphic Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	281438
	39	Hot Wet Mountains on Metamorphic Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	9250
	14	Hot Wet Mountains on Metamorphic Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	4399
	31	Hot Wet Hills on Metamorphic Rock with Mostly Deciduous Forest	1470
	33	Hot Wet Mountains on Metamorphic Rock with Mostly Deciduous Forest	82
Plaines sur roches sédimentaires et sables	41	Hot Wet Plains on Unconsolidated Sediment with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	1520709
	7	Hot Wet Plains on Unconsolidated Sediment with Grassland, Shrub, or Scrub	827246
	38	Hot Wet Plains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	6852
	9	Hot Wet Plains on Non-Carbonate Sedimentary Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	2743
	18	Hot Wet Plains on Carbonate Sedimentary Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	836
	29	Hot Wet Plains on Unconsolidated Sediment with Mostly Deciduous Forest	191
	48	Hot Wet Plains on Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	188
	15	Hot Wet Hills on Carbonate Sedimentary Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	131
	1	Hot Wet Plains on Unconsolidated Sediment with Bare Area	29
	42	Hot Wet Hills on Carbonate Sedimentary Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	20
Plaines sur roches métamorphiques	45	Hot Wet Plains on Metamorphic Rock with Mostly Needleleaf/Evergreen Forest	743278
	10	Hot Wet Plains on Metamorphic Rock with Grassland, Shrub, or Scrub	444594
	34	Hot Wet Plains on Metamorphic Rock with Mostly Deciduous Forest	470

Avec l'appui technique de



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture



GRUPE DE LA BANQUE AFRICAINE
DE DÉVELOPPEMENT

P R O G R A M M E
ONU-REDD



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture



ONU 
programme pour
l'environnement

Contacts

Équipe REDD+ / Suivi national des forêts

Division forestière

Email: FAO-Reddplus-Info@fao.org

Site web: <http://www.fao.org/redd>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Cette publication a été rendue possible grâce au soutien du Danemark, du Japon,
du Luxembourg, de la Norvège, de l'Espagne, de la Suisse et de l'Union européenne.

