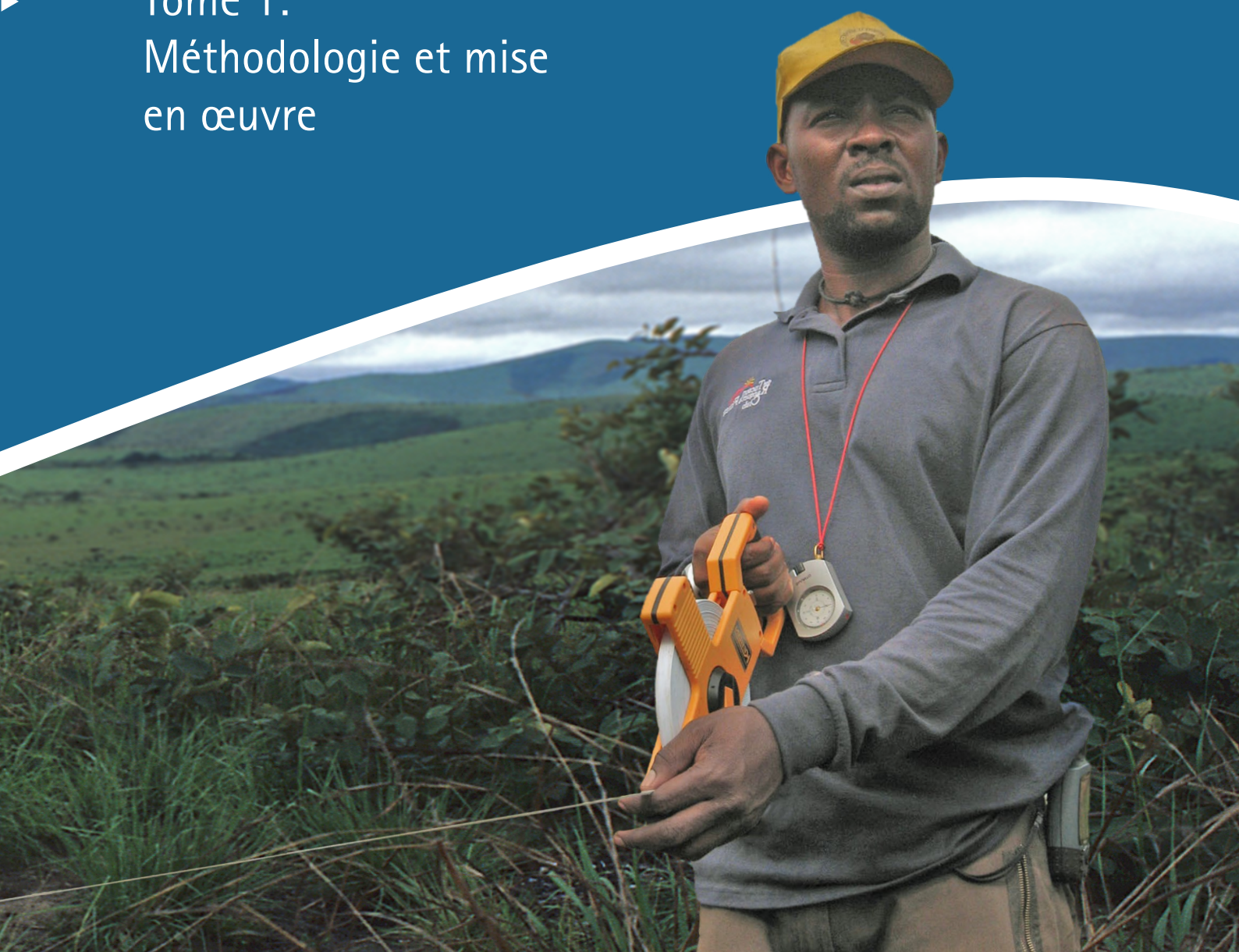




République du Congo
MINISTÈRE DE L'ECONOMIE FORESTIÈRE

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

► Tome 1:
Méthodologie et mise
en œuvre





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

Tome 1 : Méthodologie et mise en œuvre

République du Congo

Brazzaville, 2020

République du Congo, 2020. *Inventaire forestier national multiresource de la République du Congo 2009-2014*. Tome 1: Méthodologie et mise en oeuvre, Brazzaville

Sommaire

Liste des sigles, acronymes et abréviations	ix
Avant-propos	xi
Résumé exécutif	xiii

Introduction	1
--------------	---

1. Méthodologie de l'IFN	5
Développement de la méthodologie de l'inventaire	5
Approche adoptée	5
Ateliers nationaux de concertation sur le développement méthodologique	6
Définition des objectifs de l'IFN multiressources	6
Plan d'échantillonnage	6
Description d'une unité d'échantillonnage	7
Classification des types de forêts et de l'utilisation des terres	10
Un système de classification harmonisé et dichotomique	10
Définitions des classes d'utilisation des terres / types de forêt	12
Variables inventoriées	15
Manuel et fiches de terrain	15

2. Organisation et travaux préparatoires de l'IFN	17
Mobilisation des ressources financières	17
Arrangements institutionnels et organigramme	18
Mobilisation des ressources humaines	20
Mobilisation du matériel de terrain	20
Formations et renforcement des capacités techniques	21
 3. Collecte des données sur le terrain	 23
Processus de collecte des données sur le terrain	23
Planification des travaux de terrain	27
Campagnes de relevés des données	27
Taux de réalisation de la collecte de données	28
Contrôle et assurance qualité de la collecte des données	28
 4. Gestion et traitement des données	 31
Saisie des données collectées sur le terrain	32
Base de données	32
Processus de saisie des données	33
Saisie des données dans l'application	33
Contrôle de la saisie des données	34
Archivage des fiches de terrain	34
Validation et nettoyage des données saisies	35
Vérification de l'exhaustivité et des doublons	35
Priorisation des variables à nettoyer	35
Détection des erreurs	36
Ajout de la classe d'utilisation des terres sur les UE, placettes ou SUT non inventoriées	37
Nettoyage de la base de données	38
Elaboration d'une liste des erreurs potentielles identifiées	

dans la base de données pour les variables prioritaires	38
Détection des erreurs sur les superficies et les SUT	39
Détection des erreurs sur les mesures des arbres	39
Exploration de la cohérence entre les SUT modifiées et les variables environnementales et socioéconomiques	42
Recherche des informations correctes sur les fiches de terrain	42
Prise en compte des corrections dans la base de données	42
Requêtes action de MS Access	42
Utilisation de Scripts R	43

5. Calcul et présentation des résultats de l'IFN 45

Prétraitement des données	45
Calcul des superficies par classe d'utilisation des terres et types de forêt	47
Effectifs des arbres vivants	47
Volume sur pied	48
Biomasse	48
Estimation de la biomasse aérienne	48
Estimation de la biomasse souterraine	49
Estimation de la biomasse du bois mort	49
Estimation de la biomasse totale	50
Carbone	50
Utilisations et utilisateurs des ressources forestières (forêt et arbres hors forêt)	50
Analyse statistique	50
Présentation des résultats	51
Tableaux	51
Graphiques	51
Cartes	51
Valorisation et diffusion des résultats	52
Supports papiers	52
Supports numériques	52
Portail	52

Conclusion 54

Bibliographie 56

Annexes 62

1. Matrice d'identification des besoins en information
(résultat des concertations avec les acteurs du secteur) 63
2. Requêtes de sélection utilisées pour la validation et l'identification
d'erreurs potentielles dans la base de données 64
3. Script R pour l'identification de données aberrantes:
relation diamètre-hauteur 66
4. Script R pour l'analyse spatiale des placettes de l'IFN 67
5. Exemples de requêtes et scripts utilisés pour la correction
de la base de données 70
6. Exemples de requêtes et scripts utilisés pour le prétraitement des
données 72
7. Formules statistiques pour les estimateurs par le ratio 75
8. Fonctions statistiques (non biaisées) 78
9. Utilisation du classeur de calcul Excel pour la production des
résultats statistiques 79

Liste des tableaux

- | | |
|---|----|
| Tableau 1. Localisation et orientation des placettes dans l'UE | 8 |
| Tableau 2: Spécifications des différentes unités de relevés | 9 |
| Tableau 3: Classification de l'utilisation des terres utilisée pour l'IFN au Congo | 11 |
| Tableau 4: Définitions des classes d'utilisation des terres / types de forêt | 12 |
| Tableau 5: Classement des variables prioritaires à nettoyer | 36 |
| Tableau 6: Effectifs des arbres de diamètre ≥ 10 cm par classes globales
au Congo en 2012 | 51 |

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'inventaire forestier national	10
Figure 4: Organisation de l'IFN – Organigramme	19
Figure 5: Étapes du travail de terrain	26
Figure 6: Différentes étapes conduisant au traitement et à l'analyse des données d'inventaire	32
Figure 7: Interface utilisation de la base de données	33
Figure 8: Interface de saisie de la fiche F1-Tract dans la base de données	34
Figure 9: Vue des UE et placettes à partir de Google Earth	37
Figure 10: Renseignement des SUT à partir de l'application Collect Earth	38
Figure 11: Détection des arbres avec une relation hauteur-diamètre aberrante	40
Figure 12: Emplacement des arbres dans les SUT pour chaque placette et chaque UE de l'IFN	41
Figure 13: Étapes du traitement et de l'analyse statistiques des données	46
Figure 14: Représentation cartographique des placettes et des données d'arbres: exemple de résultats des données de l'IFN	53
Figure 15: Fiche de calcul «superficie» utilisée pour les analyses statistiques	79
Figure 16: Fiche de calcul «Variables» utilisée pour les analyses statistiques	80

Liste des cartes

Carte 1: Plan d'échantillonnage adopté pour l'IFN	7
Carte 2: Taux de réalisation de la collecte des données	27

Liste des sigles, acronymes et abréviations

BAD	Banque africaine de développement
CNIAF	Centre national d'inventaire et d'aménagement des ressources forestières et fauniques
dhp	Diamètre à hauteur de poitrine
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)
FFBC	Fonds forestier du bassin du Congo
FRA	<i>Global Forest Resources Assessment</i> (Évaluation des ressources forestières mondiales)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Système de positionnement global)
ha	Hectare
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IFN	Inventaire forestier national
MDP	Mécanisme pour un développement propre

NFMA	<i>National Forest Monitoring and Assessment</i> (Suivi et évaluation des ressources forestières nationales)
ONG	Organisation non gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
PCT	Projet de coopération technique
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
SIG	Système d'information géographique
SPC	Sous-placette circulaire
SPR	Sous-placette rectangulaire
SUT	Section d'utilisation des terres
TCP	<i>Technical Cooperation Programme</i> (PCR: programme de coopération technique)
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



Résumé exécutif

L'inventaire forestier national multiressource (IFN) de la République du Congo vise à apporter une information actualisée au niveau national sur le statut des ressources forestières et des arbres hors forêt. Cette information doit permettre une gestion et une utilisation durables des ressources en arbres et forêts, un contrôle plus actif des facteurs de dégradation de l'environnement en général et une meilleure contribution du secteur forestier au développement socio-économique du pays. L'IFN doit en effet contribuer à redéfinir les politiques et les stratégies nationales sur la base d'une meilleure connaissance des ressources et de leur évolution, et suivant une approche participative impliquant les acteurs des différents secteurs économiques.

Le premier IFN du Congo a été développé et 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.

La mise en place de ce premier IFN a abouti à :

- établir une base consensuelle nationale sur l'approche et la méthodologie d'évaluation des ressources en arbres et forêts au Congo;
- renforcer les capacités notamment du Centre National d'Inventaire et d'Aménagement des Ressources Forestière et Faunique (CNIAF) mais aussi d'un vivier de jeunes à peine sortis des études en matière de collecte, traitement, analyse et gestion des données sur les forêts, les arbres hors forêts et l'environnement;
- évaluer les ressources en arbres et forêts dans l'ensemble du pays et mettre en place un système de suivi à long terme de ces ressources.

Pour arriver à ces résultats il a fallu planifier l'IFN, mettre en place son organisation, mobiliser les ressources humaines et matérielles nécessaires, développer une méthodologie d'inventaire adaptée aux besoins en informations du pays, former le personnel en charge de la collecte et l'analyse des données, collecter, stocker et analyser les données sur les arbres et les forêts sur l'ensemble du pays.

La mise en œuvre du projet a bénéficié d'un processus participatif et de l'intervention d'un Comité de pilotage, de l'assistance technique de la FAO et du programme ONU-REDD, d'un panel d'experts nationaux

multidisciplinaires, d'équipes de terrain de collecte des données, et de l'appui remarquable des autorités locales, des populations locales et des comités de village.

Le processus de l'IFN s'est révélé innovateur et efficace dans la méthodologie utilisée. L'approche d'inventaire repose sur un dispositif d'échantillonnage national et sur des placettes permanentes sur lesquelles sont collectées des données tant biophysiques que socio-économiques. Les données primaires ont été relevées au cours de plusieurs missions de terrain effectuées entre 2007 et 2014 en fonction de la disponibilité des financements nationaux et internationaux.

Une base des données spécifique a été mise en place, pour générer des informations essentielles sur le couvert forestier et les ressources à partir d'environ 110 variables biophysiques et socioéconomiques prises en compte. Les procédés d'analyse des données ont fourni des résultats qui permettent une analyse du statut des ressources forestières, de leurs utilisations et utilisateurs.

Tout au cours du projet, l'accent a été mis sur la formation dans les différents domaines de l'évaluation forestière: une centaine de personnes ont été formées en collecte des données et techniques d'inventaire forestier. Des formations ont également été organisées sur l'utilisation de la base de données pour la saisie, l'analyse et le traitement des données.

L'analyse des données apporte des résultats sur l'ensemble du pays, à l'exception de la zone de tourbière qui n'a pu être inventoriée pour des questions budgétaires et logistiques. Il conviendra de compléter l'inventaire pour couvrir ces zones qui constituent un réservoir de carbone unique et qui ont aussi une fonction environnementale essentielle.

La mise en œuvre du premier IFN multiressource de la République du Congo a permis d'acquérir l'expérience et d'aller vers l'établissement d'un système de suivi permanent des ressources forestières nationales et des terres du pays.



Africa, Republic of the Congo - Renovation of agricultural and forestry research in the Democratic Republic of the Congo
©FAO/Giulio Napolitano

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 multiressource (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. La connaissance des écosystèmes forestiers congolais par les autorités est très partielle et ne permet 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 hors forêts. Ainsi l'information

forestière dont disposait le Congo avait une utilité limitée pour les décideurs politiques au niveau national.

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 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 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 peut 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.

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.

Le présent document de «Méthodologie et mise en œuvre de l'IFN» fait partie d'un ensemble de documents de résultats de l'IFN, et capitalise les méthodes, outils et procédures adoptés tout au long du processus de l'inventaire. Il est structuré autour de quatre chapitres:

- le chapitre 1 présente la méthodologie de l'inventaire et décrit ses objectifs principaux;
- le chapitre 2 fait la synthèse des travaux préparatoires de l'inventaire en passant par l'organisation et les arrangements institutionnels, la mobilisation des ressources financières, humaines et matérielles, la formation du personnel;
- le chapitre 3 décrit les relevés de terrain et le contrôle qualité de la collecte des données;
- le chapitre 4 aborde la gestion et le traitement des données. Après avoir présenté la base de données conçue pour gérer les données d'inventaire, il décrit le processus de saisie, de validation et de nettoyage des données, et souligne les précautions à prendre pour s'assurer de la qualité des données;
- le chapitre 5 traite du calcul des indicateurs et de la valorisation des résultats de l'IFN.





1. Méthodologie de l'IFN

Développement de la méthodologie de l'inventaire

APPROCHE ADOPTÉE

La base de la méthodologie de l'inventaire forestier national 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 socioéconomiques. 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.

ATELIERS NATIONAUX DE CONCERTATION SUR LE DÉVELOPPEMENT MÉTHODOLOGIQUE

Trois ateliers nationaux ont été organisés dans le cadre de la première phase de l'IFN pour élaborer l'approche méthodologique de l'IFN, définir les objectifs et la portée de l'IFN ainsi que les variables clés à considérer :

- un atelier national d'information et de concertation regroupant des représentants de l'ensemble du spectre des acteurs et partenaires (populations, société civile, associations et organisations non gouvernementales [ONG], institutions étatiques, partenaires de coopération) concernés par la gestion des forêts, arbres hors forêt et problèmes environnementaux; cet atelier visait à identifier les besoins en informations sur les ressources forestières nationales; il a eu lieu du 10 au 20 Avril 2006 et a rassemblé 93 participants, le résultat de cette consultation est présenté en annexe 1;
- un atelier national, regroupant des spécialistes en inventaire forestier, pour développer l'approche et la méthode d'évaluation et de suivi des ressources forestières; cet atelier a été réalisé en juin 2006 et a rassemblé 40 participants environ des ministères concernés, d'ONG, du secteur privé, de la recherche;
- un atelier de travail pour définir l'étendue de l'information à produire d'une évaluation nationale des ressources forestières et finaliser la liste nationale des variables biophysiques et socioéconomiques sur les ressources forestières, les arbres hors forêt et la biodiversité; l'atelier a été réalisé du 14 au 21 Novembre 2006 et a rassemblé 40 personnes des ministères concernés, d'ONG, du secteur privé, de la recherche.

DÉFINITION DES OBJECTIFS DE L'IFN MULTIRESSOURCE

L'évaluation des ressources en forêts et en arbres au Congo vise à apporter de nouvelles informations,

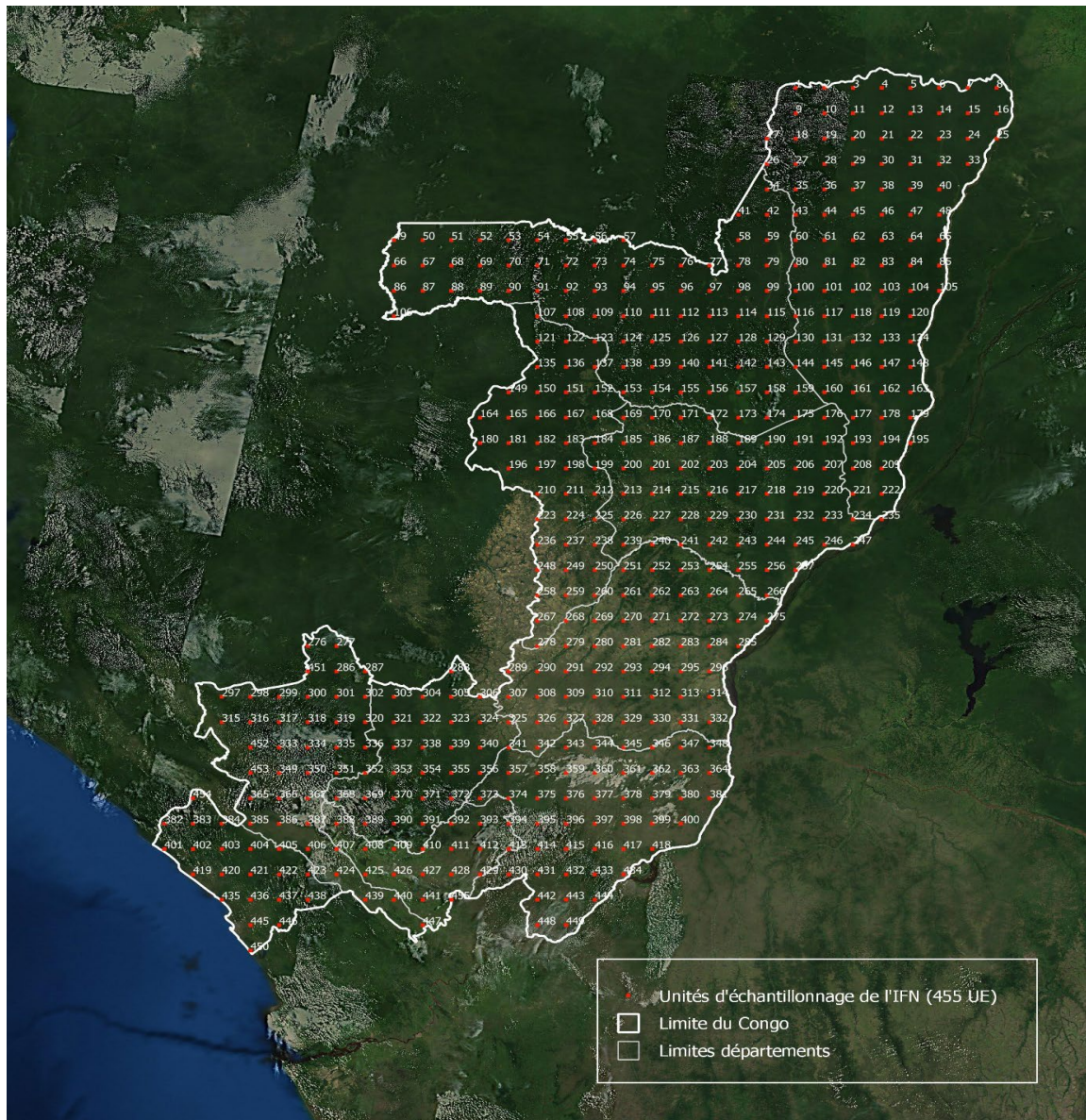
à la fois quantitatives et qualitatives, sur le statut des ressources forestières et des arbres ainsi que sur leur utilisation, leur gestion et leur évolution. L'inventaire forestier national au Congo couvre l'ensemble du pays pour apporter des informations non seulement sur les forêts mais aussi sur 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 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 et synthétisés dans l'annexe 1.

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).

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



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

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

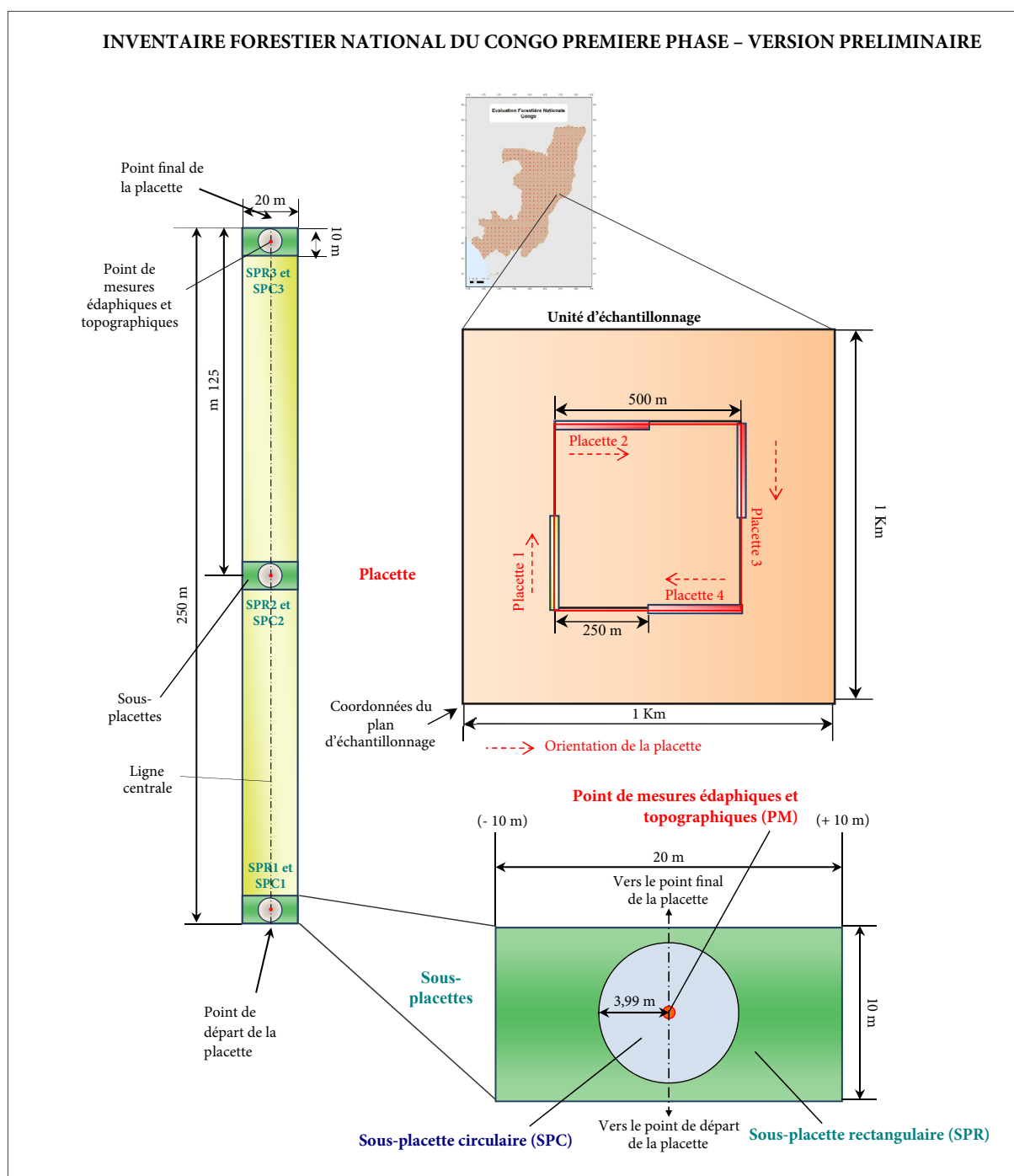
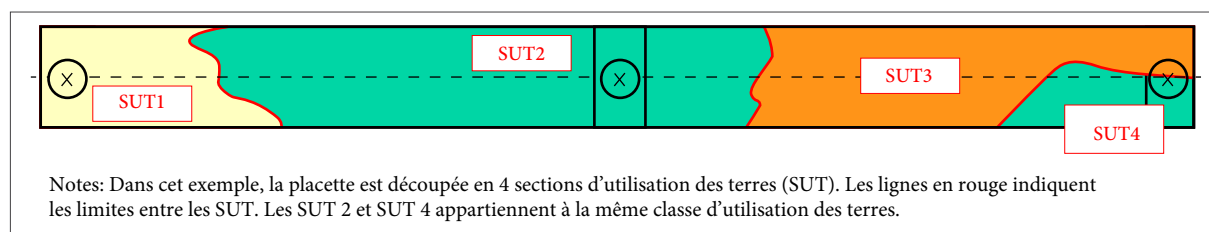


Figure 2: Exemple de répartition de Sections d'utilisation des terres (SUT) à l'intérieur d'une placette



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 x 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 sous-placettes 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 sous-placette. 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.

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 $r = 3,99 \text{ m}$ (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

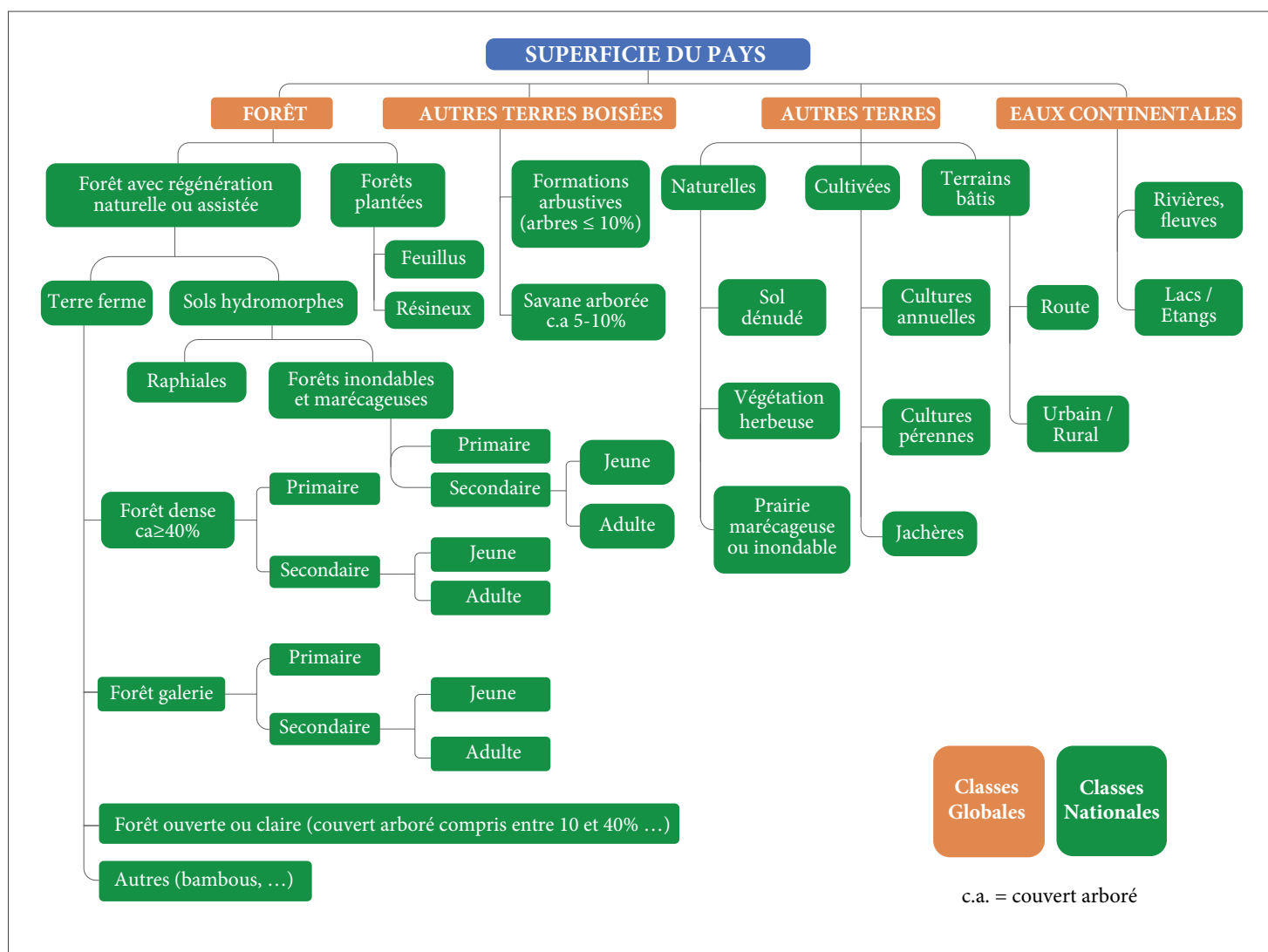
UN SYSTÈME DE CLASSIFICATION HARMONISÉ ET DICHOTOMIQUE

La classification utilisée pour définir l'utilisation des terres (tableau 3 et 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;
 - un niveau de classification plus spécifique, formé des classes additionnelles, destiné à prendre en compte les nécessités nationales et sous-nationales.
- les forêts;
 - les autres terres boisées;
 - les autres terres;
 - les eaux continentales.

Les classes globales ont été développées dans le cadre du programme d'Évaluation des ressources forestières mondiales de la FAO (FRA) et sont décrites en détail dans le document de travail *FRA 2000, Termes et Définitions* (FAO, 1998). Les définitions établies permettent d'harmoniser au niveau mondial les évaluations forestières nationales. La classification de base comprend les classes globales suivantes:

Figure 3: Schéma de classification de l'utilisation des terres pour l'inventaire forestier national



Le second niveau de classification inclut des classes plus détaillées, basées sur les classes globales de la FAO. Ces classes sont établies pour répondre au besoin spécifique du pays. La plupart d'entre elles peuvent être utilisées pour décrire les ressources forestières dans la majorité des pays.

Un code alphanumérique de un à quatre caractères a été attribué à chacune des classes pour faciliter la collecte et la saisie des données. Le premier caractère correspond au premier niveau de classification (classe mondiale).

Tableau 3: Classification de l'utilisation des terres utilisée pour l'IFN au Congo

Classes	Code
Forêts	
Forêt naturelle	
<i>Forêt naturelle sur terre ferme</i>	
<i>Forêt dense</i>	
Forêt dense primaire	FDP
Forêt dense secondaire jeune	FDSj
Forêt dense secondaire adulte	FDSa
<i>Forêt-galerie</i>	
Forêt-galerie primaire	FGP
Forêt-galerie secondaire jeune	FGSj
Forêt-galerie secondaire adulte	FGSa
<i>Forêt ouverte ou claire</i>	FOC
<i>Autres forêts sur terre ferme (bambou...)</i>	FA
<i>Forêt naturelle sur sols hydromorphes</i>	
<i>Forêt inondable ou marécageuse</i>	
Forêt inondable ou marécageuse primaire	FMP
Forêt inondable ou marécageuse secondaire jeune	FMSj
Forêt inondable ou marécageuse secondaire adulte	FMSa
<i>Raphiales</i>	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
Autres terres	
<i>Naturelles</i>	
Sol dénudé	SD
Végétation herbeuse	VH
Prairie marécageuse ou inondable	PM
<i>Cultivées</i>	
Cultures annuelles	CA
Cultures pérennes	CP
Jachère	JA
<i>Terrains bâtis</i>	
Urbain ou rural...	TB
Routes	RT
Eaux continentales	
Rivière/fleuve	RV
Étang/lac	EL
Inconnu	INC
Hors du pays/Océan	OUT

DÉFINITIONS DES CLASSES D'UTILISATION DES TERRES / TYPES DE FORÊT

Le tableau ci-dessous donne les définitions des classes d'utilisation des terres / types de forêt adoptées pour l'IFN.

Tableau 4: 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%)
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: 1. 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>Riciodendron</i>, etc.). 2. 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 20m, 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 20mètres

Catégories	Définition
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 20mètres. 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.
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: 1. 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.). 2. 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 20m, 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 hydromorphe	
Forêt inondable ou marécageuse	Forêt de sur sol marécageux ou hydromorphe. La forêt peut-être inondée en permanence ou temporairement
Raphiales	Formation de raphiales

Catégories	Définition
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, 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.
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 cultivées dominés par la présence de cultures annuelles
Cultures pérennes	Terrains cultivées 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	

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 (en annexe 1).

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 (CNIAF, FAO, 2010). Ce manuel précise le plan d'échantillonnage, les classifications d'utilisation des terres et décrit en détail les fiches de terrains. On peut s'y référer pour obtenir l'ensemble des variables collectées, leurs 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.





2.

Organisation et travaux préparatoires de l'IFN

Les travaux préparatoires ont porté sur la planification de l'IFN, la conception de la méthodologie et l'élaboration des fiches de collecte, la mobilisation des ressources financières, matérielles et humaines, les rencontres de concertation avec les acteurs clés, et les ateliers de renforcement de capacité des agents impliqués dans tout le processus de collecte et traitement des données de l'IFN.

Mobilisation des ressources financières

Le Gouvernement du Congo et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

(FAO) se sont accordés en 2005 pour la réalisation d'un programme d'appui à l'évaluation des ressources nationales et arbres hors forêt, sur la base tout d'abord d'un protocole d'accord et d'un Projet de coopération technique (PCT) qui ont permis de développer le cadre méthodologique de l'IFN, de former et renforcer les capacités des agents de l'unité technique du CNIAT et de terrain, et d'initier les travaux de terrain et d'analyse des données. Par la suite d'autres financements ont pu être mobilisés pour la mise en œuvre de l'IFN sur l'intégralité du pays.

Les principales sources de financement du premier IFN (2006-2014) proviennent:

- du Protocole d'accord entre la FAO et le Ministère en charge des forêts PR 30919 «Étude de faisabilité de l'appui à l'évaluation de ressources forestières nationales et arbres hors forêt» (50 000 dollars des États-Unis) d'août 2005 à février 2006; ce protocole a permis d'établir un diagnostic des données existantes, l'élaboration et l'adoption concertée de l'approche méthodologique, l'acquisition du matériel technique et la formation de l'Unité technique du CNIAF aux méthodes et outils d'inventaires;
- du Projet FAO TCP/PRC/3101 (A) «Appui à l'évaluation des ressources forestières nationales et arbres hors forêt» (196 339 dollars des États-Unis) de février 2006 à juillet 2007; ce projet a couvert la formation des chefs d'équipe de collecte des données, la production cartographique, le début de la collecte des données de terrain, le complément du matériel technique, la production des guides de collecte, de saisie des données et l'acquisition de la base des données;
- du Projet FAO TCP/PRC/3203 (D) «Appui à l'évaluation des ressources forestières nationales et arbres hors forêt-Phase II» de juillet 2010 à avril 2011 (99 000 dollars des États-Unis). Ce projet a permis la poursuite de la collecte des données, la formation d'une équipe de traitement et analyse des données, le traitement et l'analyse partiels des données et la production du rapport de la première phase de l'évaluation des ressources forestières nationales et arbres hors forêts;
- du Projet «Inventaire forestier national multiressource en vue de l'élaboration d'un plan d'affectation des terres au Congo», financé par le Fonds forestier du bassin du Congo (FFBC)/ Banque Africaine de Développement (BAD) (2 415 674 Euros), mis en œuvre de novembre 2011 à juin 2015; ce projet a couvert la collecte des données sur les deux tiers restant du pays, la cartographie d'occupation et d'utilisation des terres, la mise en place d'un

- système de suivi permanent des ressources;
- du programme national ONU-REDD qui a contribué en 2015 et 2016 au financement de la formation en traitement et analyse des données de l'IFN, ainsi qu'au traitement et analyse des données et à la rédaction des rapports des résultats de l'IFN;
- de la contribution financière nationale à une partie du matériel et des équipements ainsi qu'aux salaires du personnel local.

Arrangements institutionnels et organigramme

La conduite de l'IFN s'est appuyé sur un organigramme précis et des textes réglementaires régissant le flux d'informations. Ce modèle d'organisation pourra être reconduit périodiquement avec quelques ajustements éventuels pour s'adapter aux changements qui peuvent s'opérer dans le temps.

La Loi n°16-2000 du 20 novembre 2000 portant Code forestier mentionne l'inventaire forestier national dans deux de ses articles:

« Art.46.- 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.

Art.47.- Il est créé au sein de l'administration des eaux et forêts un service public chargé de réaliser les travaux d'inventaire national. Ce service élabore en outre des plans d'aménagement forestier sur toute l'étendue du territoire national. Les modalités de son organisation et de son fonctionnement sont fixées par décret pris en Conseil des ministres.

Toutefois, ces travaux peuvent être réalisés par des personnes physiques ou d'autres personnes morales, dans les conditions définies par voie réglementaire. »

Le Ministère en charge des forêts est responsable de l'IFN et sa mise en œuvre est confiée au CNIAF. La

participation de toutes les parties impliquées dans la gestion durable des écosystèmes forestiers au Congo, essentielle, est établie par le comité de pilotage et par l'implication des communautés locales dans la mise en œuvre de l'IFN. L'organigramme de l'IFN a été défini sur cinq niveaux (Figure 4) dont la base se situe au niveau local.

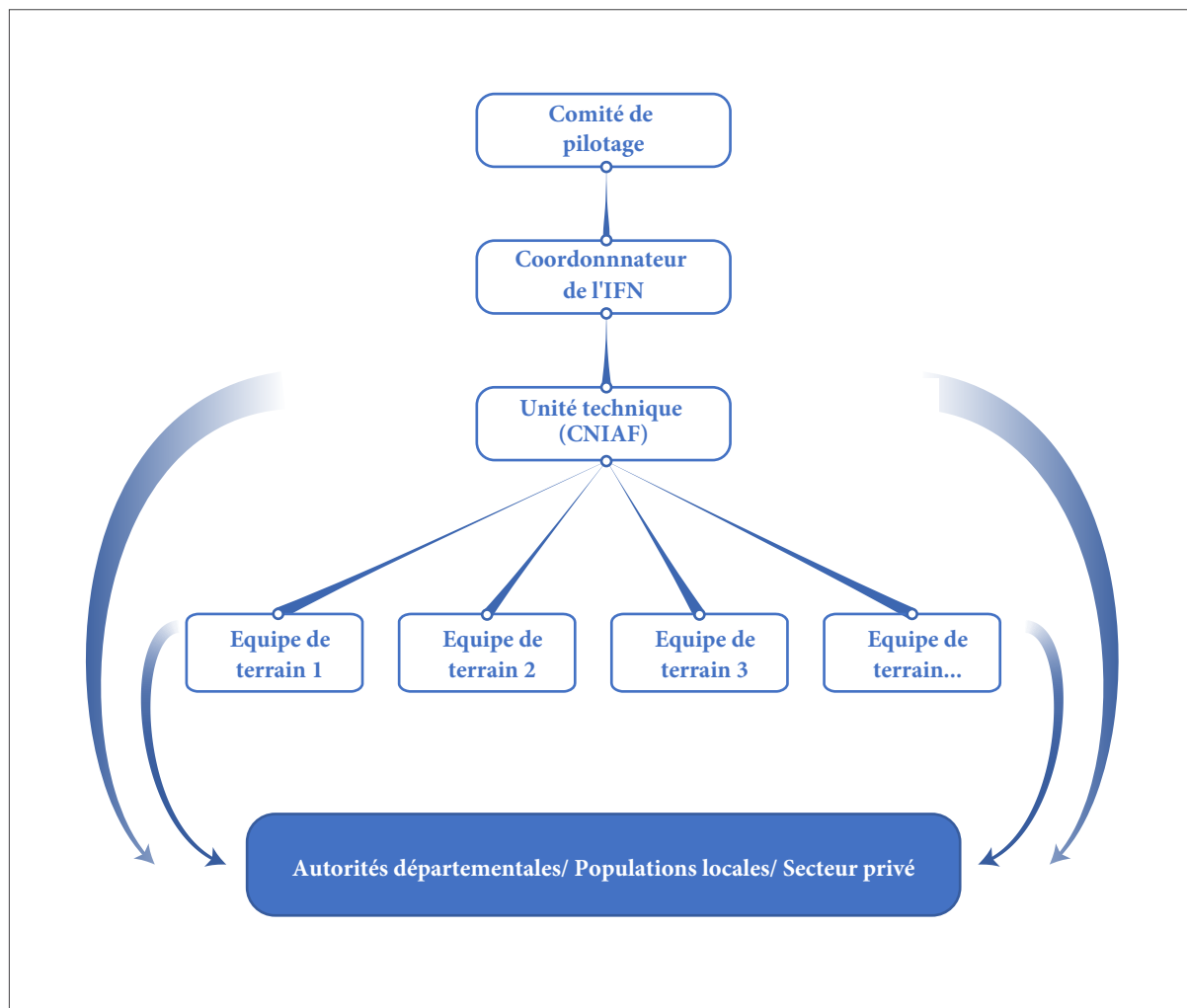
Le **comité de pilotage ou de gestion** est l'organe délibérateur. Il approuve et adopte les programmes d'activités, les budgets et les rapports y afférents. Il siège en début et fin d'exercice annuel. Il est composé des représentants de toutes les parties impliquées dans la gestion durable des écosystèmes forestiers.

Le **coordonnateur de l'IFN** représente l'interface du Gouvernement au sein de l'IFN. Il veille à la bonne marche des activités de l'IFN. Il répond au comité de pilotage sur toutes les questions du projet.

L'**unité technique de l'IFN**, placée au sein du CNIAF, veille à l'exécution du programme d'activités de l'IFN, à fournir l'assistance logistique et technique. Elle planifie et coordonne le travail de collecte et d'analyse des données.

L'IFN a également bénéficié de l'assistance technique de la FAO.

Figure 4: Organisation de l'IFN – Organigramme



Les **équipes de terrain collectent** les données biophysiques et socio-économiques sur le terrain. Elles sont composées d'un chef d'équipe, d'un adjoint au chef d'équipe (boussole), un compteur botaniste et faune, deux mesurateurs, de deux ouvriers/machetteurs/guides recrutés localement. Chaque membre de l'équipe a des attributions bien établies, de façon à optimiser le rendement de l'équipe et la qualité du travail. Le chef d'équipe est garant de la bonne collecte des données. Il organise l'équipe au quotidien et se charge du remplissage et du contrôle des fiches de collecte des données. Il rend compte au superviseur des travaux. L'adjoint au chef d'équipe se charge de certaines mesures (boussole et layonnage) et supplée au chef d'équipe dans le suivi de l'équipe. Le botaniste et les mesurateurs se chargent de l'identification et de mesurer les arbres. Les ouvriers-machetteurs aident à l'accès aux placettes, apportent des informations sur les populations locales et sur les environs.

Mobilisation des ressources humaines

Le Ministère de l'économie forestière n'ayant pas des effectifs de personnel suffisants pour la réalisation de la collecte des données, le projet a procédé par un appel aux diplômés sans emploi.

Un test a été organisé pour sélectionner 150 stagiaires répondant au profil forestier. Les personnes sélectionnées ont été formées suivant l'approche méthodologique de l'évaluation des ressources forestières nationales et arbres hors forêt. Ces stagiaires ont constitué les équipes de collecte des données de terrain. Ces équipes 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.

Mobilisation du matériel de terrain

La liste du matériel de terrain mobilisé pour chaque équipe est la suivante:

- véhicule;
- boussole (en degrés);
- GPS et piles;
- 2 rubans métriques de 10 m à 30 m;
- un ruban métrique de 50 m ou une corde métallique de 50 m et marquée tous les mètres;
- 2 rubans diamétriques ou compas forestiers;
- instrument de mesure des hauteurs des arbres et de la pente du terrain: dendromètre de Blume-Leiss ou autre dendromètre, clinomètre ou clisimètre (Suunto, relascope de Bitterlich...);
- plaques dendrométriques;
- ruban de couleur vive pour le marquage;
- baguettes de 50 cm en acier galvanisé pour le marquage des placettes;
- sacs imperméables pour la protection des instruments de mesure et des fiches;
- jumelles;
- appareil photographique;
- télémètre laser (recommandé);
- machettes;
- bottes et tenues imperméables;
- trousse de secours;
- radio ou téléphones portables (et cartes);
- cartes topographiques;
- chemises plastifiées;
- sous-main (planche) pour la prise de notes;
- fiches de collecte de données;
- manuel de terrain;
- feutres permanents et crayons;
- flore et liste des espèces (noms vernaculaires et scientifiques);
- panneau papier;
- lampe torche.

Formations et renforcement des capacités techniques

Trois sessions de formation sur les techniques et méthodologie de l'IFN ont été organisées, à savoir:

- une session de formation théorique et pratique de deux semaines en évaluation des ressources forestières, et l'analyse des données pour une équipe nationale composée de forestiers, d'aménagistes de territoire, d'agronomes, de spécialistes d'environnement, de zootechniciens, etc.;
- une formation théorique et pratique de deux semaines pour les équipes de terrain chargées de la collecte des données;
- une formation théorique et pratique de traitement et d'analyse des données de deux semaines pour les équipes techniques chargées de la base des données.

La formation s'est également poursuivie tout au long de la phase de terrain et d'analyse des données de l'IFN, dispensée par l'équipe de supervision, souvent accompagnée de consultants nationaux et internationaux de la FAO.





3.

Collecte des données sur le terrain

Avant d'aller sur le terrain pour la collecte des données, le personnel de l'IFN a reçu une formation sur les méthodologies, puis a été constitué en équipe et déployé sur le terrain.

Processus de collecte des données sur le terrain

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

riveraine, 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.



Localisation du
début de parcelle,
positionnement
du marqueur



Mesure des
diamètres des
arbres et autres
variables
biophysiques

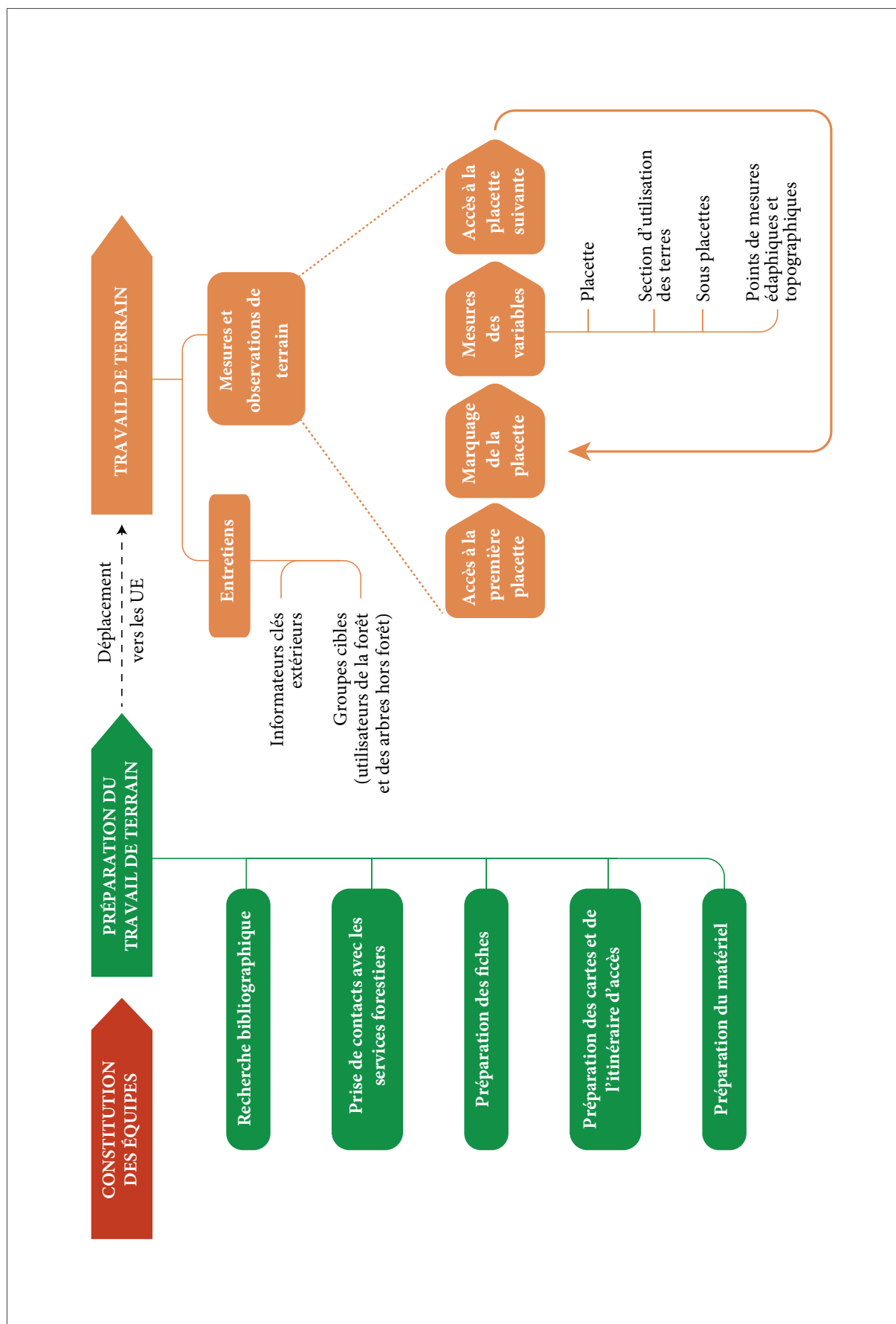
Mesure de l'axe
principal de
la placette
rectangulaire



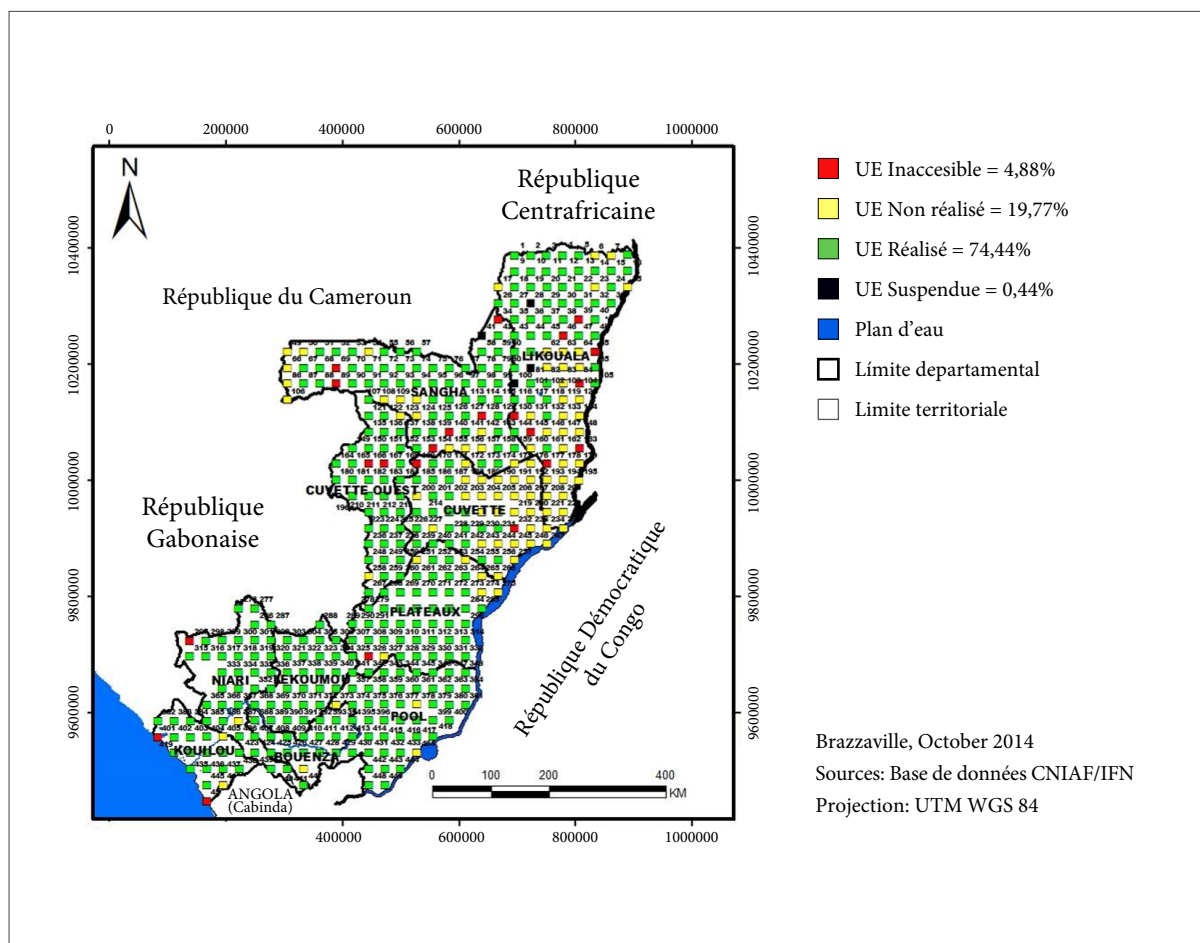
Interviews par groupe
cible (focus groupe)
pour récolter des
informations sur
l'utilisation et les
utilisateurs des
forêts et des
arbres hors forêt



Figure 5: Étapes du travail de terrain



Carte 2: Taux de réalisation de la collecte des données



Les étapes de terrain sont récapitulées dans le diagramme ci-dessous et détaillée dans le manuel d'inventaire de terrain de l'IFN.

Si la zone de l'unité échantillonnée est habitée, les équipes ont rencontré les personnes contactées préalablement et la population (représentant du village, services forestiers les plus proches, propriétaires ou/et personnes vivant dans la forêt). Dans certains cas, il a fallu demander l'autorisation d'accès dans les propriétés.

Planification des travaux de terrain

Les activités de planification ont été menées depuis le CNIAF qui a coordonné l'ensemble des travaux de collecte, analyse et valorisation des données.

Le travail logistique englobe la planification des campagnes de terrain pour toutes les équipes de terrain (sélection des UE affectées à chaque équipe), l'élaboration des cartes de terrain, l'achat et la distribution de matériels et d'outils, la planification de l'accès à l'unité d'échantillonnage, la préparation et la mise en œuvre des campagnes de sensibilisation auprès des populations locales et des autorités.

Campagnes de relevés des données

Les travaux de collecte de données sur le terrain se sont étalés en fonction de la disponibilité financière, et ont eu lieu en plusieurs phases:

- phase 1 (septembre –octobre 2007): 14 UE inventoriées; quelques UE expérimentales

ont été inventoriées en guise de test de la méthodologie et de formation sur le terrain. Ces essais ont notamment eu lieu dans le département de la Cuvette (3 UE) et du Pool (11 sur 46 UE);

- phase 2 (2009-2010): 116 UE inventoriées dans les départements de la Cuvette (18 sur 51 UE), de la Cuvette-Ouest (29 sur 40 UE), des Plateaux (39 sur 51 UE), du Pool (1 sur 46 UE), de la Lekoumou (2 sur 28 UE), du Kouilou et du Niari (15 sur 55 UE), de la Bouenza (12 sur 13 UE);
- phase 3 (2013-2014): 208 UE inventoriées sur le reste du pays.

Taux de réalisation de la collecte de données

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) (carte 2).

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.

Certaines UE n'ont pu être inventoriées (complètement ou partiellement) en raison de difficultés d'accès. En dehors des zones marécageuses et de tourbière qui représentent 78% des placettes non inventoriées, les difficultés principales d'accès étaient causées par les cours d'eau (17% des Sections d'utilisation des terres non inventoriées), la topographie (4%), et dans une moindre proportion par le refus du propriétaire (1%) ou par la présence d'une zone à accès restreint (0.4%).

Lorsque la classe d'utilisation des terres/ types de forêt n'a pas été relevées sur le terrain, la classe a été interprétées sur des images satellitaires par le biais de l'outil Open Forest Collect Earth. Ceci a

permis d'extrapoler certains résultats en fonction de la classe d'utilisation des terres lors de l'analyse des données.

La collecte des données de terrain a concerné 2 090 sections d'utilisation des terres sur lesquels les équipes ont procédé au remplissage de l'ensemble des fiches conçues et plus de 41 500 arbres. 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.

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). Les détails de ce travail de validation de la base de données sont donnés dans le chapitre suivant.

Outre la supervision des travaux de terrain et la

validation des fiches et de la base de données, il était prévu qu'une équipe indépendante effectue un remesurage de 5% à 10% des UE inventoriées, et ré-inventorie deux placettes sur les quatre de chaque UE à contrôler. Un certain nombre d'attributs devaient être ré-inventoriés ou vérifiés en particulier: la localisation de l'UE, le croquis d'accès à la première parcelle, l'emplacement du marqueur métallique; l'orientation de l'axe central de la placette; la largeur et longueur de la parcelle pour contrôler les arbres mesurés hors parcelle, le

nombre d'arbres et le nom des espèces, le diamètre des arbres à hauteur de poitrine (dhp), les hauteurs commerciales et totales des arbres, les superficies des sections d'utilisation des terres dont la somme ne doit pas excéder 5 000 m²; la qualité des enquêtes avec les groupes et utilisateurs de la forêt. Ce travail n'a en fin de compte pu être effectué que dans quelques UE, et la plupart des vérifications ont été effectuées par des requêtes sur la base de données.





A photograph showing three people in an office setting. A woman wearing a green headwrap and a green patterned top is seated on the left, looking towards the right. Two men are leaning over a desk on the right, looking at a laptop screen. One man is wearing a red and white striped shirt, and the other is wearing a dark suit. There are stacks of papers and a white cup on the desk. The background shows a potted plant and office chairs.

4.

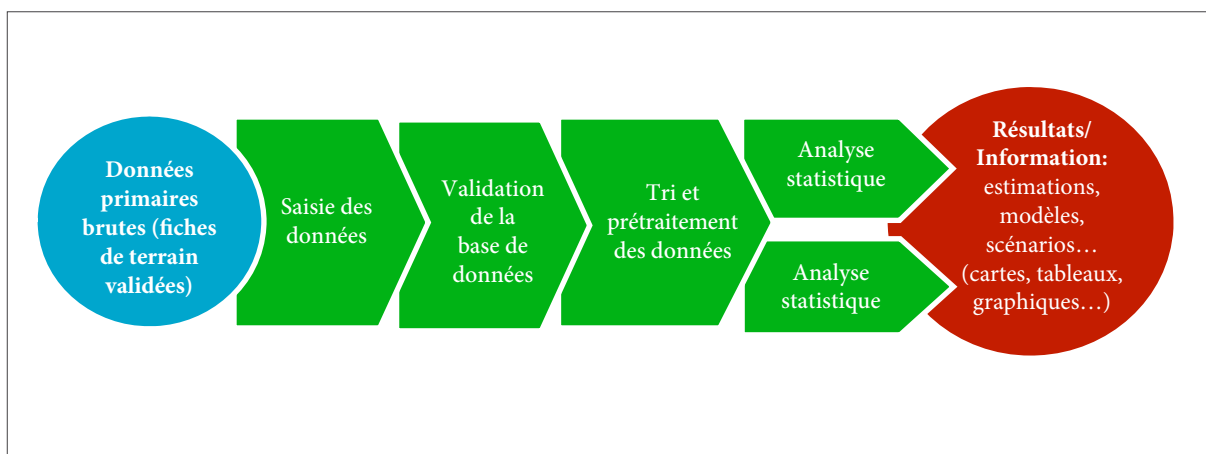
Gestion et traitement des données

Quelles que soient leurs sources, les données d'inventaire doivent d'abord être numérisées, validées et nettoyées (apurées) avant d'être analysées puis présentées aux utilisateurs. La procédure de traitement doit permettre d'atteindre les résultats escomptés en fonction des besoins spécifiques d'informations et de la méthodologie d'inventaire. Il est de ce fait important que le traitement des données soit considéré comme

faisant partie intégrante de l'inventaire depuis sa phase initiale de planification. Les coûts et la durée du traitement des données peuvent avoir un grand impact sur la conception, l'intensité du travail et le timing de l'inventaire.

La figure 6 présente les étapes conduisant au traitement et à l'analyse des données d'inventaire.

Figure 6: Différentes étapes conduisant au traitement et à l'analyse des données d'inventaire



Saisie des données collectées sur le terrain

Une fois les fiches de collecte revenues du terrain, la première opération à effectuer est leur centralisation au niveau du centre de saisie. Il est nécessaire de tenir un registre de réception des fiches pour s'assurer que toutes les fiches sont transmises par les chefs d'équipe. Ce registre mentionne la date de réception, le numéro de l'UE, le numéro de la placette, le nom de la fiche et le nombre de fiches réceptionnées. Il doit également être signé par celui qui reçoit les fiches et le chef d'équipe. Une fiche de réception est établie en deux exemplaires, dont une copie est remise au chef d'équipe.

Il est recommandé que la saisie des données soit effectuée le plus tôt possible après la collecte, et de ne pas attendre la fin de la collecte des données sur toutes les UE avant d'entamer la saisie de données. Pour faciliter l'encodage des données, une base de données relationnelle a été développée pour servir à la saisie des informations.

BASE DE 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

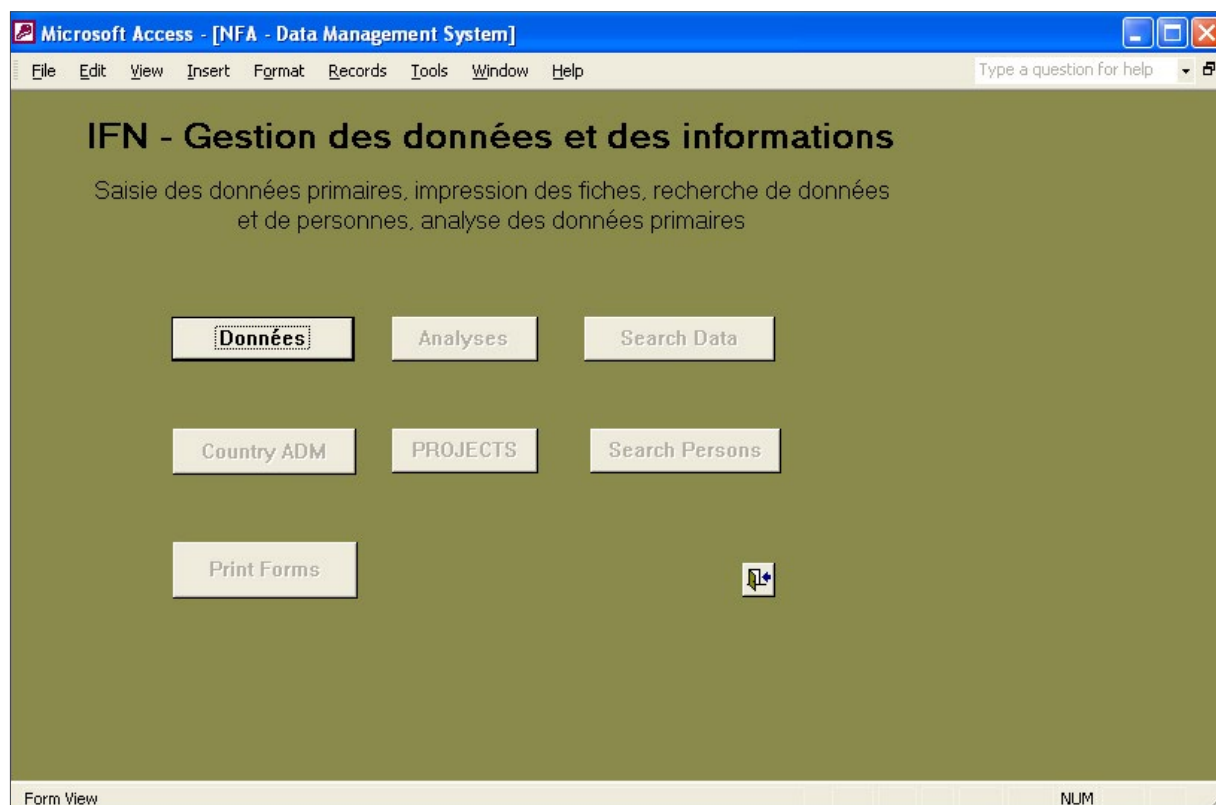
le logiciel Microsoft Access. Toutes les données collectées sur le terrain ont été enregistrées sur des tables interreliées dans la base de données.

La base de données est constituée de trois fichiers:

- *"NFMA-data_<COUNTRY>.mdb"*: fichier où les **données primaires** sont stockées. Toutes les données relevées sur le terrain sont saisies et enregistrées dans ce fichier, qui est par conséquent dynamique;
- *"NFMA-<COUNTRY>.v.x.x.mdb"*: fichier **interface utilisateur**. C'est le fichier qui commande l'interface de la base de données avec l'utilisateur. Le numéro de la version de l'application base de données est indiqué dans le nom du fichier (par exemple 2.3);
- *"MouseHook.dll"*: fichier de **contrôle de la souris**. Ce fichier doit être placé dans le même répertoire que l'**interface utilisateur** (*"NFMA-<COUNTRY>.v.x.x.mdb"*) pour commander les fonctions de la roulette de la souris.

Davantage de détails sur la structure de la base de données et sur son utilisation sont fournis dans des modules séparés «*Description de la base de données NFMA*» et «*Guide pour la saisie et la gestion des données avec l'application base de données NFMA*».

Figure 7: Interface utilisation de la base de données



La base de données est utilisée pour la saisie des données ainsi que pour les requêtes et l'analyse des données.

PROCESSUS DE SAISIE DES DONNÉES

La saisie des données est l'opération qui consiste à transférer les informations collectées sur les fiches de terrain en format électronique. Une fois les fiches de terrain papier validées par l'unité de supervision, les données primaires de terrain sont transférées dans la base de données, c'est l'étape de saisie ou entrée des données dans la base de données. Elle comprend également le scannage des fiches, des croquis d'accès et des plans et schémas de la fiche, de même que le téléchargement et le référencement des photographies.

Les formulaires de saisie sont structurés comme les fiches de terrain dans le but de faciliter la tâche aux opérateurs de saisie (figures 7 et 8). Les utilisateurs peuvent ainsi naviguer facilement soit pour saisir de nouvelles données, soit pour visionner celles collectées sur le terrain.

SAISIE DES DONNÉES DANS L'APPLICATION

Les personnes responsables de la saisie dans la base de données sont les opérateurs de saisie. Il est généralement préférable que les opérateurs de saisie soient les membres de l'équipe de terrain, pour éviter des erreurs d'interprétation des fiches de terrain et pour la lecture de l'écriture. Cependant, il peut être plus pratique d'avoir d'autres personnes-ressources ayant expérience et aisance dans l'utilisation des ordinateurs pour saisir les données et réduire la durée totale du processus d'évaluation.

La saisie des données peut commencer dès que les premières fiches de terrain sont rassemblées et validées par l'équipe de supervision, et ce, bien avant la fin du travail de terrain.

Même si les opérateurs de saisie ne sont pas ceux qui collectent les données de terrain, ils doivent avoir la même formation (théorique et pratique) que les chefs d'équipe de terrain, avant d'être formés à l'utilisation de la base de données.

Figure 8: Interface de saisie de la fiche F1-Tract dans la base de données

Microsoft Access - [F1-Tract]

File Edit View Insert Format Records Tools Window Help Type a question for help

IFN Congo Année 2007 -F1- -F2- -F3- -F4- -F5- -F6- -F1- UNITÉ D'ECHANTILLONNAGE

2. UE No 260

A,C,D,E B F,G

A. Localisation de l'UE

7. Département Cuvette Ouest 11. ZEG Tar Coordonnées coin SO de l'UE

8. District 12. Altitude centre UE m 14b. Long. 15.00 E 14d. X 500000 m

10. Village 14a. Lat. -1.50 II 14c. Y 9834205 m

10a. Secteur forestier Aucun 13. Cartes 13b. Zone UTM 33S

10b. Zone forestière Non classé 13c. Images de référence

10c. UFA Non classé

C. Population

21. Nombre d'habitants 60 25. Histoire de l'occupation Année / Période

22. Année d'installation 1850 10 1850

23. Dynamique de la population 1

24. Activité principale de la population permanente 1

24a. Activité principale 1

D. Proximité aux infrastructures

Distance du centre de l'UE à:

26. Route permanente 0.2 km

27. Route saisonnière 0 km

28. Zone habitée 2 km

29. Hôpital/dispensaire 8.3 km

30. Ecole 8.4 km

31. Marché 8.5 km

E. Itinéraire d'accès à l'UE

Position de départ: Temps d'accès: 2.0h

32d. X 502272 m 33. Heure départ: 10:05 (HH:mm) 33a. Date départ: 28/10/2009

32c. Y 9833602 m 34a. Heure arrivée: 12:05 (HH:mm) 33b. Date arrivée: 28/10/2009

34b. à la placette No 4

Points de référence de l'itinéraire (croquis de l'itinéraire d'accès à attacher)

35. No	36. Description	37d. X	37c. Y	36b. Photo No	36d. Azimut
3	Palmer à huile au bord d'un marigot	501710	9834333		260
2	Grand Wengué	502151	9833833		60
1	Croisement piste d'accès à l'UE et route principale	502257	9833648		310
*					

38. Notes:

Form View NUM

Des sauvegardes régulières et fréquentes des fichiers de la base de données (en particulier le fichier contenant les données primaires) doivent être effectuées par l'équipe de contrôle pour protéger les données, garantir la pérennité du système et éviter les pertes d'informations.

CONTRÔLE DE LA SAISIE DES DONNÉES

Une équipe de contrôle de la saisie (unité technique) doit s'assurer que la saisie des données soit bien réalisée et valider le travail de saisie. Cela revient à prendre les UE déjà saisies par les opérateurs et à parcourir toutes les tables pour

vérifier que toutes les informations contenues sur les fiches sont saisies, et qu'il n'y a pas d'erreurs de saisie. Dans le cas où des erreurs viendraient à être constatées, lorsque celles-ci sont mineures, l'équipe de contrôle les corrige. Les UE à problèmes, quant à elles, sont retournées à l'opérateur de saisie pour saisie.

ARCHIVAGE DES FICHES DE TERRAIN

L'archivage a consisté à retrouver et à numériser toutes les fiches de collecte de données sur le terrain. Ces fiches scannées sont renommées «NumeroUE_NumeroPlacette» et logées dans

des répertoires pour faciliter la recherche et l'exploitation de l'information. D'autres documents ont également été numérisés, comme les feuilles sur lesquelles le personnel de nettoyage a noté les problèmes existants entre la base de données et les fiches. Cela permet de retrouver les données originales issues du terrain en cas de besoin.

Validation et nettoyage des données saisies

Les vérifications et les contrôles sont essentiels à toutes les phases de l'évaluation, y compris de traitement des données d'inventaire, afin d'assurer l'intégrité et la fiabilité des informations générées. Une attention particulière a été mise sur cette étape de validation et nettoyage de la base des données. Des contrôles doivent être effectués afin de s'assurer que toutes les données sont correctement enregistrées sur les fiches de terrain, d'une part, et dans la base de données, d'autre part. Mieux encore, la plausibilité et la magnitude des données doivent être contrôlées.

Parmi les sources d'erreurs, une attention particulière doit être accordée, entre autres, à celles effectuées pendant :

- la collecte des données (erreurs de mesure, mauvaise interprétation des variables et des options, disparités entre les équipes de terrain);
- la codification des données (transcription des mesures et des observations sur les fiches de terrain, erreurs d'orthographe, noms d'espèces);
- la lecture des fiches de terrain pendant la saisie;
- la saisie des données (touche non appropriée du clavier).

Ainsi, malgré les précautions prises pendant la collecte des données sur le terrain et la saisie dans la base de données, des erreurs peuvent persister. Une validation des données permet de détecter certaines erreurs et de les corriger.

VÉRIFICATION DE L'EXHAUSTIVITÉ ET DES DOUBLONS

Les premières vérifications à effectuer sur la base de données sont l'exhaustivité et les doublons.

La vérification de l'exhaustivité consiste à retrouver dans la base de données l'ensemble des UE reportées sur le registre de réception des UE. Il faut donc comparer la liste des UE saisies et celle du registre de réception des UE. Sachant qu'à chaque UE correspondent quatre placettes, il s'agira également de s'assurer qu'il existe quatre placettes pour toutes les UE saisies.

Dans les cas d'UE ou de placettes non saisies, il est important de les retrouver et de procéder à la saisie dans la base de données.

Pour le test de doublons, la structure de la base de données ne permet pas de dupliquer des enregistrements selon les clés retenues. Mais un même enregistrement peut être introduit juste en changeant la valeur de la clé. Le test sera donc de retrouver toutes les lignes qui ont les mêmes valeurs pour toutes les variables de la table dans un ensemble réduit et a priori hétérogène.

Par exemple, deux arbres d'espèces différentes qui ont la même position, le même diamètre, la même hauteur, la même qualité de tige... méritent que l'on s'assure que c'est exactement ce qui est reporté sur les fiches de terrain, et non, par exemple, une erreur sur la position de l'arbre.

Après s'être rassuré sur l'exhaustivité et la non-duplication des informations saisies, la suite du processus de validation concerne l'ensemble des variables de la base de données. Il est évident qu'il faut s'organiser pour commencer par la validation des variables les plus importantes.

PRIORISATION DES VARIABLES À NETTOYER

La base de données contient une multitude de variables d'importance différente. Même s'il est

recommandé de valider toutes les variables, le processus peut être très long tandis que les résultats sont demandés dans des délais précis. Pour les premiers résultats, l'accent a été mis sur les variables les plus importantes puis, selon les disponibilités, le travail a continué sur les autres variables.

Pour prioriser les variables, un plan de tabulation donnant la liste des tableaux de résultats qui alimenteront le rapport de l'opération a été établi. Pour chaque tableau, on a dressé la liste des variables de la base de données nécessaires à sa conception, puis, à la fin, on a calculé la fréquence d'apparition d'une variable donnée (nombre d'occurrences d'une variable donnée sur le nombre total d'occurrence de toutes les variables). Un

tri décroissant de la fréquence indique la liste des variables, de la plus importante à la moins importante.

La validation et le nettoyage de la base de données se sont concentrés alors sur les tables de la base de données contenant les variables les plus importantes. Les autres tables ont été revues ensuite au fur et à mesure et en fonction du temps disponible.

Par exemple, en se limitant aux premiers résultats sur les potentialités des ressources ligneuses, les dix variables prioritaires, hormis les variables d'identification (2 TractNo, 3 PlotNo, 4 LUSNo, 55 TreeNo), sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5: Classement des variables prioritaires à nettoyer

Ordre	Variable	Table
1	80 LandUse (classe d'utilisation des terres)	F5-LUS (SUT)
2	81a SubPlotWidth (largeur de la SUT)	F5-LUS (SUT)
3	81b SubPlotLenght (longueur de la SUT)	F5-LUS (SUT)
4	81c Accessibility (conditions d'accès)	F5-LUS (SUT)
5	58 Dbh (Dhp)	F3-Trees (Arbre)
6	61 TotalHeight (Hauteur totale)	F3-Trees (Arbre)
7	55b Stump (Souche)	F3-Trees (Arbre)
8	56 Species (Nom espèce)	F3-Trees (Arbre)
9	64 HealthState (Condition de santé)	F3-Trees (Arbre)
10	7 ADM1 (Département)	F1-Tract (UE)

Ces variables permettent de calculer les superficies totales, les superficies inventoriées, les effectifs sur pied, la biomasse et le carbone à l'hectare au niveau national et par département. En termes de tables, la table F5-LUS, contenant les informations au niveau des SUT et en particulier la classe d'utilisation des terres et la superficie de la SUT, est prioritaire, suivie de la table F3-Trees, qui rassemble les mesures et observations sur les arbres, et de la table F1-Tract qui contient les données relevées au niveau de l'UE.

Les superficies apparaissent en effet comme étant la base de tous les résultats qui seront présentés dans le document de résultats. Ainsi, tous les efforts ont été orientés au début sur la table F5-LUS pour

obtenir des informations justes sur les superficies des classes d'utilisation des terres/types de forêt. Les variables prioritaires sont passées au crible en priorité pour détecter des incohérences les concernant, à partir de croisement avec d'autres variables.

DÉTECTION DES ERREURS

Une revue systématique de l'ensemble des UE saisies dans la base de données a été effectuée. Cette revue a permis de vérifier que toutes les données des UE, placettes, SUT et arbres ont bien été saisies, en s'assurant de l'adéquation entre la base de données et les fiches de terrain.

Si la saisie de certaines informations manquait, il a fallu trouver les données manquantes avant de procéder à l'exécution des requêtes préalablement réalisées pour ensuite faire sortir le listing d'erreurs des variables prioritaires.

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

Certaines UE n'ont pas été inventoriées sur le terrain, en raison de difficulté d'accès ou car situées dans la zone de tourbière qui n'a pas été ouverte, et aucune information les concernant n'avait été introduite dans la base de données. Même si des fiches de terrain ont été établies pour ces UE,

inscrites sur le registre de réception des UE et saisies, les informations des sections d'utilisation des terres (et en particulier la classe d'utilisation des terres, variable 80 LandUse) n'existent pas dans la base de données. Pourtant, cette variable prioritaire est nécessaire au calcul des superficies totales qui sont utilisées pour l'extrapolation des résultats. Pour pallier à cette absence d'information concernant la classe d'utilisation des terres et les dimensions des SUT de ces UE, placettes ou SUT non inventoriées, l'outil dénommé Collect Earth, développé par la FAO (suite d'outil Open Foris, <http://www.openforis.org/>), a été utilisé et a permis de recueillir, à partir de l'interprétation visuelle d'images satellites de Google Earth, les informations sur la classe de couverture.

Figure 9: Vue des UE et placettes à partir de Google Earh



Le formulaire Collect Earth développé (figure 10) permet de récolter pour chaque UE des informations sur la qualité de l'interprétation des images et une évaluation des conditions d'accessibilité de l'UE,

le nombre de SUT dans chaque placette de l'UE, et pour chaque SUT de la placette, sa classe détaillée, sa longueur, sa largeur, ainsi que le nombre d'arbres si on arrive à les compter.

Figure 10: Renseignement des SUT à partir de l'application Collect Earth

The screenshot shows the Collect Earth application interface. On the left, a Google Earth map displays a satellite view of a forested area with a yellow rectangle highlighting a sample unit (UE). Overlaid on the map is a form for data collection. The form has tabs for 'Unité d'échantillonnage (UE)', 'Placette 1', 'Placette 2', 'Placette 3', and 'Placette 4'. The 'Placette 1' tab is active. The form contains the following fields and buttons:

- P1 Nombre total de SUT**: A text input field containing the value '1'.
- P1 Section d'utilisation des terres 1 (SUT1)**: A section header.
- P1 SUT1 Largeur (m)**: A text input field containing the value '20'.
- P1 SUT1 Longueur (m)**: A text input field containing the value '250'.
- P1 SUT1 CUT niveau 1**: A section header with a grid of buttons:
 - F - Forêt
 - ATB - Autres terres
 - AT - Autres terres
 - EC - Eaux continentales
 - 90 - Inconnu
 - OUT - Hors du pays /
- P1 SUT1 CUT niveau 2**: A section header with a grid of buttons:
 - FD - Forêt Dense
 - FG - Forêt de galerie
 - FA - Autre
 - FM - Forêt inondable /
 - FRA - Ruchiales
 - FD - Forêt pluviale

L'application a permis de traiter tous les cas d'UE, placette ou SUT non inventoriées. Cependant, l'exercice a également été effectué sur l'ensemble des UE échantillonnées pour des besoins de comparaison des SUT avec les données de terrain la base.

Les données renseignées par l'application sont stockées sur un fichier (nommé «collectDataExport.csv»). Ces données ont été, après formatage, utilisées pour compléter la table F5-LUS de la base de données, tout en indiquant en notes que la classe de la SUT et ses dimensions sont renseignées à partir de l'interprétation d'images satellites et non pas d'observation du terrain. Bien que ces informations soient introduites dans la base de données, elles ne sont pas des données de terrain. Elles devront

être mises à jour si des données de terrain sont collectées.

NETTOYAGE DE LA BASE DE DONNÉES

Une fois que les travaux préparatoires de la validation et du nettoyage des données sont terminés, un listing des erreurs potentielles a été établi et on a procédé au nettoyage proprement dit.

Elaboration d'une liste des erreurs potentielles identifiées dans la base de données pour les variables prioritaires

Le listing des erreurs se base sur des requêtes de sélection sous Ms-Access. Avant d'effectuer des requêtes, il est recommandé de faire une sauvegarde de la base de données contenant les données primaires de l'inventaire.

Il est également souhaitable de ne pas faire les requêtes directement dans la base de données qui sert pour la saisie des données. Il vaut mieux créer une nouvelle base de données Access qui servira exclusivement à effectuer des requêtes de validation. Cette nouvelle base de données est liée à celle contenant les données primaires.

L'ensemble des erreurs potentielles peut être regroupé en trois grandes classes:

- les erreurs sur les SUT (superficies et les classes d'utilisation des terres);
- les erreurs sur les arbres;
- les erreurs sur les variables environnementales et socioéconomiques.

Détection des erreurs sur les superficies et les SUT

Selon la méthodologie adoptée pour l'IFN du Congo, la superficie de chaque UE est de 2 ha, celle de chaque placette est de 0,5 ha et la sous-placette rectangulaire a 0,02 ha.

La première des vérifications à effectuer sur les superficies est de calculer la superficie de chaque sous-placette, de chaque placette et de chaque UE, et de lister celles qui ne sont pas égales aux valeurs attendues.

En général, trois raisons peuvent conduire à une différence entre la superficie calculée et celle théorique: des erreurs sur la longueur de la SUT, des erreurs sur la largeur de la SUT et l'omission ou l'ajout d'une SUT dans la placette.

De façon pratique, des requêtes sélection permettant d'établir une liste d'UE avec des erreurs potentielles dans la base de données ont été élaborées en langage SQL (les codes SQL sont disponibles dans l'annexe 2):

- une requête de sélection des variables la classe d'utilisation des terres, longueur, largeur et l'accessibilité des SUT;

- requête identifiant les placettes pour lesquelles l'addition des longueurs des SUT donne une longueur différente de 250 m;
- requête de sélection listant les placettes dont la largeur est différente de 20 m (normalement les contrôles dans la base de données empêchaient cela);
- requête faisant ressortir le nombre de SUT enregistrées par UE pour identifier les UE dont le nombre de SUT paraît trop élevé;
- les mêmes requêtes sont effectuées pour les SPR;
- requêtes pour détecter des incohérences potentielles entre la classe d'utilisation des terres et le couvert arboré, par exemple identifiant une SUT «forêt» où aucun arbre n'est compté, ou des SUT classées «non-forêt» avec un nombre élevé d'arbres. Cela permet de faire ressortir les UE ayant des valeurs manquantes ou incohérentes pour certaines variables prioritaires.

Détection des erreurs sur les mesures des arbres

Concernant les erreurs potentielles sur les arbres, la vraisemblance des variables dendrométriques doit être examinée.

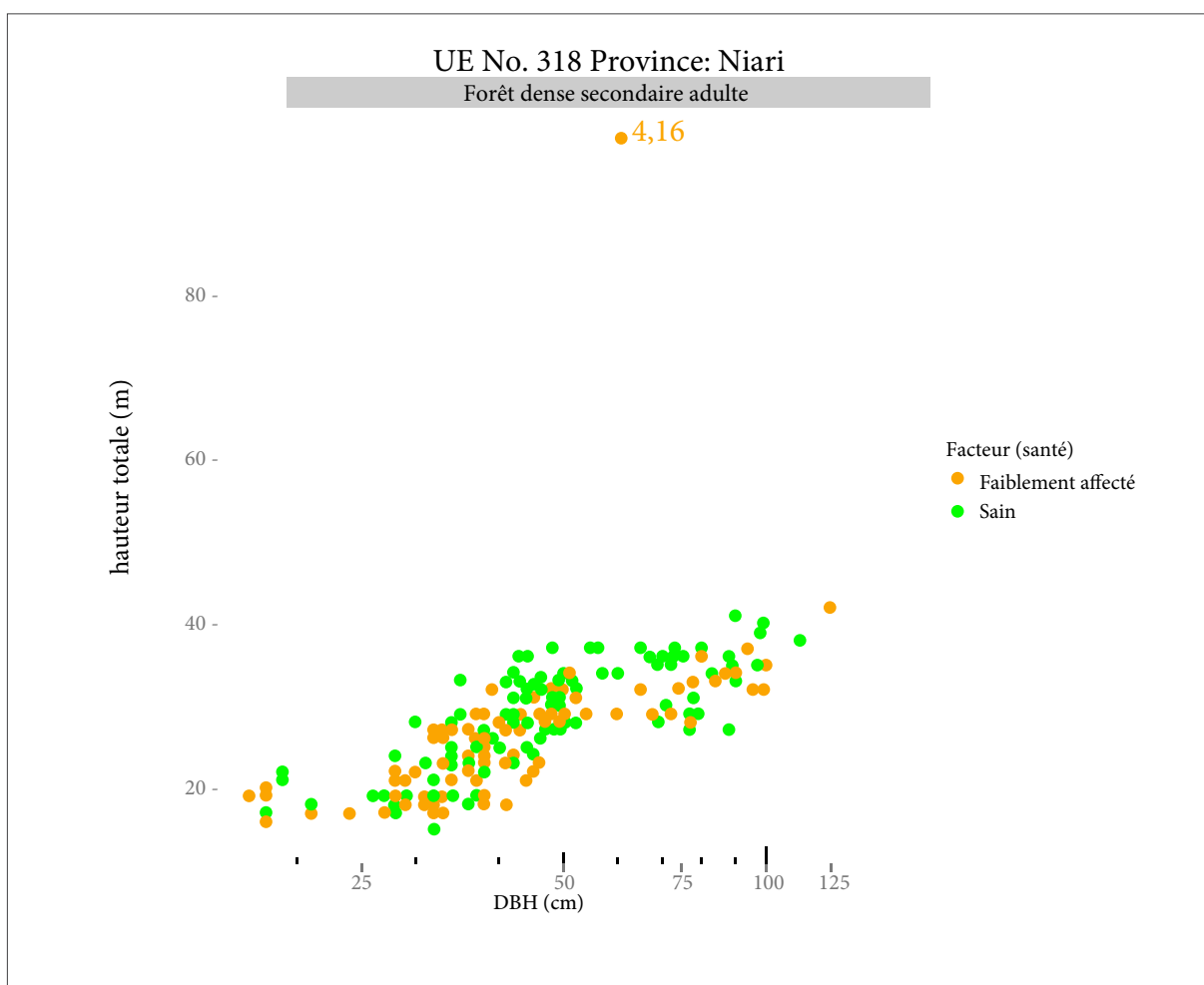
Des requêtes qui listent les arbres dont les valeurs des certaines variables qui sont aberrantes ont été développées. Il s'agit par exemple d'identifier les arbres de très gros diamètre, de très grande hauteur, d'un rapport hauteur/diamètre problématique, d'une hauteur commerciale supérieure à la hauteur totale, et lorsque la densité de tiges à l'hectare est trop faible pour les SUT forêt ou trop élevée pour les SUT non-forêt.

On a réalisé des requêtes sous Ms-Access ou des scripts sur R pour lister les arbres avec des mesures potentiellement erronées. Les fonctionnalités de R qui incluent des analyses graphiques, ont été mises à profit pour la validation et le nettoyage des paramètres dendrométriques. L'analyse graphique facilite en effet la détection des incohérences et leur correction. Les codes R développés pour détecter graphiquement les erreurs sont placés en annexes.

Un script R a permis de **détecter les arbres avec une relation diamètre-hauteur aberrante** (annexe 3). Dans chaque UE et pour chaque classe d'utilisation de terres, on produit un nuage de points et on effectue une régression linéaire de la hauteur en fonction du diamètre. Les points dont les résidus sont supérieurs à trois fois la gamme interquartile des résidus du modèle sont considérés comme des données aberrantes

(«outliers»), reportés sur une table et «étiquetés» sur le graphique. Les deux numéros affichés à côté de chaque point aberrant indiquent le numéro de la placette (de 1 à 4) et le numéro de l'arbre (tel que saisie dans la base de données), respectivement. La couleur des points indique l'état de santé de l'arbre. La figure 7 montre un exemple de résultat.

Figure 11: Détection des arbres avec une relation hauteur-diamètre aberrante



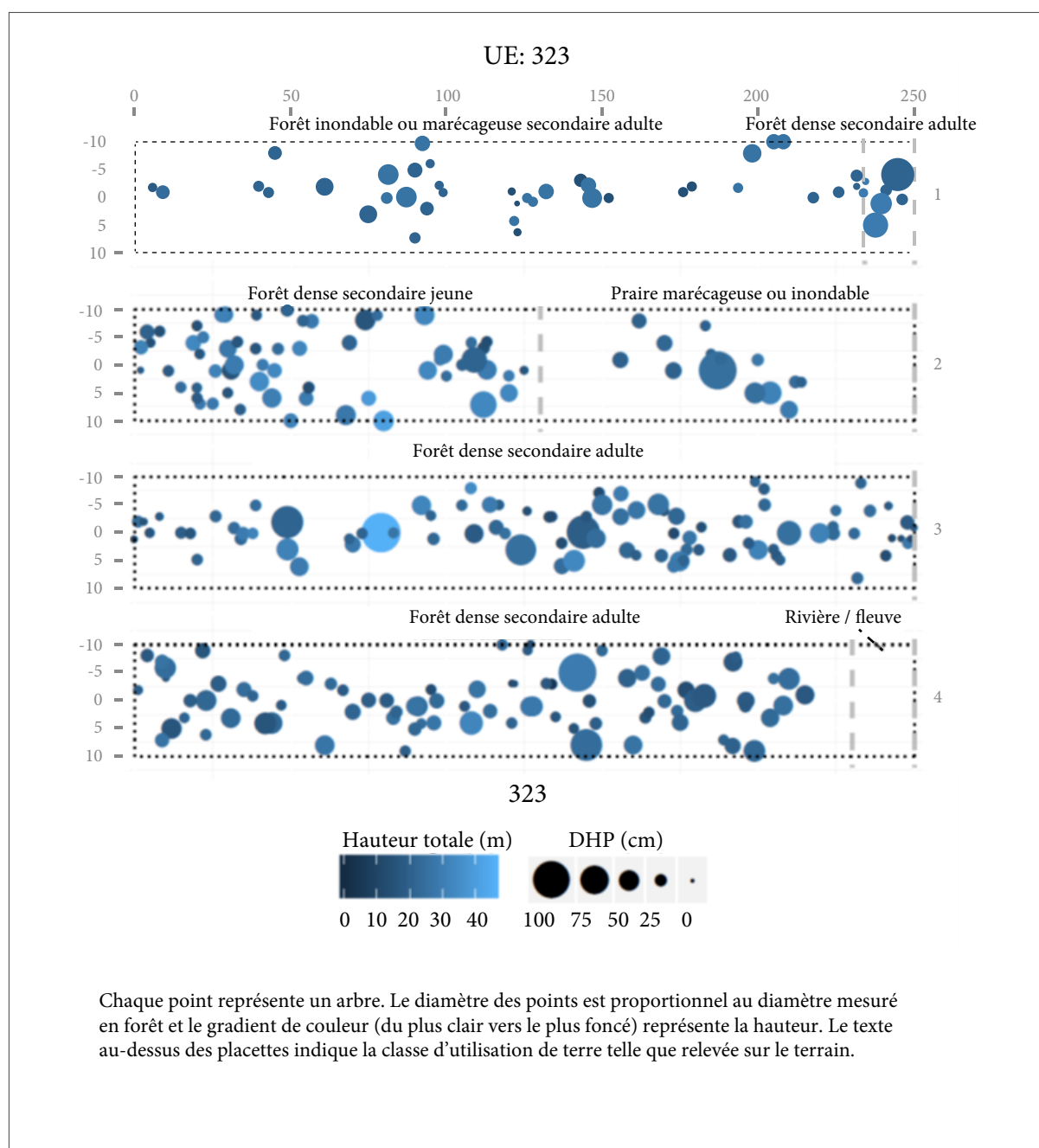
Un autre script R a été élaboré pour **analyser la distribution spatiale des arbres dans les placettes inventoriées** et pour noter une concentration exceptionnelle ou une omission d'arbres pour certaines SUT (annexe 4). Ce script, appliqué sur la base de données mesurées sur le terrain, permet de représenter graphiquement diamètre, hauteur et localisation de chaque arbre

dans la placette. Le graphique reporte aussi la classe d'utilisation de sol pour chaque SUT. Les graphiques ainsi générés sont ensuite imprimés et sauvegardés sur un fichier PDF. Chaque point représente un arbre, le diamètre des points étant proportionnel au diamètre mesuré en forêt et le gradient de couleur (du plus clair vers le plus foncé) représentant la hauteur. Cela permet le

contrôle immédiat et intuitif des données relatives aux tables F5-LUS (section d'utilisation des terres) et F3-Trees (données sur les arbres mesurés) pour chaque UE. La figure 12 montre un exemple de résultats pour une UE.

D'autres requêtes ont été élaborées dans MS-Access pour nettoyer les données sur les arbres (voir exemple de code SQL en annexe 2).

Figure 12: Emplacement des arbres dans les SUT pour chaque placette et chaque UE de l'IFN



Exploration de la cohérence entre les SUT modifiées et les variables environnementales et socioéconomiques

De par la conception de la base de données, certaines tables sont mises à jour en cascade lorsque d'autres sont modifiées. En revanche, pour d'autres il est nécessaire de s'assurer de la cohérence des variables qui doivent l'être.

Par exemple, une cohérence est nécessaire entre les classes d'utilisation des terres (nom variable 80 LandUse) identifiées dans les UE de la table F5-LUS et celles des tables contenant les données des fiches F6. Pour ce faire, on passe par une requête de sélection qui liste les UE où des différences pourraient exister entre les classes d'utilisation dans les tables F5 et F6.

En plus, différentes requêtes ont été créées pour détecter d'autres problèmes potentiels et les valeurs manquantes. Une attention particulière a été accordée aux données manquantes, en particulier lorsqu'une donnée n'a pas été remplie car il s'agissait de la même information contenue dans une autre SUT, mais l'équipe de terrain a omis de faire cette répétition.

Recherche des informations correctes sur les fiches de terrain

Une fois l'ensemble des erreurs détectées à partir de l'exécution des requêtes de signalement créées, le listing des données à confirmer sont exportées sur des classeurs Excel. Pour chaque ligne les variables permettant d'identifier rapidement la donnée à vérifier (identifiants de l'UE, de la placette, de la SUT, l'arbre, de la variable à examiner) sont indiqués.

L'étape suivante consiste à rechercher sur les fiches de terrain la bonne information et à remplacer la valeur erronée insérée dans la base par la valeur indiquée sur les fiches de terrain. Dans la plupart des cas l'erreur provenait d'un problème de saisie.

De façon pratique, il est plus facile de traiter toutes les erreurs identifiées dans une UE et toutes ses placettes avant de passer à une autre UE. Toutefois, cela dépend de l'organisation qui est mise en place: il faut alors distribuer les UE à traiter aux différentes personnes chargées de la validation au lieu de distribuer les tables à valider.

Prise en compte des corrections dans la base de données

La modification de toute valeur dans la base de données doit être documentée, de sorte à laisser des traces de toutes les manipulations apportées sur les données. Cela contribue à assurer une transparence des travaux réalisés et à annuler certaines modifications qui n'auraient pas dû être effectuées.

Pour assurer cette transparence, des requêtes action de MS-Access ou des scripts de R ont été appliqués. Lors de la revue des fiches de terrain pour les données où des erreurs potentielles ont été détectées, on a souvent noté une différence entre la valeur indiquée dans la fiche et celle insérée dans la base de données. La plupart du temps, ce sont des erreurs de saisie.

Les corrections de la base de données ont toujours été effectuées sur des copies de la base de données.

Requêtes action de MS Access

Les corrections dans la base de données peuvent être catégorisées en trois types d'actions: la mise à jour des données, la suppression de données et l'ajout de données manquantes. Des exemples de code SQL appliqué sont données en annexe 5.

- **Mise à jour des données dans la base de données:** ce type de requête est utilisées pour remplacer la valeur erronée par la valeur correcte;
- **Suppression de données dans la base de données:** on a parfois observé des données dans la base de données qui n'ont pas été

retrouvées sur les fiches de terrain. Il s'agit de données saisies en double ou de SUT d'autres placettes qui ont été saisies pour le compte d'une autre, avec le mauvais identifiant. Des requêtes de suppression ont été appliquées pour supprimer ces données.

- **Ajout de données dans les tableaux de la base de données:** Certaines données présentes dans les fiches de terrain (lignes d'un tableau) n'ont pas été retrouvées dans la base de données lors de la vérification. Par exemple, lorsque des SUT d'une placette ont été saisies avec le numéro d'une autre placette. Ces données manquantes ont été insérées dans la base de données.

Les actions sont exécutées selon l'ordre énoncé ci-dessus, et s'appliquent aux données relatives aux SUT, à celles concernant les arbres et à d'autres variables.

Utilisation de Scripts R

L'utilisation de scripts R a souvent été privilégiée pour prendre en compte les modifications dans la base de données présente l'avantage de conserver les traces de chaque étape. Pour chaque variable, le script permet de savoir la valeur que l'on affecte à une donnée bien précise. Il facilite en outre la connexion directe à la base de données, la sélection des variables de tables différentes, les croisements pour assurer la cohérence, la correction de certains paramètres de façon automatique et la sauvegarde de ces modifications directement dans la base de données.





5.

Calcul et présentation des résultats de l'IFN

Une fois la base de données nettoyée, un tableau d'analyse et d'indicateurs à calculer a été déterminé sur la base des résultats clés attendus pour l'IFN identifiés lors des consultations avec l'ensemble des parties prenantes (annexe 1). Ces indicateurs cibles ont été calculés à partir d'un prétraitement des données primaires puis d'une analyse statistique effectuée. Ces résultats ont ensuite été présentés sous forme de tableaux et de graphiques. La figure 13 résume les étapes du traitement et de l'analyse statistiques des données.

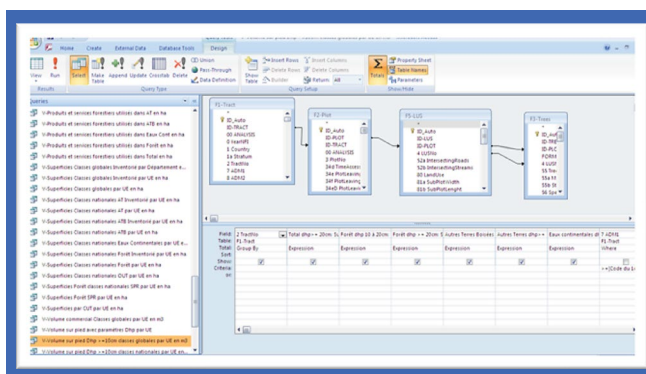
Prétraitement des données

Trier des données signifie les organiser, les préparer pour l'analyse, notamment statistique, ou pour un système d'information géographique (SIG). Cette étape implique des requêtes de sélection (tri en fonction de critères) et des calculs.

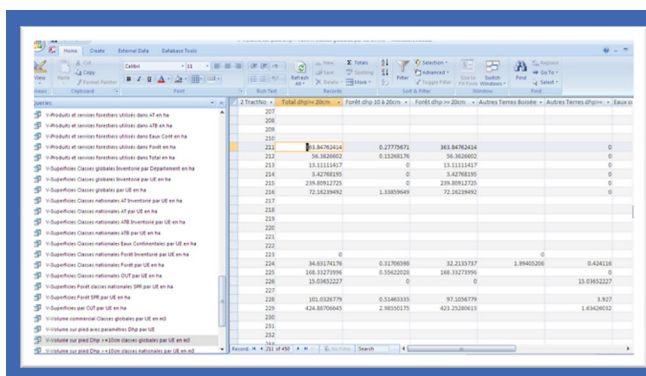
Cette étape du traitement des données d'inventaire intègre toutes les opérations visant à préparer et organiser les données primaires pour des compilations et analyses ultérieures. Elle est d'autant

Figure 13: Étapes du traitement et de l'analyse statistiques des données

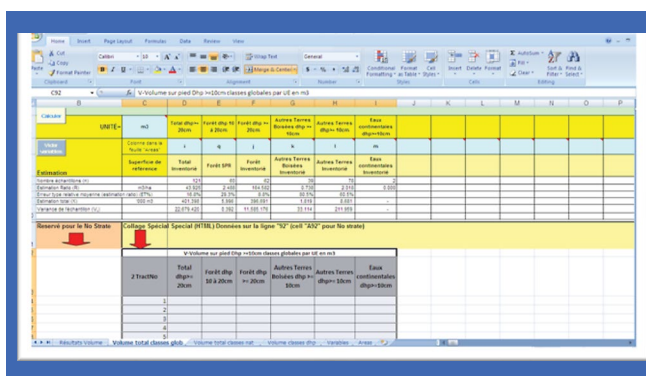
Étape 1 – Requêtes effectuées (MS Access)



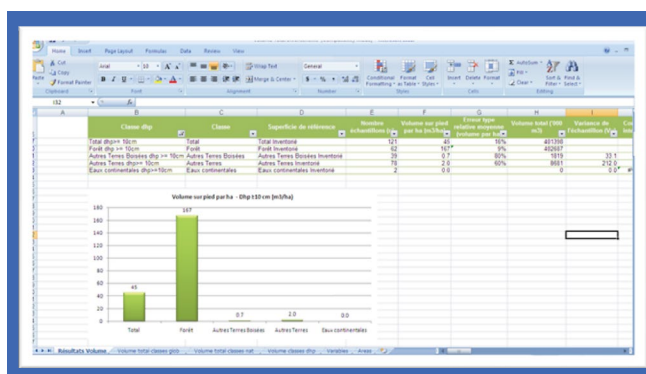
Résultats des requêtes: calculs, tris et groupements



Étape 2 – Analyse statistique avec les données importées (fichier modèle Excel)



Étape 3 – Présentation des résultats sous forme de tableaux, de graphiques ou de cartes (Excel, SIG)



plus essentielle dans le traitement des données d'inventaire que la base de données est importante. En effet, les données peuvent être sélectionnées et regroupées selon certains critères qui tiennent compte des objectifs de l'inventaire (résultats souhaités), des types d'informations collectées sur le terrain, du plan de sondage adopté et des systèmes de classification et de codification utilisés (options codifiées de chaque variable).

De façon pratique, il faut partir du plan de tabulation qui définit déjà les tableaux à produire et les variables servant à leur conception.

Suivant le plan de tabulation des résultats sur les superficies, les effectifs d'arbres, les volumes sur pied, la biomasse, le carbone, l'exploitation des ressources forestières, la gestion et la protection des ressources, ainsi que la santé forestière devaient être produits à partir des données collectées sur le terrain et présentées dans les fiches de collecte. Pour chaque tableau de résultat il a été nécessaire de procéder à un prétraitement des données en vue de leur analyse statistique.

Selon le plan de sondage adopté, les données traitées ont été agrégées pour chaque UE avant le calcul des estimations statistiques y compris les moyennes et les erreurs statistiques associées.

CALCUL DES SUPERFICIES PAR CLASSE D'UTILISATION DES TERRES ET TYPES DE FORÊT

La superficie par classe d'utilisation des terres est l'un des indicateurs clé produit par l'IFN, elle est dérivée à partir des dimensions des SUT (le code SQL des requêtes effectuées est en annexe 6).

Les calculs ont porté sur la superficie totale des SUT par classe d'utilisation des terres, qu'elles soient accessibles ou pas, obtenues sur le terrain quand l'information était disponible sinon avec les images satellites.

La superficie inventoriée des SUT (i. e. accessibles)

par classe d'utilisation des terres a également été calculée en prenant en compte les conditions d'accès (variable 81c Accessibility), car la plupart des paramètres (par exemple biomasse par ha) se réfère à la superficie inventoriée.

Les superficies inventoriées des sous-placettes rectangulaires ou circulaires par classe d'utilisation des terres ont également été calculées en vue d'évaluer les variables faites à ce niveau, en particulier les arbres de diamètre de 10 à 20 cm de diamètre dans les forêts ou la régénération (arbre de diamètre inférieur à 10 cm).

Les résultats de ces requêtes sont importés dans le fichier de calcul statistique pour estimer la superficie en hectares au niveau national et l'erreur statistique associée. Les estimations des superficies des différentes classes d'utilisation des terres ainsi calculées sont aussi nécessaires à l'analyse statistique des autres indicateurs.

EFFECTIFS DES ARBRES VIVANTS

Pour évaluer le potentiel ligneux, il est nécessaire de calculer le nombre d'arbres en bonne santé, mesurés sur la superficie inventoriée. À ce niveau, selon la méthodologie de collecte adoptée, on a conçu plusieurs types de requêtes:

- nombre d'arbres en bonne santé dans les forêts et de diamètre ≥ 20 cm;
- nombre d'arbres en bonne santé de diamètre > 10 cm sur les sections d'utilisation des terres hors forêt;
- nombre d'arbres en bonne santé de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm, et situés dans les sous-placettes rectangulaires des SUT classées comme forêt;
- nombre d'arbres de diamètre < 10 cm qui sont pointés dans les sous-placettes circulaires;
- nombre d'arbres par classe de diamètre;

Les exemples de requêtes permettant d'avoir les effectifs des arbres comptés dans les placettes, les sous-placettes rectangulaires et les sous-placettes

circulaires, par classe de diamètre peut être consulté en annexe 6.

VOLUME SUR PIED

Le volume sur pied total est obtenu en considérant le diamètre mesuré et la hauteur totale pour toutes les essences. On utilise la formule du cylindre avec un facteur de forme de 0,53 pour corriger la forme du tronc.

Le volume commercial sur pied est obtenu en considérant le diamètre mesuré et la hauteur commerciale pour les essences commerciales respectant le critère de diamètre minimal d'exploitabilité. On utilise la formule du cylindre avec un facteur de forme de 0,75 pour corriger la forme du tronc. Seuls les arbres en bonne santé sont considérés.

Des exemples de requêtes de traitement des volumes sur pied sont placés en annexe 6. Ces requêtes ont été adaptées pour des besoins spécifiques de volumes, comme le volume total, le volume commercial, volume du bois mort, volume des souches...

BIOMASSE

L'évaluation de la biomasse fait appel à des modèles mathématiques qui prédisent la quantité de matière sèche d'un arbre à partir de la connaissance de ses paramètres dendrométriques (diamètre et/ou hauteur totale).

La base de données Globalloometree (<http://www.globalloometree.org>) répertorie un grand nombre des équations allométriques élaborées et transmises par les chercheurs. Globalloometree donne une trentaine d'équations élaborées pour la République du Congo, mais malheureusement celles-ci concernent des plantations et principalement l'eucalyptus. Ces équations ne sont donc pas utilisables pour l'ensemble des espèces et des classes de l'utilisation des terres (l'inventaire n'a rencontré que deux placettes de plantations et relativement peu d'eucalyptus).

En dehors des équations spécifiques au Congo, on peut également examiner d'autres équations élaborées pour les forêts en Afrique centrale, ou des équations pantropicales, parmi lesquelles l'équation de Brown (1997), l'équation de Chave (2005), celle de Dorisca *et al.* (2011), de Fayolle *et al.* (2013), de Ngomanda (2014) et enfin, l'équation de Chave *et al.* (2014).

L'utilisation d'équations allométriques spécifiques pour le Congo serait à privilégier. Cependant, en absence de cette équation ou d'équation régionale, l'équation de Chave *et al.* 2014 a été utilisée pour l'évaluation de la biomasse.

Estimation de la biomasse aérienne

Le calcul de la biomasse aérienne a été fait en utilisant les équations allométriques de Chave *et al.* (2014). Celui-ci présente deux modèles:

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

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

où:

d_{hp_i} : 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:

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

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)

Le modèle (7) a été utilisé dans l'attente de la consolidation et vérification 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 des données globale des densités de bois de la base de données globale des densités de bois (Zanne et al, 2009) lorsque l'espèce est identifiée, sinon une moyenne pour le Congo est appliquée. Toutefois, la priorité doit être donnée aux informations disponibles au niveau national si celles-ci existent. Un arbre de décision permet de sélectionner la valeur de la densité de bois qui est utilisée pour le calcul de la biomasse:

- si dans Zanne (2009), la densité de bois de l'espèce existe pour l'Afrique tropicale, alors on utilise la moyenne des valeurs de cette même espèce (pour une même espèce, il peut y avoir plusieurs densités qui sont disponibles);
- sinon, on utilise la moyenne des densités des espèces contenues dans Zanne (2009) pour l'Afrique tropicale, retrouvées au Congo, du même genre que celle dont on calcule la densité de bois;
- sinon, on utilise la valeur moyenne de densité de bois des espèces contenues dans Zanne (2009) pour l'Afrique tropicale, retrouvées au Congo lors de l'IFN.

Une table de densité dynamique est ainsi créée sur la base de données servant à l'analyse et contenant les densités de bois utilisées dans l'estimation de la biomasse.

Comme pour l'évaluation des effectifs, les calculs suivants ont été effectués:

- biomasse des arbres en forêt et de diamètre ≥ 20 cm;
- biomasse des arbres de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm situés dans les sous-placettes rectangulaires en forêt;
- biomasse des arbres de diamètre ≥ 10 cm pour les SUT non-forêt.

Une liste de requêtes de traitement de la biomasse est placée en annexe 6. Ces requêtes peuvent être adaptées pour des besoins spécifiques.

Estimation 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).

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

Il n'est pas nécessaire de créer des requêtes de prétraitement de la biomasse souterraine, étant donné que cela revient à appliquer un facteur.

Estimation de la biomasse du bois mort

La biomasse de bois mort est dérivée par la somme de la biomasse du bois mort sur pied, du bois mort couché et des souches.

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

$\text{Biomasse}_{\text{bois mort sur pied}} = \text{Biomasse}_{\text{aérienne}}$ obtenue par le modèle (4) de Chave *et al.* (2014) $\times$ Facteur de réduction de biomasse de 0,8

$$\text{Biomasse}_{\text{bois mort couché}} = (\text{formule du cylindre } [\pi \times \text{dhp}^2 \times \text{Hauteur du bois mort}/4]) \times (\text{Facteur de forme de } 0,65) \times (\text{Facteur de réduction de densité de bois de } 0,6)$$

$$\text{Biomasse}_{\text{souches}} = (\text{Formule du cylindre } [\pi \times \text{dhp}^2 \times \text{Hauteur de la souche mort}/4]) \times (\text{Facteur de forme } [1,3 \text{ si la hauteur des souches est inférieure à } 1,30 \text{ m; } 0,8 \text{ si la hauteur de la souche est inférieure à } 7 \text{ m; sinon } 0,65]) \times (\text{Facteur de réduction de densité de bois } [1 \text{ si coupe inférieure à } 1 \text{ an; } 0,8 \text{ si coupe entre } 1 \text{ et } 5 \text{ ans; } 0,45 \text{ si coupe supérieure à } 5 \text{ ans}])$$

Les facteurs de réduction de densité de bois ont été donnés dans l'outil méthodologique pour l'estimation des stocks de carbone et des changements de stocks de carbone dans le bois mort et la litière pour les projets MDP (UNFCCC, 2015).

Estimation de la biomasse totale

La biomasse totale est obtenue en additionnant la biomasse aérienne, la biomasse souterraine et la biomasse de bois mort.

$$\text{Biomasse}_{\text{totale}} = \text{Biomasse}_{\text{aérienne}} + \text{Biomasse}_{\text{souterraine}} + \text{Biomasse}_{\text{bois mort}}$$

La réalisation d'une requête pour la biomasse totale est facultative, car elle peut être directement calculée lors de l'analyse avec Excel. Cependant, si l'on veut en concevoir, on devrait partir des quatre requêtes sur la biomasse aérienne, la biomasse de bois mort couché, la biomasse de bois mort debout et la biomasse de souches.

CARBONE

L'obtention de la biomasse implique celle du carbone puisqu'il s'agit d'un facteur à appliquer à la biomasse.

Le facteur de carbone dans la biomasse de 0,49 est utilisé 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).

$$C = 0,49 \times \text{Biomasse}$$

L'élaboration des requêtes de prétraitement du carbone aérien, souterrain, de bois mort et total se fait à partir des requêtes de biomasses équivalentes.

UTILISATIONS ET UTILISATEURS DES RESSOURCES FORESTIÈRES (FORÊT ET ARBRES HORS FORÊT)

Pour la partie socioéconomique de l'IFN, plusieurs types de prétraitement ont été réalisés

Certains indicateurs se calculent par rapport à la superficie (par exemple % des forêts où un produit est utilisé), tandis que pour d'autres les villages ont été considérés comme unité d'observation (% de communautés utilisant un produit forestier), selon la méthode de collecte de données utilisée sur le terrain.

Par exemple, l'exploitation des produits et services forestiers peut être traitée selon les superficies sur lesquelles ils sont exploités (considérer plutôt la superficie des SUT inventoriées et non la superficie totale puisque certaines équipes n'ont pas rempli la Fiche 6 lorsque la SUT est inaccessible). En revanche, il est prudent de traiter la question du niveau d'implication des femmes ou des enfants dans l'exploitation des produits et services forestiers selon les villages riverains.

Quel que soit l'indicateur analysé, les requêtes de prétraitement utilisées pour l'analyse statistique des données renvoient des données agrégées par UE. Autrement dit, le tableau des requêtes doit contenir 455 lignes correspondant aux 455 UE du plan de sondage. C'est une condition nécessaire pour l'utilisation de la feuille de calcul statistique sur Excel.

Analyse statistique

L'analyse statistique des données de l'IFN a été réalisée à partir d'un classeur de calcul, programmé par la FAO. Ce classeur utilise l'estimateur par le ratio pour calculer l'indicateur et renvoie:

- le nombre échantillons (n);
- l'estimation ratio (R);
- l'erreur type relative moyenne (de l'estimation ratio) (ET%);
- l'estimation du total (X);
- la variance de l'échantillon (Vx).

Pour plus de détails sur les formules utilisées, on peut consulter l'ouvrage de William Cochran, *Sampling Technics* (Cochran, 1977). Les formules utilisées sont données en annexes 7 et 8.

Le classeur est composé de deux feuilles. Une feuille nommée «Areas» et une feuille «Variables».

De façon générale, il s'agit de coller la requête des superficies élaborée sur MS Access en utilisant sur la feuille «Areas», de définir la colonne contenant

les informations équivalentes au pays, puis de coller la requête de la variable à estimer sur la feuille «Variables», et définir la colonne contenant les superficies par rapport à laquelle le calcul est fait.

Le détail sur l'utilisation du classeur de calcul Excel est donné en annexe 9.

Présentation des résultats

Une fois les indicateurs calculés sur la feuille de calcul statistique, ils sont présentés sur des tableaux, des graphiques et des cartes, puis commentés pour faire ressortir les faits remarquables.

TABLEAUX

Les tableaux de présentation de résultats permettent de compiler les données des feuilles d'analyse statistique nécessaire pour une compréhension

simple des indicateurs. Pour une question de transparence, et comprendre la précision statistique du résultat, l'erreur type relative est généralement également indiquée.

De façon générale, les tableaux sont assez aérés, faciles à lire, ne comportent pas trop de traits, mais les lignes sont de couleurs intercalées pour guider la lecture, surtout pour les tableaux longs.

Tout tableau comporte un titre complet, c'est-à-dire l'objet qui est présenté dans le tableau, le(s) lieu(x), le domaine par rapport auquel les données sont valides et l'unité selon laquelle les données sont exprimées si ces informations ne sont pas sur le tableau.

À certains moments, il peut être utile de rappeler l'année de validité des données du tableau ainsi que la source. Par exemple:

Tableau 6: Effectifs des arbres de diamètre ≥ 10 cm par classes globales au Congo en 2012

	Forêt	Autres terres boisées	Autres terres	Eaux continentales	Total
Effectifs (en 1 000 tiges)	2 798 548	5 782	11 815	682	2 816 827
Effectifs (en tiges/ha)	128	1	2	6	82
Erreur type relative (en %)	1,0	11,0	25,9		1,0

Source: Inventaire forestier national.

Objet: effectifs des arbres.

Lieu: Congo.

Domaine: arbres de diamètre ≥ 10 cm.

Unité: 1 000 tiges, tiges/ha et %.

Les couleurs du graphique doivent être différentes, même à l'impression en noir et blanc. Il est alors conseillé d'utiliser des motifs de remplissage qui permettent de faire cette distinction.

CARTES

La représentation de certains indicateurs est par carte, pour mieux présenter les différences spatiales du phénomène étudié. Ainsi, trois types de cartes alimentent les rapports. Il s'agit de:

- carte de représentation d'un phénomène par unité d'échantillonnage;
- carte de représentation par département administratif;
- carte de représentation par strate.
- Toute carte a une légende et un titre aussi évocateur que possible.

GRAPHIQUES

Pour représenter les données d'analyse de l'IFN, trois types de graphiques ont été principalement utilisés: les graphiques en secteur, les histogrammes et les graphiques à barres. D'autres formats pourraient aussi être appliqués.

Comme pour les tableaux, les graphiques ont un titre complet. Le graphique devra refléter correctement le phénomène représenté. Il est donc déconseillé d'utiliser les graphiques en 3D.

Valorisation et diffusion des résultats

Les tableaux, graphiques et cartes des résultats de l'IFN ont été commentés et consignés dans des rapports. Pour une approche par étapes, un rapport présentant les résultats globaux a été rédigé, puis par la suite une série de rapports thématiques plus approfondis ont été développés.

Il est en outre recommandé d'écrire des articles scientifiques sur certains sujets en associant les chercheurs ou d'en faire des thèmes de mémoire pour les étudiants.

Tous les rapports produits dans le cadre de l'IFN seront diffusés auprès des utilisateurs de données tant au niveau national qu'international. On utilisera principalement les supports papier, les supports numériques comme les CD et le Web.

SUPPORTS PAPIERS

Un certain nombre de rapports sont édités puis imprimés et déposés auprès des partenaires nationaux et internationaux. Une liste de destinataires est préalablement établie à cet effet.

Pour les cinq premiers tomes résultats de l'inventaire (mise en œuvre, synthèse, potentialités, socioéconomie, facteurs d'émission), il convient de les ventiler auprès des utilisateurs fréquents de données sur la forêt.

Par conséquent, des dépliants traitant de thèmes spécifiques et de façon très synthétique (4 pages maximum, une feuille A3) peuvent être imprimés en grand nombre et mis à la disposition de ceux qui souhaiteraient en avoir.

SUPPORTS NUMÉRIQUES

Pour certains utilisateurs, même s'ils n'ont pas reçu les exemplaires sur papier des rapports, ils devront au moins recevoir les supports numériques.

Des articles scientifiques pourront également être rédigés sur la base des informations générées par l'IFN.

PORTAIL

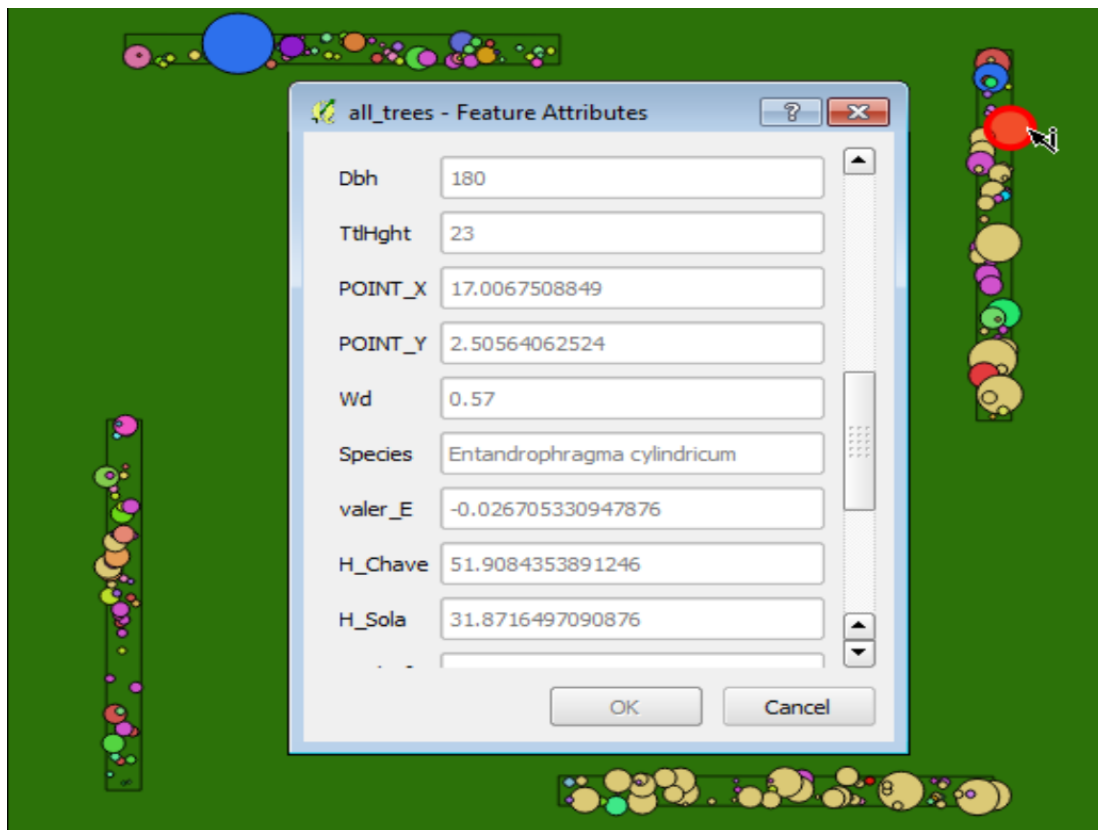
Un géoportail Web est en développement pour la République du Congo. Divers indicateurs seront sélectionnés et mis en ligne pour faciliter l'accès aux informations sur les forêts du Congo.

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 12 donne un exemple des relevés effectués sur une UE. Tous les arbres mesurés sont géoréférencés, ce qui permet de les intégrer dans un SIG.

Ainsi, il suffira d'avoir une connexion à internet pour effectuer directement des requêtes d'information, quel que soit le lieu où l'on se trouve. Ces requêtes peuvent renvoyer les résultats sous forme de tableau, de graphique ou de carte.

Le ministère en charge des forêts déterminera le niveau de détail des informations qui pourront être accessibles en ligne.

Figure 14: 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.

Conclusion

Ce document a été élaboré pour présenter la méthodologie de l'IFN et décrire les différentes étapes de préparation et de mise en œuvre de l'inventaire entre 2006 et 2014, de la planification à la production et dissémination des résultats, en passant par la collecte, la gestion et l'analyse des données de l'IFN.

Il peut être considéré comme un guide technique, et constituer un outil de référence en matière de traitement et d'analyse de données de l'IFN pour la formation et le recyclage des techniciens, de toutes les personnes intéressées ainsi que des générations futures. Il peut également permettre de comprendre les résultats de l'IFN et comment ceux-ci ont été obtenus.

Il convient de rappeler que ce premier inventaire des ressources forestières du Congo avait comme objectif le renforcement des capacités nationales et notamment du CNIAF et d'asseoir un système de suivi national à long terme des ressources forestières et des terres. La méthodologie a été déployée avec succès entre 2007 et 2014. On peut regretter les délais dans l'exécution et entre les différentes phases de terrain, causés principalement par les retards dans la mobilisation des moyens

financiers. Ce premier IFN multiressource a mobilisé de nombreuses personnes et institutions. Plus de 150 personnes ont été formées aux techniques d'inventaire et 2 000 personnes ont été impliquées au niveau des communautés locales. Le personnel est maintenant qualifié et compétent dans la planification, l'utilisation d'équipement technique d'inventaire (GPS, détecteur des métaux, une sonde de tourbière, etc.), en matière de collecte de données sur le terrain et de gestion et analyse des données qui y sont collectées. La base de données est unique, elle couvre 110 variables biophysiques et socio-économiques, et près de 43 000 arbres mesurés. L'inventaire a été conclu sur 75% du pays. Certaines informations manquantes ont pu être obtenues par télédétection, cependant les zones de tourbières devront faire l'objet de travaux de terrain additionnels pour compléter la base de connaissance sur un écosystème particulier et important. La mise en œuvre du premier IFN multiressource a permis au Congo d'acquérir l'expérience et d'aller vers l'établissement d'un système de suivi permanent des ressources forestières nationales et des terres du pays. Il faudra dans les années à venir valoriser ces nouvelles données et connaissances, les intégrer au processus décisionnels et maintenir les placettes permanentes pour évaluer les changements.

Bibliographie

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, 7^e 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. 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, 2^e 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 (CNI AF). 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 CNI AF/FAO. FAO/MEFE, Brazzaville.

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.

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 Ecophysiological 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.

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

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

Annexes

MATRICE D'IDENTIFICATION DES BESOINS EN INFORMATION (RÉSULTAT DES CONCERTATIONS AVEC LES ACTEURS DU SECTEUR)

	Catégories	Variables	Exemples de résultats	Fonctions	Fondement de décision (exemples)
Biophysiques	Organisation et distribution spatiale (où et quelle superficie)	- Texture du sol, relief, altitude, exposition - Superficies et localisation des classes occupation des terres: types de forêt et localisation des eaux continentales (relevés de terrain et cartographie) - Localisation des zones écologiques - Fragmentation des forêts (cartographie)	- Superficies par classes d'occupation des terres/types de forêt - Distribution des forêts par zones écologiques - Relations sol -types de forêt - Relations pente-types de forêt - Relations eau - forêt - Niveau de fragmentation des forêts	Fonctions environnementales et économiques	Plan d'affectation des terres et d'aménagement du territoire (identification des zones à protéger et de production)
	Potentialité (état qualitatif et quantitatif)	- Superficies - Mesures des arbres en forêt et hors forêt (diamètre, hauteurs totale et commerciale, état de santé, qualité du bois) - Degré de perturbation anthropique des forêts et incendies - Couvert arboré et arbustif	- Effectifs et distribution par classe de diamètre, par essences ou groupe d'essences - Volume total et commercial - Biomasse aérienne ligneuse et stock de carbone - État de santé des forêts et causes de dommage - Distribution du volume/biomasse par types de forêt/classes d'occupation des sols - Distribution du volume par types de sol/zones écologiques	Fonctions environnementales et économiques	- Politique forestière et sa mise en œuvre (législation et mesures pour la production, la conservation) - Valorisation des ressources (gestion durable des ressources, orientations pour la sylviculture, exposition, aménagement, la conservation)
	Biodiversité (nombre et liste d'espèce)	- Superficies - Essences d'arbres - Espèces de grands mammifères observés (observation directe et traces) - Zones écologiques - Structure du peuplement (nombre d'étages) - Couvert arboré et arbustif - Fragmentation des forêts (cartographie)	- Liste des essences d'arbres - Fréquence des essences d'arbres par zones écologiques/par type de forêt ou classement d'occupation du sol - Liste des grands mammifères - Fréquence d'observation des grands mammifères - Relation fragmentation du couvert forestier-biodiversité	Fonctions environnementales	Contribution des forêts et des arbres à la sécurité alimentaire
Gestion/Aménagement	Utilisations et utilisateurs/bénéficiaires	- Superficies - Zonage ou affectation des terres (observation, protection, multiple) (cartographie) - Régime foncier - Plan de gestion - Accord de gestion - Origine de la forêt (plantation, naturel, taillis) - Types d'exploitation, pratiques sylvicoles, technologie	- Superficie de forêt par types d'exploitation et de technologies utiles - Identification des produits et services majeurs utilisés dans la forêt et arbres hors forêt - Liste des espèces récoltées dans les forêts et les arbres hors forêt - Identification de conflits pour certains produits et services - Évolution de la demande comparée à l'évolution de l'offre en produit - Droit des utilisateurs en fonction des catégories de produits/services - Utilisations finales des produits en fonction des catégories de produits/services et d'utilisateurs - Types d'organisation des utilisateurs - Genre et âge des utilisateurs/récolteurs en fonction des produits récoltés - Saison et fréquence de récolte par catégorie de produits/services - Évolution de la récolte et raison des changements par catégorie de produits/services - Niveau de connaissance de la législation et des possibilités de subventions par catégories d'utilisateurs	Fonctions environnementales, sociales et économiques	- Meilleures connaissances et gestion de la biodiversité - Répartition des zones écologique
Socioéconomique	Utilisations et utilisateurs/bénéficiaires	- Superficie - Types d'exploitation et technologie - Catégories d'utilisateurs ou bénéficiaires - Espèces récoltées de produits, services et bénéfices fournis par les forêts - Espèces récoltées de produits forestiers ligneux et non ligneux - Existence de conflits pour la récolte - Évolution de la demande et de l'offre en produit ou service - Droit des utilisateurs - Utilisation finale des produits/services - Niveau d'organisation de la récolte/activité - Genre et âge des utilisateurs/récolteurs - Saison et fréquence de récolte/d'activité - Évolution de la récolte et raison des changements - Sensibilisation à la législation et aux possibilités de subventions	- Superficie de forêt par types d'exploitation et de technologies utiles - Identification des produits et services majeurs utilisés dans la forêt et arbres hors forêt - Liste des espèces récoltées dans les forêts et les arbres hors forêt - Identification de conflits pour certains produits et services - Évolution de la demande comparée à l'évolution de l'offre en produit - Droit des utilisateurs en fonction des catégories de produits/services - Utilisations finales des produits en fonction des catégories de produits/services et d'utilisateurs - Types d'organisation des utilisateurs - Genre et âge des utilisateurs/récolteurs en fonction des produits récoltés - Saison et fréquence de récolte par catégorie de produits/services - Évolution de la récolte et raison des changements par catégorie de produits/services - Niveau de connaissance de la législation et des possibilités de subventions par catégories d'utilisateurs	Fonctions sociales et économiques	

REQUÊTES DE SÉLECTION UTILISÉES POUR LA VALIDATION ET L'IDENTIFICATION D'ERREURS POTENTIELLES DANS LA BASE DE DONNÉES

Requête de sélection des variables la classe d'utilisation des terres, longueur, largeur et l'accessibilité des SUT:

```
SELECT [F5-LUS].[ID-LUS], [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo], [F5-LUS].[4 LUSNo], [F5-LUS].[80 LandUse], [F5-LUS].[81a SubPlotWidth], [F5-LUS].[81b SubPlotLenght], [F5-LUS].[81c Accessibility]
FROM [F1-Tract] LEFT JOIN ([F2-Plot] LEFT JOIN [F5-LUS] ON [F2-Plot].[ID-Plot] = [F5-LUS].[ID-Plot]) ON
[F1-Tract].[ID-TRACT] = [F2-Plot].[ID-TRACT];
```

Requête identifiant les placettes pour lesquelles l'addition des longueurs des SUT donne une longueur différente de 250 m:

Requête [1_3 placettes long <>250]

```
SELECT [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo], Sum([F5-LUS].[81b SubPlotLenght]) AS [SommeDe81b SubPlotLenght]
FROM ([F1-Tract] LEFT JOIN [F2-Plot] ON [F1-Tract].[ID-TRACT] = [F2-Plot].[ID-TRACT]) LEFT JOIN [F5-LUS]
ON [F2-Plot].[ID-Plot] = [F5-LUS].[ID-Plot]
GROUP BY [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo]
HAVING (((Sum([F5-LUS].[81b SubPlotLenght]))<>250))
ORDER BY [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo];
```

```
SELECT UE_P1_SUT.[2 TractNo], UE_P1_SUT.[3 PlotNo], UE_P1_SUT.[4 LUSNo], UE_P1_SUT.[80 LandUse], UE_P1_SUT.[81a SubPlotWidth], UE_P1_SUT.[81b SubPlotLenght], UE_P1_SUT.[81c Accessibility], [1_3 placettes long <>250].[SommeDe81b SubPlotLenght]
FROM UE_P1_SUT LEFT JOIN [1_3 placettes long <>250] ON (UE_P1_SUT.[3 PlotNo] = [1_3 placettes long <>250].[3 PlotNo]) AND (UE_P1_SUT.[2 TractNo] = [1_3 placettes long <>250].[2 TractNo])
WHERE ((([1_3 placettes long <>250].[SommeDe81b SubPlotLenght]) Is Not Null))
ORDER BY UE_P1_SUT.[2 TractNo], UE_P1_SUT.[3 PlotNo];
```

Requête de sélection listant les placettes dont la largeur est différente de 20 m:

```
SELECT [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo], [F5-LUS].[4 LUSNo], [F5-LUS].[81a SubPlotWidth], [F5-LUS].[81b SubPlotLenght]
FROM ([F1-Tract] LEFT JOIN [F2-Plot] ON [F1-Tract].[ID-TRACT] = [F2-Plot].[ID-TRACT]) LEFT JOIN [F5-LUS]
ON [F2-Plot].[ID-Plot] = [F5-LUS].[ID-Plot]
WHERE ((([F5-LUS].[81a SubPlotWidth])<>20))
ORDER BY [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo];
```

Requête faisant ressortir le nombre de SUT enregistrées par UE pour identifier les UE dont le nombre de SUT paraît trop élevé:

```
SELECT [Placette avec des SUT].[2 TractNo], [Placette avec des SUT].[3 PlotNo], [Placette avec des SUT].[CompteDe4 LUSNo], [Placette avec des SUT].[MaxDe4 LUSNo]
FROM [Placette avec des SUT]
WHERE ((([Placette avec des SUT].[CompteDe4 LUSNo]<>[MaxDe4 LUSNo]))
ORDER BY [Placette avec des SUT].[2 TractNo], [Placette avec des SUT].[3 PlotNo];
```

Identification des arbres dont le rapport hauteur/diamètre a une valeur extrême (inférieure à 26 ou supérieure à 116: 5% des valeurs les plus faibles et 5% des valeurs les plus fortes):

```
SELECT [F1-Tract].[2 TractNo], [F2-Plot].[3 PlotNo], [F5-LUS].[4 LUSNo], [F5-LUS].[80 LandUse], [F3-Trees].[55 TreeNo], [F3-Trees].[55b Stump], [F3-Trees].[58 Dbh], [F3-Trees].[61 TotalHeight], [F3-Trees]![61 TotalHeight]/[F3-Trees]![58 Dbh]*100 AS [Hauteur sur diametre]
FROM (([F1-Tract] LEFT JOIN [F2-Plot] ON [F1-Tract].[ID-TRACT] = [F2-Plot].[ID-TRACT]) LEFT JOIN [F5-LUS] ON [F2-Plot].[ID-PLOT] = [F5-LUS].[ID-PLOT]) LEFT JOIN [F3-Trees] ON ([F5-LUS].[4 LUSNo] = [F3-Trees].[4 LUSNo]) AND ([F5-LUS].[ID-PLOT] = [F3-Trees].[ID-PLOT])
WHERE ((([F3-Trees].[55b Stump])=False) AND (([F3-Trees]![61 TotalHeight]/[F3-Trees]![58 Dbh]*100)<26 Or ([F3-Trees]![61 TotalHeight]/[F3-Trees]![58 Dbh]*100)>116))
ORDER BY [F2-Plot].[3 PlotNo], [F5-LUS].[4 LUSNo], [F3-Trees].[55 TreeNo];
```


ANNEXE 3

SCRIPT R POUR L'IDENTIFICATION DE DONNÉES ABERRANTES: RELATION DIAMÈTRE-HAUTEUR

```
library(ggplot2)
library(plyr)
library(grid)
library(gridExtra)

trees = read.csv("HD_relationship.csv")

#####
### arbres par placette
#####

viv = trees[trees$Suche== "FALSE",]
viv$index= as.numeric(viv$index)

str(viv)
plotte <- function(.p){
  # .p = .p[complete.cases(.p[,6]),]
  m <- lm(TotalHeight~ (log(Dbh)),data=.p)
  clouds_resid <- residuals(m)
  clouds_fitted <- fitted(m)
  .p$fit = fitted(m)
  .p$res = residuals(m)

  ggplot(.p, aes(x=Dbh, y=TotalHeight,
    colour=factor(Sainté)))+
    scale_colour_manual(values = c(«Sain»=»green», «Faiblement affecté»= »orange»,
      «Très affecté»= »red», «Couché (vivant)» = »darkred»,
      «Mort/Mourrant (debout)» = »grey80», «Mort (couché)»= »black»))+
    geom_point(cex=3)+
    xlab("DBH (cm)") + ylab("Total Height (m)") +
    ggtitle(paste("UE No. ", .p[1,1],"Province: ", .p[1,3]))+
    theme(panel.background = element_blank())+

    coord_trans(xtrans = 'log10') +
    annotation_logticks(scaled=FALSE)+
    geom_text(aes(label=ifelse((res>3*IQR(res)),
      label,»»), colour = Sainté),
      hjust=-0.1,vjust = .1)+
    facet_wrap (~Code_text_N)

}

# save plots in separate pages in one file
pdf("H-Dvalidation.pdf")
# loop through pages
d_ply(viv, "index", plotte, .print=TRUE)
dev.off()
```

ANNEXE 4

SCRIPT R POUR L'ANALYSE SPATIALE DES PLACETTES DE L'IFN

```
#####
# analyse spatiale des placettes NFI
#####

library(ggplot2)
library(plyr)
library(grid)
library(gridExtra)

trees = read.csv("tree8.csv")
#####
### group levels to fit ppp plots per page
#####
split_df_ppp <- function(d, f, id.var = ".page_split", ppp=1){
  stopifnot(is.factor(f))
  n <- length(levels(f))
  pages <- n%/ppp + as.logical(n%/ppp)
  groups <- split(levels(f), gl(pages, ppp, n))
  d[[id.var]] <- f
  levels(d[[id.var]]) <- groups
  invisible(d)
}

trees$UE = factor(trees$X2.TractNo)
d2 <- split_df_ppp(trees, trees$UE)

#####
### plotting function
#####
plot_one_page <- function(.d){
  luzs = .d[!duplicated(.d[,c("X3.PlotNo", "X4.LUSNo", "X80.LandUse", "Code_text_N", "X81a.SubPlotWidth",
    "X81b.SubPlotLenght", "X81c.Accessibility" )]), 1:8]

  luzs$luzsz = NA
  luzs$tezt = NA
  for (i in 1:nrow(luzs)) {
    if(luzs[i,3]!=1) {
      luzs[i,9] = luzs[i,7]+luzs[i-1,9]
      luzs[i,10] = luzs[i-1,9] + (luzs[i,7]/2)
    }else{
      luzs[i,9]= luzs[i,7]
      luzs[i,10]= luzs[i,7]/2
    }
  }

  luzs$dist = -11.7
  luzs$tezz = luzs$tezt
  luzs$x = 0
  luzs$y = 0
  luzs$endx = 0
  luzs$endy = 0
}
```

```

for (i in 1:nrow(luzs)) {
  if (luzs[i,7]< (2*nchar(as.character(luzs[i,5])))) {
    luzs[i,11] = 12.5
    luzs[i,12] = luzs[i,10]
    luzs[i,13] = luzs[i,11]-1.2
    luzs[i,14] = luzs[i,12]
    luzs[i,15] = 9
    luzs[i,16] = luzs[i,10]
  }
}
for (i in 1:nrow(luzs)) {
  if (luzs[i,9]<(2*nchar(as.character(luzs[i,5])))) &
    luzs[i,3]==1){
    luzs[i,11] = -14
    luzs[i,12] = luzs[i,10]+(nchar(as.character(luzs[i,5]))/1.5)
    luzs[i,13] = luzs[i,11]+1.4
    luzs[i,14] = luzs[i,12]
    luzs[i,15] = -9
    luzs[i,16] = luzs[i,10]
  }
}
for (i in 1:nrow(luzs)) {
  if (luzs[i,10]>210) {
    luzs[i,11] = -14.2
    luzs[i,12] = luzs[i,10]-(nchar(as.character(luzs[i,5]))/2)
    luzs[i,13] = luzs[i,11]+1.4
    luzs[i,14] = luzs[i,12]
    luzs[i,15] = -9
    luzs[i,16] = luzs[i,10]
  }
}

ggplot(.d, aes(X57b.TreePositionWidth, X57a.TreePositionLength))+
  geom_point(aes(colour = X61.TotalHeight,size = X58.Dbh))+
  scale_size_continuous(range = c(1, 10),
    guide = guide_legend(title = "DBH (cm)",direction = "vertical", title.position = "left",
title.theme = element_text(angle = 90),
label.position="right", label.hjust = 1, label.vjust = 0.6,title.hjust = 0.5,
label.theme = element_text(angle = 90), size=.4))+
  scale_colour_gradient(guide = guide_colorbar(title = "Total Height (m)",direction = "vertical", title.
position = "left",
title.theme = element_text(angle = 90),
label.position="right", label.hjust = 0.5, label.vjust = 1,title.hjust = 0.5,
label.theme = element_text(angle = 90), size=.4))+
  facet_grid (X2.TractNo~X3.PlotNo,scales="free_x")+
  coord_cartesian(xlim = c(-14.9, 14), ylim = c(-04,254)) +
  theme(panel.background = element_blank())+
  geom_segment(mapping=aes(x=-10, y=0, xend=-10, yend=250),linetype = 3)+
  geom_segment(mapping=aes(x=-10, y=250, xend=10, yend=250), linetype = 3 )+
  geom_segment(mapping=aes(x=10, y=250, xend=10, yend=0), linetype = 3 )+
  geom_segment(mapping=aes(x=10, y=0, xend=-10, yend=0), linetype = 3 )+
  geom_segment(data=luzs, mapping = aes(x= -11, y=luzsz, xend = 12, yend = luzsz),
    linetype="dashed", size=1, colour="Gray")+
  geom_text(data= luzs, aes(dist, tezz, label=Code_text_N), angle = 90, size = 2, fontface="bold")+
  geom_segment(data=luzs, mapping=aes(x=x, y=y, xend=endx, yend=endy), linetype = 5 )+
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, vjust = 0.5),
    axis.text.y = element_text(angle = 90, hjust = 0.5),
    legend.key.width = unit(0.8, "cm"),
    strip.text.x = element_text(angle = 90),

```

```

strip.text.y = element_text(size = 10, angle = 90),
axis.title.x=element_blank(),
strip.text.y = element_blank(),
strip.background = element_blank())+
labs(y=paste("UE:",.d[1,1], sep = " "), size = 16, face = "bold")
}

#####
### imprimer
#####
# save plots in separate pages in one file
pdf("final.pdf")
# loop through pages
d_ply(d2, ".page_split", plot_one_page, .print=TRUE)
dev.off()

```

EXEMPLES DE REQUÊTES ET SCRIPTS UTILISÉS POUR LA CORRECTION DE LA BASE DE DONNÉES

Exemples de requêtes action développées en SQL pour corriger les erreurs dans MS Access

EXEMPLE DE REQUÊTE DE MISE À JOUR DES DONNÉES DANS LA BASE DE DONNÉES

Le code SQL ci-dessous permet de mettre à jour la largeur de toutes les SUT en fonction des valeurs correctes listées dans une table [Validation F5LUS]:

```
UPDATE UE_P1_SUT INNER JOIN [Validation F5LUS] ON (UE_P1_SUT.[4 LUSNo] = [Validation F5LUS].[4 LUSNo]) AND
(UE_P1_SUT.[3 PlotNo] = [Validation F5LUS].[3 PlotNo]) AND (UE_P1_SUT.[2 TractNo] = [Validation F5LUS].[2
TractNo]) SET UE_P1_SUT.[81a SubPlotWidth] = 20
WHERE ((([Validation F5LUS].Action)=»Mise à jour»));
```

EXEMPLE DE REQUÊTE DE SUPPRESSION DE DONNÉES DANS LA BASE DE DONNÉES

La requête ci-dessous permet de supprimer les SUT dont la liste des identifiants est dans une table nommée «Validation SUT à supprimer»:

```
DELETE DISTINCTROW [F5-LUS].*
FROM [F5-LUS] INNER JOIN [Validation SUT à supprimer] ON [F5-LUS].[ID-LUS] = [Validation SUT à supprimer].
[ID-LUS];
```

EXEMPLE DE REQUÊTE D'AJOUT DE DONNÉES DANS LES TABLES DE LA BASE DE DONNÉES

Dans l'exemple ci-dessous, on insère dans F5-LUS de nouvelles SUT dont les données sont contenues sur une table nommée «Validation F5LUS» et où une variable «Action» prend la valeur «Ajout»:

```
INSERT INTO [F5-LUS] ( [ID-PLOT], [ID-LUS], [4 LUSNo], [80 LandUse], [81a SubPlotWidth], [81b
SubPlotLenght], [81c Accessibility] )
SELECT [Validation F5LUS].[ID-PLOT], [Validation F5LUS].[ID-LUS], [Validation F5LUS].[4 LUSNo],
[Validation F5LUS].[80 LandUse], [Validation F5LUS].[81a SubPlotWidth], [Validation F5LUS].[81b
SubPlotLenght], [Validation F5LUS].[81c Accessibility]
FROM [Validation F5LUS]
WHERE ((([Validation F5LUS].Action)=»Ajout»));
```

L'utilisation des requêtes action requiert que l'on importe dans la base de données liée, les tables contenant les informations. D'où un travail préalable sur Excel pour classer chaque ligne de la table dans «Mise à jour», «Suppression» et «Ajout».

On ne peut pas ajouter une ligne dont la clé existe déjà dans la base de données. Il faudra donc supprimer cette ligne de la base de données avant d'exécuter la requête pour l'y ajouter.

Exemples de scripts développés en R pour corriger les erreurs de la base de données

L'instruction ci-dessous permet d'accéder à la table F5-LUS de la base de données, de modifier la valeur d'une SUT, d'en supprimer une autre puis rajouter des SUT contenues sur une autre table et, enfin, de sauvegarder ces modifications dans la base de données.

```
require(RODBC) # on charge le package nécessaire à l'utilisation des commandes suivantes
canal<-odbcDriverConnect(«Driver={Microsoft Access Driver (*.mdb, *.accdb)}; DBQ=C:/NFMA/NFA-data_CONGO_
B1_V5.accdb») # on établit une connexion à BD
F5<-sqlFetch(canal,»F5-LUS«,colnames = FALSE) # on accède à la table F5-LUS
F5[F5$ID-LUS==71371301,c(«X80 LandUse»)]<-111152 # on affecte la valeur 111152 à la
                                                    #variable «X80 LandUse» de la
                                                    #SUT dont l'identifiant est 71371301.
F5<-F5[F5$ID-LUS!=71416202,] # on supprime la SUT dont l'identifiant est 71416202
apF5<-read.table("Ajout SUT.csv",header = TRUE,sep=";",dec=".") # on stock dans un objet
                                                                #nommé apF5, un
                                                                #ensemble de SUT
F5<-rbind(F5,apF5) # on ajoute les SUT de apF5 à F5
sqlSave(canal, F50000, tablename = «F5-LUS», append= TRUE, rownames=FALSE, verbose = TRUE, colnames=FALSE,
nastring = NULL,safer = TRUE) # on sauvegarde la table dans la BD
odbcClose(canal) # on ferme la connexion qui était établie
```


EXEMPLES DE REQUÊTES ET SCRIPTS UTILISÉS POUR LE PRÉTRAITEMENT DES DONNÉES

Une attention particulière doit être accordée à la place du «0» et du «Null» dans la requête. La valeur «Null» s'applique aux lignes qui ne font pas partie du domaine d'intérêt. Cette remarque est valable pour tous les tris et traitements effectués.

Calcul des superficies des classes d'utilisation des terres et types de forêt

REQUÊTES DE LA SUPERFICIE TOTALE DES SUT PAR CLASSE D'UTILISATION DES TERRES:

Dans cet exemple on calcule la superficie totale des forêts denses (qu'elles soient primaires, secondaires jeunes ou adultes), qu'elles aient été inventoriées ou pas. On utilise une requête sans le critère d'accessibilité.

```
Forêt dense: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000;VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=110101 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<=110103;[F5-LUS]![81a SubPlotWidth]*[F5-LUS]![81b SubPlotLength]/10000;0);Null))
```

Grâce à la requête ci-dessus, on obtient la superficie totale des forêts denses (qu'elles soient primaires, secondaires jeunes ou adultes).

REQUÊTES DE LA SUPERFICIE DES SUT INVENTORIÉE SUR LE TERRAIN PAR CLASSE D'UTILISATION DES TERRES:

Par exemple, la requête ci-dessous calcule la superficie de forêt inventoriée, les conditions d'accessibilité (code variable 81c Accessibility = 0) (peut être groupé par SUT, par placette, par UE en sommant):

```
Forêt: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000;VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<200000;VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0;[F5-LUS]![81a SubPlotWidth]*[F5-LUS]![81b SubPlotLength]/10000;0);0);Null))
```

REQUÊTES DE LA SUPERFICIE INVENTORIÉE DES SOUS-PLACETTES RECTANGULAIRES OU CIRCULAIRES PAR CLASSE D'UTILISATION DES TERRES

Cet exemple donne la superficie des sous placettes rectangulaires couverte par de la forêt marécageuse secondaire jeune (on peut sommer par placette ou UE):

```
Forêt Marécageuse secondaire jeune: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000;VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]=111153;VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0;[F4-SubPlots]![54a SPL1Width]*[F4-SubPlots]![54b SPL1Length]/10000;0);0);Null))
```

Cet exemple donne la superficie des sous placettes circulaires couverte par de la forêt galerie primaire (là aussi on peut sommer par placette ou UE):

```
Forêt Galerie primaire: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000;VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]=111141;VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0;[F4-SubPlots]![76 L2Area]/10000;0);Null))
```

Effectifs des arbres

NOMBRE D'ARBRES EN BONNE SANTÉ DANS LES FORÊTS ET DE DIAMÈTRE ≥ 20 CM

Dans cet exemple on calcule le nombre d'arbres en bonne santé ([F3-Trees]![64 HealthState]<4) de plus de 20 cm de diamètre ([F3-Trees]![58 Dbh]>=20) dans les forêts naturelles:

```
Forêt avec régénération naturelle ou assistée dhp>=20cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0 Et [F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<121000;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![64 HealthState]<4 Et [F3-Trees]![58 Dbh]>=20;1;0);Null))
```

NOMBRE D'ARBRES EN BONNE SANTÉ DE DIAMÈTRE > 10 CM SUR LES SECTIONS D'UTILISATION DES TERRES HORS FORÊT

Dans cet exemple on calcule le nombre d'arbres en bonne santé ([F3-Trees]![64 HealthState]<4) de plus de 10 cm de diamètre ([F3-Trees]![58 Dbh]>=10) dans les cultures pérennes:

```
Cultures pérennes dhp>=10cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0 Et [F5-LUS]![80 LandUse]=322000;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![64 HealthState]<4 Et [F3-Trees]![58 Dbh]>=10;1;0);Null))
```

NOMBRE D'ARBRES EN BONNE SANTÉ DE DIAMÈTRE COMPRIS ENTRE 10 CM ET 20 CM, ET SITUÉS DANS LES SOUS-PLACETTES RECTANGULAIRES DES SUT CLASSÉES COMME FORÊT

Dans cet exemple on calcule le nombre d'arbres en bonne santé ([F3-Trees]![64 HealthState]<4) de plus de 10 cm de diamètre et de moins de 20 cm de diamètre ([F3-Trees]![58 Dbh]>=10 Et [F3-Trees]![58 Dbh]<20) dans la forêt sur terre ferme ([F5-LUS]![80 LandUse]>=110101 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<=111143) et mesurés dans les sous placettes rectangulaires ([F3-Trees]![57a TreePositionLength]<=10 Ou ([F3-Trees]![57a TreePositionLength]>=120 Et [F3-Trees]![57a TreePositionLength]<=130) Ou [F3-Trees]![57a TreePositionLength]>=240) (somme à faire par placette ou UE) :

```
Forêt sur terre ferme dhp 10-20cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0 Et (([F5-LUS]![80 LandUse]>=110101 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<=111143) Ou [F5-LUS]![80 LandUse]=114000);VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![64 HealthState]<4 Et [F3-Trees]![58 Dbh]>=10 Et [F3-Trees]![58 Dbh]<20 Et ([F3-Trees]![57a TreePositionLength]<=10 Ou ([F3-Trees]![57a TreePositionLength]>=120 Et [F3-Trees]![57a TreePositionLength]<=130) Ou [F3-Trees]![57a TreePositionLength]>=240);1;0);Null))
```

NOMBRE D'ARBRES DE DIAMÈTRE < 10 CM QUI SONT POINTÉS DANS LES SOUS-PLACETTES CIRCULAIRES

Dans cet exemple on calcule le nombre d'arbres comptés dans les sous placettes circulaires dans la forêt marécageuse ou inondable (la somme peut être effectuée par placette ou UE):

```
Forêt Marécageuse ou inondable 0<= Dhp < 10cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000;VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=111151 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<=111153;VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0;[F4_L2Trees]![78 SpeciesTotalNumberL2SP];0);Null))
```

NOMBRE D'ARBRES PAR CLASSE DE DIAMÈTRE

Dans cet exemple on calcule le nombre d'arbres de diamètre compris entre 20 cm et 30 cm mesurés (la somme peut être effectuée par placette ou UE):

```
Total 20cm<=dhp<30cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000 Et [F5-LUS]![81c Accessibility]=0;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![58 Dbh]>=20 Et [F3-Trees]![58 Dbh]<30;1;0);Null))
```

Volume sur pied

VOLUME COMMERCIAL

La requête suivante donne le volume de bois des espèces exploitables dans les forêts plantées. Les souches sont exclues des calculs et on ne prend en considération que les arbres en bonne santé:

```
Forêts plantées: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<500000;
VraiFaux([F5-LUS]![80 LandUse]>=121000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<=122000;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0
Et [F3-Trees]![64 HealthState]<4 Et [F3-Trees]![58 Dbh]>=[C-Species]![MinimumHarvestDiameter] Et [C-
Species]![SpeciesNationalGrouping]=1;(3,1416*[F3-Trees]![58 Dbh]^2*[F3-Trees]![62 CommercialHeight]*
0,75)/40000;0);Null)))
```

BIOMASSE

Biomasse des arbres en forêt et de diamètre ≥ 20 cm

La requête en exemple donne la biomasse des arbres en bonne santé de diamètre supérieur ou égal à 20 cm par l'équation de Chave (2014). La densité de bois est prise dans la base mondiale de densité de bois (Zanne et al, 2009) ou sinon une moyenne pour le Congo est appliquée.

```
Forêt dhp>=20cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0 Et [F5-LUS]![80 LandUse]>=100000 Et [F5-
LUS]![80 LandUse]<200000;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![64 HealthState]<4 Et [F3-
Trees]![58 Dbh]>=20;(Exp(-1,803-0,976*[Paramter E]![E]+0,976*Log([A-DB par arbre avec moyenne Congo en t
par m3]![DB3])+2,673*Log([F3-Trees]![58 Dbh])-0,0299*(Log([F3-Trees]![58 Dbh]))^2)/1000;0);Null)))
```

Biomasse des arbres de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm situés dans les sous-placettes rectangulaires en forêt

La requête suivante calcule la biomasse des arbres en bonne santé de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm par l'équation de Chave (2014). La densité de bois est prise dans la base mondiale de densité de bois (Zanne et al, 2009) ou sinon une moyenne pour le Congo est appliquée:

```
Forêt dhp 10-20cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0 Et [F5-LUS]![80 LandUse]>=110000 Et
[F5-LUS]![80 LandUse]<200000;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![64 HealthState]<4 Et
[F3-Trees]![58 Dbh]>=10 Et [F3-Trees]![58 Dbh]<20 Et ([F3-Trees]![57a TreePositionLength]<=10 Ou ([F3-
Trees]![57a TreePositionLength]>=120 Et [F3-Trees]![57a TreePositionLength]<=130) Ou [F3-Trees]![57a
TreePositionLength]>=240);(Exp(-1,803-0,976*[Paramter E]![E]+0,976*Log([A-DB par arbre avec moyenne Congo
en t par m3]![DB3])+2,673*Log([F3-Trees]![58 Dbh])-0,0299*(Log([F3-Trees]![58 Dbh]))^2)/1000;0); Null)))
```

Biomasse des arbres de diamètre ≥ 10 cm pour les SUT non-forêt

La requête suivante calcule la biomasse des arbres en bonne santé de diamètre de plus de 10 cm par l'équation de Chave (2014) dans les zones hors forêt. La densité de bois est prise dans la base mondiale de densité de bois (Zanne et al, 2009) ou sinon une moyenne pour le Congo est appliquée:

```
Autres Terres Boisées dhp>=10cm: Somme(VraiFaux([F5-LUS]![81c Accessibility]=0 Et [F5-LUS]![80
LandUse]>=200000 Et [F5-LUS]![80 LandUse]<300000;VraiFaux([F3-Trees]![55b Stump]=0 Et [F3-Trees]![64
HealthState]<4 Et [F3-Trees]![58 Dbh]>=10;(Exp(-1,803-0,976*[Paramter E]![E]+0,976*Log([A-DB par
arbre avec moyenne Congo en t par m3]![DB3])+2,673*Log([F3-Trees]![58 Dbh])-0,0299*(Log([F3-Trees]![58
Dbh]))^2)/1000;0);Null)))
```

FORMULES STATISTIQUES POUR LES ESTIMATEURS PAR LE RATIO

(quand une variable dépend de la taille de l'unité d'échantillonnage)

$$\text{Estimateur ratio (R)} = \frac{\bar{x}}{\bar{y}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_1^n x_i}{\frac{1}{n} \sum_1^n y_i} = \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \Rightarrow (\bar{x}) = R * \bar{y} = \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} * \bar{y} \Rightarrow (X) = R * Y = \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} * Y$$

Où $\bar{x}$ est la moyenne de la variable mesurée (ex.: volume des arbres dans la superficie de forêt), dans l'échantillon et $\bar{y}$ est la moyenne de la variable auxiliaire (ex.: superficie de forêt) dans l'échantillon. i indique chaque mesure/observation de la variable sur un total de n mesures (= taille de l'échantillon) (ex.: pour estimer le volume des arbres dans la superficie de forêt, n est le nombre d'unité d'échantillonnage avec de la forêt).

Variance de la population (V)

$$= \frac{\sum_1^n (x - R * y)^2}{n-1} * \left(\frac{N-n}{N} \right) = \frac{\sum_1^n \left(x - \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} * y \right)^2}{n-1} = \frac{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{\left(\sum_1^n x_i \right)^2}{\left(\sum_1^n y_i \right)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}{n-1}$$

Pour $N \gg n$ l'expression $\left(\frac{N-n}{N} \right)$ est très proche de 1, c'est pourquoi la formule peut être simplifiée.

$$\text{Écart type de la population (Sd)} = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{\left(\sum_1^n x_i \right)^2}{\left(\sum_1^n y_i \right)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}{n-1}}$$

$$\text{Coefficient de variation (CV\%)} = 100 \frac{Sd}{R} = 100 \sum_1^n y_i \frac{\sqrt{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{\left(\sum_1^n x_i \right)^2}{\left(\sum_1^n y_i \right)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}}{\sum_1^n x_i * \sqrt{(n-1)}}$$

Variance de l'estimateur ratio (V_R)

$$= \frac{1}{(\bar{y})^2} * \frac{V}{n} = \frac{V}{\left(\frac{\sum_1^n y_i}{n} \right)^2 * n} = n * \frac{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{\left(\sum_1^n x_i \right)^2}{\left(\sum_1^n y_i \right)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}{\left(\sum_1^n y_i \right)^2 * (n-1)}$$

$$\text{Erreur type de l'estimateur ratio } (S_R) = \sqrt{V_R} = \sqrt{n * \frac{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{(\sum_1^n x_i)^2}{(\sum_1^n y_i)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}{(\sum_1^n y_i)^2 * (n-1)}}$$

$$\text{Erreur d'échantillonnage } (SE_R) = t * S_R = t \sqrt{n * \frac{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{(\sum_1^n x_i)^2}{(\sum_1^n y_i)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}{(\sum_1^n y_i)^2 * (n-1)}}$$

Où **t** est le facteur de probabilité à certain niveau de probabilité.

$$\text{Erreur type relative } (SE_R \%) = 100 \frac{SE_R}{R} = 100 t \sum_1^n y_i \sqrt{n * \frac{\sum_1^n (x_i)^2 + \frac{(\sum_1^n x_i)^2}{(\sum_1^n y_i)^2} * \sum_1^n (y_i)^2 - 2 \frac{\sum_1^n x_i}{\sum_1^n y_i} \sum_1^n x_i y_i}{\sum_1^n x_i * \sqrt{(\sum_1^n y_i)^2 * (n-1)}}}$$

Échantillonnage stratifié

Échantillon total de la population, taille totale de l'échantillon (n_T) = $n_1 + n_2 + \dots + n_k$

Où k=nombre total de strates.

Taille totale de la population (N_T) = $N_1 + N_2 + \dots + N_k$

$$\text{Estimation de l'estimateur ratio total } (RT) = \frac{\sum_{j=1}^k (N_j * R_j)}{N} = \frac{\sum_{j=1}^k \left(N_j * \frac{\sum_1^n x_{ji}}{\sum_1^n y_{ji}} \right)}{N}$$

Où j = strate.

$$\left[(W_{jR}) = \frac{N_j}{N_T} \Rightarrow \frac{\text{Superficie}_{\text{stratum}_j}}{\text{Superficie}_{\text{total}}} \text{ Pour la superficie d'utilisation des terres estimée} \right]$$

Où W_{jR} = poids des estimateurs ratio de chaque strate.

$$\text{Total estimé } (X_T) = N_T * R_T = \sum_{j=1}^k (N_j * R_j) = \sum_{j=1}^k \left(N_j * \frac{\sum_1^{n_j} x_{ji}}{\sum_1^{n_j} y_{ji}} \right)$$

$$\text{Variance de l'estimateur ratio total (V}_{RT}) = \sum_{j=1}^k \left(\frac{N_j^2}{N_T^2} * V_{jR} \right) = \frac{\sum_{j=1}^k (N_j^2 * V_{jR})}{N_T^2}$$

$$\left[(W_{V_{jR}}) = \frac{N_j^2}{N_T^2} \Rightarrow \left(\frac{Area_{stratum_j}}{Area_{total}} \right)^2 \text{ Pour la superficie d'utilisation des terres estimée} \right]$$

Où $W_{V_{jR}}$ = poids des variances des ratios estimateurs de chaque strate.

$$\text{Variance de l'estimation total (V}_{XT}) = N_T^2 * V_{RT} = \sum_{j=1}^k (N_j^2 * V_{jR})$$

FONCTIONS STATISTIQUES (NON BIAISÉES)

$$\text{Moyenne } (\bar{x}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Total } (X) = N * \bar{x} = \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{Variance } (V) = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$\text{Écart type } (Sd) = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Coefficient de variation } (CV\%) = 100 * \frac{Sd}{\bar{x}} = 100 * \frac{\sqrt{V}}{\bar{x}} = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}}{\bar{x} \sqrt{n-1}}$$

$$\text{Variance de la moyenne } (V_{\bar{x}}) = \frac{V}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}$$

$$\text{Erreur type } (S_{\bar{x}}) = \sqrt{V_{\bar{x}}} = \sqrt{\frac{V}{n}} = \frac{Sd}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$\text{Erreur d'échantillonnage } (SE) = t * S_{\bar{x}} = t * \sqrt{V_{\bar{x}}} = t * \sqrt{\frac{V}{n}} = t * \frac{Sd}{\sqrt{n}} = t * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Erreur type relative

$$(SE\%) = 100t * \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} = 100t * \frac{\sqrt{V_{\bar{x}}}}{\bar{x}} = 100t * \frac{\sqrt{V}}{\bar{x} \sqrt{n}} = 100t * \frac{Sd}{\bar{x} \sqrt{n}} = 100t * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}}{\bar{x} \sqrt{n(n-1)}}$$

Échantillonnage stratifié

$$\text{Population totale } (N) = \left(\frac{\text{Superficie totale}}{\text{Taille placette}} \right) = N_1 + N_2 + \dots + N_k$$

Où k=nombre de strates.

Échantillon de la population, taille échantillon $(n) = n_1 + n_2 + \dots + n_k$

$$\text{Estimation de la moyenne de la population } (\bar{X}) = \frac{\sum_{t=1}^k N_t \bar{x}_t}{N} \quad \left(\text{Où } \bar{x}_t = \sum_{j=1}^{n_t} \frac{x_{tj}}{n_t} \right)$$

$$\left(W_{tx} \right) = \frac{N_t}{N} \left(= \frac{\text{Area}_{strate_t}}{\text{Area}_{total}} \text{ dans le cas d'estimation de superficie d'utilisation des terres} \right)$$

UTILISATION DU CLASSEUR DE CALCUL EXCEL POUR LA PRODUCTION DES RÉSULTATS STATISTIQUES

Le classeur est composé de deux feuilles: une feuille nommée «Areas» et une feuille «Variables».

De façon générale, il s'agit de coller la requête des superficies élaborée sur MS Access en utilisant l'option « collage spécial HTML » sur la feuille «Areas», de définir la colonne contenant les informations équivalentes au pays, puis de coller la requête de la variable à estimer (toujours avec l'option « collage spécial HTML ») sur la feuille «Variables», et définir la colonne contenant les superficies par rapport à laquelle le calcul est fait.

Superficies

Le calcul des superficies se fait avec la seule requête superficies totales, c'est-à-dire que la superficie totale de la SUT, qu'elle soit accessible ou pas, ou encore inventoriée sur le terrain ou renseignée par télédétection.

On colle la requête de superficie totale à la fois sur la feuille «**Areas**» puis sur la feuille «**Variables**».

À la partie «**Superficie pays** ('000 ha)» de la feuille «Areas» (cellules en couleur bleu ciel), introduire la superficie totale des dix départements du pays. Lorsqu'il s'agit d'un calcul selon une autre stratification, on introduira la superficie totale de chaque strate. Bien noter que cette superficie est en milliers d'ha (1 000 ha).

Figure 15: Fiche de calcul «superficie» utilisée pour les analyses statistiques

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Strate	Superficie pays ('000 ha)			Equivalent Pays		d	
2		1	1 251 (4%)						
3		2	3 938 (12%)						
4		3	2 937 (9%)						
5		4	1 402 (4%)						
6		5	2 101 (6%)						
7		6	6 692 (20%)						
8		7	2 792 (8%)						
9		8	3 899 (11%)						
10		9	3 455 (10%)						
11		10	5 733 (17%)						
12		Tot. Pays	34 200 (100%)						
13	Vider Superficie	Reservé pour No Strate	Reservé pour No UE						
14	SUPERFICIES sur la ligne "15" (cell "B15" pour No								
15	Total Colonne Utilisation des terres (seulement si différent)								
16	Titre Tableaux	F1-Tract							
17	Titre Variables	7 ADM1	2 TractNo	Total	Forêt	Forêt avec régénération naturelle ou assistée	Forêt sur terre ferme	Forêt dense	Forêt dense primaire
18	Value of Variable	6	1	2	2	2	2	2	0
19	Value of Variable	6	2	2	2	2	2	2	2

À la partie «Equivalent Pays» de la feuille «Areas» (cellule en couleur bleu ciel H1), on introduit la lettre de la colonne (requête collée) contenant les superficies équivalentes au pays. Par exemple, si la requête collée contient dans l'ordre les variables «Département» (sur la colonne B), «Numéro UE» (sur la colonne C), «Superficie totale» (sur la colonne D), «Superficie de forêt» (sur la colonne E)..., la lettre à inscrire dans l'équivalent pays est «D».

Sur la feuille «Variables» et sur la ligne «Colonne» dans la feuille «Areas», introduire la lettre de la colonne de la feuille «Areas» par rapport à laquelle on veut exprimer la superficie. Par exemple, si l'on veut avoir la proportion de la superficie des forêts par rapport à la superficie totale, on introduira la lettre de la colonne.

Figure 16: Fiche de calcul «Variables» utilisée pour les analyses statistiques

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Calculer										
2	UNITÉ=	ha	Total	Forêt	Forêt avec régénération naturelle ou assistée	Forêt sur terre ferme	Forêt dense	Forêt dense primaire	Forêt dense secondaire	Forêt dense secondaire adulte	Forêt dense secondaire jeune
3	Vider variables	Colonne dans la feuille "Areas"	d	d	e	f	g	h	h	h	h
4	Estimation	Superficie de référence	Total	Total	Forêt	Forêt avec régénération naturelle ou assistée	Forêt sur terre ferme	Forêt dense	Forêt dense	Forêt dense	Forêt dense
5	Nombre échantillons (n)		451	451	344	343	266	237	237	237	237
6	Estimation Ratio (R)	ha/ha	1,000	0,641	0,996	0,708	0,927	0,468	0,532	0,455	0,455
7	Erreur type relative moyenne (estimation ratio) (ET%)			0,9%	0,1%	1,2%	0,5%	2,4%	2,1%	2,4%	2,4%
8	Estimation total (X)	'000 ha	34 200	21 912	21 822	15 460	14 336	6 714	7 622	6 525	6 525
9	Variance de l'échantillon (V _e)		0,000	0,066	0,001	0,073	0,013	0,076	0,076	0,074	0,074
10											
11	Strate 1										
12			Total	Forêt	Forêt avec régénération naturelle ou assistée	Forêt sur terre ferme	Forêt dense	Forêt dense primaire	Forêt dense secondaire	Forêt dense secondaire adulte	Forêt dense secondaire jeune
13	Nombre échantillons (n)		13	13	7	7	6	5	5	5	5
14	Estimation Ratio (R)	ha/ha	1,00	0,36	1,00	0,95	0,89	0,43	0,57	0,28	0,28
15	Erreur type relative moyenne (estimation ratio) (ET%)			34,3%		6,3%	11,7%	58,8%	44,3%	81,3%	84,3%
16	Estimation total (X)	ha	1 251	456	456	432	386	166	220	110	110
	Sup Class nat dans tot	Sup Class nat dans classes glob	Variables	Areas	Liste	Synthèse	National	Départements			

On peut copier la feuille «Variables» si on a besoin de faire les calculs des superficies par rapport à plusieurs variables.

Effectifs, volumes, biomasse et carbone

Le calcul de ces indicateurs (total et densités à l'hectare) se fait à partir des requêtes suivantes:

- superficies totales;
- superficie placette inventoriée;
- superficie SPR inventoriée;
- effectifs, volume, biomasse ou carbone des arbres de diamètre supérieur à 20 cm en forêt;
- effectifs, volume, biomasse ou carbone des arbres de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm situés sur les SPR en forêt;
- effectifs, volume, biomasse ou carbone des arbres de diamètre supérieur à 10 cm hors forêt.

Toutes les requêtes sur les superficies sont collées en HTML sur la feuille «Areas» et les requêtes sur les effectifs, volume, biomasse ou carbone à estimer sur la feuille «Variables».

Sur la feuille «Areas», et à la ligne 14 «Total Colonne Utilisation des terres (seulement si différent)» pour les colonnes contenant les superficies inventoriées des placettes et les superficies inventoriées des SPR, introduire la lettre de la colonne correspondant dans les superficies totales. Par exemple, si la colonne E contient les superficies **totales des forêts** des UE, la colonne AW les superficies **inventoriées des forêts** des UE, et la colonne DM les superficies des **SPR inventoriées des forêts** des UE, alors on introduira la lettre D à la cellule AW14 et DM14. On introduit également la lettre D dans la cellule H1.

Sur la feuille «Variables», on introduit les références des colonnes contenant les superficies par rapport auxquelles on calcule le ratio. Si sur cette feuille, les effectifs, volume, biomasse ou carbone en forêt des arbres de diamètre supérieur à 20 cm sont par exemple sur la colonne E, on introduira à la cellule E3 la référence AW (superficie de la placette classée comme forêt dans la feuille «Areas»).

En forêt, les effectifs, volume, biomasse ou carbone des arbres de diamètre ≥ 20 cm se rapportent à la superficie des placettes, et les effectifs, volume, biomasse ou carbone des arbres de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm se rapportent à la superficie des SPR. Mais hors des forêts, les effectifs, volumes, biomasse ou carbone sont calculés pour les arbres de diamètre ≥ 10 cm et se rapportent uniquement à la superficie de la placette.

Utilisations et utilisateurs des forêts et arbres hors forêt

La majorité du traitement statistique à ce niveau se fait pour les forêts. Les instructions ci-dessous sont données uniquement pour les forêts, mais peuvent s'adapter pour les zones non-forêt en cas de besoin.

Les instructions sont quasiment similaires au traitement des effectifs, volume, biomasse ou carbone, à l'exception de deux points:

- sur la feuille «Areas», au lieu des superficies totales des départements, on introduit les superficies de forêt des départements dans les cellules C2 à C11. En effet, certaines informations ne sont collectées qu'en forêt, et donc ne peuvent être traitées et présentées que pour les forêts;
- les variables qui ont été mesurées sur les SPC se rapportent à la superficie des SPC et non aux superficies des SPR. Il s'agit par exemple de la régénération, de la texture du sol... En plus des superficies totales, superficies inventoriées de l'UE et superficies inventoriées des SPR, il faudra coller la superficie des SPC sur la feuille «Areas» pour faire référence à ces colonnes en cas de b

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.