

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice



Niveau d'Émissions de Référence pour les Forêts du Burkina Faso

**Soumission au Secrétariat Exécutif de la Convention-
Cadre des Nations Unies sur les Changements
Climatiques**

Version 1 : Janvier 2020

Table des Matières

LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES FIGURES	III
ACRONYMES	IV
REMERCIEMENTS	V
SOMMAIRE EXECUTIF	VI
INTRODUCTION	1
1. CARACTERISTIQUES DU NIVEAU DE REFERENCE DES FORETS POUR LE BURKINA FASO	3
2. BASES DE DONNEES DISPONIBLES	6
2.1 Données d'Activité	6
2.1.1 BDOT 1992, 2002 et 2014.....	6
2.2 Facteurs d'Émission	11
2.2.1 Base de données de l'IFN 2.....	11
2.2.2 Base de données du BUNASOLS.....	13
3. CALCUL DU NIVEAU DE REFERENCE	16
3.1. Approche méthodologique	16
3.2 Estimations des changements d'occupation des terres 1992-2002-2014 (Données d'Activité)	20
3.2.1. Analyse des changements.....	22
3.2.2. Discussions.....	28
3.3 Calcul des Facteurs d'Émissions	29
3.3.1 Analyse statistique des estimations des volumes de l'IFN 2.....	29
3.3.2 Estimation de la biomasse aérienne.....	35
3.3.3 Estimation de la biomasse racinaire.....	38
3.3.4 Carbone organique du sol.....	40
3.3.5 Estimation du Carbone Total.....	44
4. RESULTATS	47
4.1 Calcul des émissions de CO₂	47
4.1.1 Émissions forestières.....	47
4.1.2 Calcul du NRF par domaines phytogéographiques.....	56
4.1.3 Calcul du NRF par régions administratives.....	57
5. ESTIMATION DES INCERTITUDES	59
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	60
ANNEXES	62
REFERENCES	66

Liste des tableaux

Tableau 1: Paramètres et variables utilisés pour le calcul du NERF	3
Tableau 2: Nomenclature de la BDOT MNV/REDD+	7
Tableau 3: Classification des terres du GIEC	9
Tableau 4: Harmonisation des BDOT avec les classes MNV/REDD+ nationales et les catégories GIEC.....	10
Tableau 5: Stratification de l'IFN 2	11
Tableau 6: Données ponctuelles du BUNASOLS.....	14
Tableau 7: Évolution des superficies d'occupation des terres en milliers d'hectares	21
Tableau 8: Superficies des changements d'occupation des terres 1992-2002– 2014 (Catégories GIEC) en milliers d'hectares	24
Tableau 9: Conversion et définition de l'utilisation des terres selon les bonnes pratiques du GIEC.....	25
Tableau 10: Matrice de transition Catégories GIEC 1992-2002 – Les changements sont annuels - Surfaces en milliers d'hectares	26
Tableau 11: Matrice de transition Catégories GIEC 2002-2014 – Les changements sont annuels - Surfaces en milliers d'hectares	26
Tableau 12: Superficies des changements d'occupation des terres 1992-2002 en milliers d'hectares	27
Tableau 13: Analyse de la variance	31
Tableau 14: Résultat des analyses stratifiées.....	32
Tableau 15: Classes non prises en compte dans la base de données IFN 2	34
Tableau 16: Densité moyenne des 10 espèces plus importantes	37
Tableau 17: Répartition du nombre de pieds à mesurer et rendement moyen par équipe d'excavation des racines des arbres par équipe de 10 manœuvres	39
Tableau 18: Ratio entre biomasse aérienne et biomasse souterraine	40
Tableau 19: Carbone Organique du Sol t/ha	43
Tableau 20: Base des données pour le calcul des Facteurs d'Émissions.....	45
Tableau 21: Estimation des émissions forestières 1992-2002	48
Tableau 22: Estimation des émissions forestières 2002-2014	49
Tableau 23: Résultats de l'application de la moyenne historique	53
Tableau 24: Récapitulatif des Émission en milliers de tonne	54
Tableau 25: Récapitulatif des émissions par types d'activités en milliers de tonne	55
Tableau 26: Calcul du NRF par domaine phytogéographique	57
Tableau 27: Synthèse du NRF par Régions Administratives	58
Tableau 28: Tableau 8 : Matrice de transition d'occupation des terres 1992-2002 (surfaces en milliers d'hectares).....	62
Tableau 29: Tableau 8 : Matrice de transition d'occupation des terres 1992-2002 (surfaces en milliers d'hectares).....	63
Tableau 30: Paramètre volume	64
Tableau 31: Paramètre COS.....	65

Liste des figures

Figure 1: Géolocalisation des placettes de l'IFN 2.....	12
Figure 2: Localisation des données ponctuelles BUNASOLS.	14
Figure 3: Régions du Burkina Faso avec cartes morpho pédologiques.	15
Figure 4: Polygones de cartes morpho pédologiques.	16
Figure 5: Formule du calcul des émissions.....	17
Figure 6: Analyse des changements - Tier 3.....	23
Figure 7: Evolution des surfaces Categories GIEC 1992-2014 (000 ha).....	24
Figure 8: Évolution des surfaces forestières 1992-2014.....	27
Figure 9: Évolution des classes forestières 1992-2014.....	28
Figure 10: Occupation des terres et domaines écologiques.....	30
Figure 11: Combinaison des Données d'Activité et Facteurs d'Émissions.....	47
Figure 12: Évolution des émissions basée sur les données IGB.....	50
Figure 13: Exemple de niveau de référence pour les forêts.....	51
Figure 14: Exemple de niveau de référence pour les forêts. Cas du Burkina Faso.....	52
Figure 15: Composantes des émissions.....	54
Figure 16: Émissions / Absorptions annuelles de CO2 1992-2014.....	56
Figure 17: NRF par domaine phytogéographique.....	57
Figure 18: Émissions annuelles par Région.....	59

Acronymes

AESA	Agriconsulting Europe SA
BUNASOLS	Bureau National de Sols
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CIF	Fonds d'Investissement Climatique
COS	Carbone Organique des sols
DA	Données d'Activité
FA	Facteur d'absorption
FCPF	Forest Carbon Partnership Facility
FE	Facteur d'émission
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IFN	Inventaire Forestier National
IGB	Institut Géographique du Burkina
IGN-FI	Institut national de l'information géographique et forestière -France
IVI	Indice de Valeur d'Importance
MNV	Mesure, Notification et Vérification
NERF/NRF	Niveau d'Emissions de Référence des Forêts / Niveau de Référence des Forêts
NR	Niveau de Référence
ONEDD	Observatoire National pour l'Environnement et le Développement Durable
PASF	Projet d'Appui au Secteur Forestier
PGDFEB	Projet Gestion Décentralisée des Forêts et Espaces Boisés
PGFC/REDD+	Projet de Gestion Participative des Forêts Classées pour la REDD+
PIF	Programme d'Investissement Forestier
PNGT	Programme National de Gestion des Terroirs
REDD+	Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts
R-PP	Readiness Preparation Proposal
SNSF	Système National de Surveillance des Forêts
SN-SIF	Service National du Système d'Information Forestier

Remerciements

Le présent document a été élaboré dans le cadre de la préparation du Burkina Faso au processus de la REDD+. Il a été coordonné par le Secrétariat Technique National REDD+ en étroite collaboration avec l'Unité de Coordination du Programme d'Investissement Forestier du Burkina Faso.

L'élaboration de ce document a été possible grâce au soutien technique et financier de :

- la Banque mondiale à travers le Fonds de Partenariat pour le Carbone Forestier (FCPF) ;
- la Banque Africaine de Développement (BAD) ;
- l'Agence Luxembourgeoise pour la Coopération au développement (Lux-Dev).

Les partenaires nationaux ayant participé au processus d'élaboration de ce document sont :

- le Bureau National des Sols (BUNASOLS) ;
- la Direction Générale des eaux et Forêts à travers le Service National du Système d'information Forestier (SN-SIF) ;
- l'Institut Géographique du Burkina (IGB) ;
- l'Observatoire National du Développement Durable (ONDD) ;
- les membres du Comité Technique de Suivi (CTS).

Le Burkina Faso est reconnaissant à la firme Agriconsulting Europe SA (AESA) qui a accompagné les Experts nationaux dans l'élaboration de ce document.

Sommaire exécutif

Le Burkina Faso, pays sahélien admis dans le processus REDD+¹, a donc adopté une approche de construction du NERF/NRF à une échelle nationale, en procédant par étape et en améliorant progressivement la précision des données qui sont utilisées pour le développement du NERF/NRF.

Ce présent NERF/NRF a été donc produit à partir de l'analyse des informations disponibles au moment de sa soumission. Ainsi, l'approche méthodologique dans la construction du NERF/NRF, l'ensemble des données sur la portée, les activités et les facteurs d'émission seront affinés au fur et à mesure de la disponibilité des données plus précises.

Les données actuellement disponibles pour cet exercice de calcul des émissions sont les suivantes :

- Base de données sur l'occupation des terres (BDOT 1992, 2002 et 2014) ;
- Découpage du Pays en zones phytogéographiques ;
- Géolocalisation des placettes d'inventaire, et valeurs dendrométriques associées ;
- Base de données du BUNASOLS pour le Carbone Organique du Sol.

Les caractéristiques principales du Niveau de Référence des Forêts pour le Burkina Faso sont les suivantes :

- **Niveau** : National (Surface totale 27,3 millions d'hectares)
- **Typologie** : Niveau de Référence des Forêts (NRF) considère non seulement les émissions brutes liées à la déforestation et à la dégradation forestière mais aussi les absorptions liées aux dynamiques des terres forestières.
- **Définition nationale de la forêt** : On entend par forêt, un terrain d'une surface minimum de 0,5 ha, avec un couvert forestier de 10% au moins (strate arborée) et des arbres d'une hauteur minimale de 2 m. Sont inclus, les plantations d'arbres à vocation forestière, les parcs agroforestiers.
- **Strates forestières retenues pour la MNV/REDD+ sont les suivantes** :
 1. Forêt claire
 2. Forêt galerie
 3. Savane arborée
 4. Savane arbustive
 5. Steppe arborée
 6. Steppe arbustive
 7. Plantations forestières
 8. Parcs agro forestiers
- **Données d'Activité** : Production de trois bases de données d'occupation des terres (BDOT) de 1992, 2002 et 2014 et deux cartes de changement du couvert végétal des périodes historiques 1992-2002 et 2002-2014. La méthode de traitement des données pour les BDOT MNV/REDD+ 1992, 2002 et 2014 s'est basée sur un traitement supervisé des images satellites Landsat 4, 5, 7 et 8, images ayant une résolution de 30 m. Le seuil minimal de cartographie (MMU) retenu est 0,5 ha soit 5 000 m².

¹ Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts, du rôle de la conservation, la gestion durable des forêts et l'augmentation des stocks de carbone des forêts.

- **Dynamiques du changement du couvert forestier pour le NRF du Burkina Faso.**
 - **Déforestation** : Transition entre terres forestières et terres non forestières
 - **Dégradation forestière** : Perte de stock observé pour les terres forestières restant terres forestières. Peut inclure aussi la perte de biodiversité.
 - **Renforcement des stocks** : Augmentation des stocks par régénération artificielle (plantation forestières) ou naturelle (régénération des jachères) Tier 3.
- **Facteurs d'Émission / Réservoirs de Carbone**
 - **Biomasse aérienne vivante** : Résultats de l'IFN 2 de 2012 basés sur 5 850 échantillons de terrain. Année de référence 2012-2013. Tier 2.
 - **Bois mort** : Résultats de l'IFN 2 de 2012 basés sur 5 850 échantillons de terrain. Tier 2.
 - **Biomasse racinaire** : Pour le moment les estimations du Tier 1 ont été adoptées
 - **Carbone Organique du Sol** : La teneur en COS a été déterminée pour chaque strate sur la base des données du BUNASOLS (1 397 échantillons des sols et cartes morpho-pédologiques). Le COS a été estimé dans les premiers 30 cm de profondeur. Tier 2.
 - **Gaz à effet de serre retenu** : CO₂
 - **Période de référence** : Moyenne historique des deux périodes 1992-2002 et 2002-2014.
- **Résultats**

Le calcul du NRF avec la méthode de la moyenne historique donne un NRF de 6,31 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an pour la période 1992-2014. Cette approche est considérée comme préliminaire en attendant les résultats de l'analyse de la précision et de l'incertitude ainsi que l'amélioration des cartes du changement forestier.

Environ 65% des émissions sont imputables aux émissions liées à la conversion de la biomasse ligneuse tandis que les émissions de CO₂ liées au Carbone Organique du Sol représentent environ 35%.

Pour ce qui concerne les dynamiques du couvert forestier, la déforestation génère 8,72 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an, la dégradation forestière 2,11 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an, tandis que le renforcement des stocks contribue à une séquestration de 4,51 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an.

Les émissions forestières se concentrent largement dans les domaines Soudaniens, respectivement Nord Soudanien (56% du total) et Sud Soudanien (39%). Ces deux régions phytogéographiques totalisent 95% des émissions annuelles. Les émissions des zones Sahéliennes sont marginales (5% du total).

- **Estimation des incertitudes** : Les données disponibles pour le calcul des incertitudes sont :
 1. L'incertitude du volume moyen à l'hectare ;
 2. L'incertitude du COS moyen à l'hectare

L'incertitude de facteurs d'émissions est la somme de la somme de l'incertitude du volume + l'incertitude du COS.

L'incertitude estimée pour les facteurs d'émission est de $\pm 2,9\%$

Quand l'estimation de l'incertitude pour les données d'activité sera disponible on pourra calculer l'incertitude totale.

Introduction

Le Fonds de Partenariat pour le Carbone Forestier (FCPF) pour la réduction des émissions liées à la déforestation et la dégradation des forêts œuvre à soutenir l'élaboration et la mise en place des activités REDD+ ainsi que la réalisation d'un consensus international sur le processus REDD+. La conformité avec les directives de la CCNUCC est l'un des principes directeurs du Programme FCPF.

Les décisions de la CCNUCC sur la REDD+ encouragent les pays en développement à contribuer aux mesures d'atténuation, en entreprenant à titre volontaire des activités aptes à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et à renforcer les puits de carbone dans le secteur forestier.

Dans le cadre du futur mécanisme REDD+ international, un pays devra développer et faire reconnaître un scénario de référence, niveau d'émissions de référence pour les forêts et/ou niveau de référence pour les forêts (NERF/NRF²) dans le contexte de la REDD+ au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) qui sera utilisé pour mesurer ses résultats en matière de réduction d'émissions forestières.

Cet exercice de calcul des émissions de gaz à effet de serre liées à la déforestation et à la dégradation forestière, s'inscrit dans le cadre du Projet d'appui technique « *Élaboration du plan d'action pour le développement d'un système MNV/REDD+, le développement du système MNV/REDD+ détaillé et de l'établissement d'un scénario de référence MNV/REDD+* » que le bureau d'études AESA est en train d'exécuter au bénéfice du Ministère de l'Environnement, de l'Économie Verte et du Changement Climatique du Burkina Faso.

Dans ce contexte, le bureau d'études AESA a procédé à l'élaboration du NRF (Niveau de Référence des Forêts), basé sur les éléments techniques actuellement disponibles, pour rendre possible une estimation du NRF pour le Burkina Faso, et aussi pour faciliter la disponibilité de données à même de servir dans la soumission de la Troisième Communication Nationale du Burkina Faso à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

Le NRF représente le bilan de carbone attendu pour le scénario de maintien du statut au niveau national et sous-national et est basé sur des données historiques et des circonstances nationales. Bien que le NRF ne soit pas une composante du système MNV portée à mesurer les changements réels des stocks de carbone pour chaque période de notification, les estimations NRF et MNV doivent être compatibles car elles sont comparées pour évaluer la performance d'un pays.

La 19^{ème} Conférence des Parties (- / CP.19) a formellement établi que les méthodologies MNV et NRF doivent être cohérentes. La meilleure façon de faire des estimations cohérentes est d'utiliser la même méthodologie, en particulier pour les changements du couvert forestier. À cet égard, toutes les approches méthodologiques agréées au cours de la mise en œuvre du NRF doivent être appliquées de manière cohérente dans le MNV, d'où l'importance de mettre en œuvre un NRF solide et reproductible.

L'établissement d'un NERF/NRF n'est pas un exercice indépendant mais il est lié au système national de surveillance des forêts (SNSF) et aux données et informations qu'il fournit pour la Mesure, la Notification et la Vérification (MNV) des émissions forestières d'origine anthropique par les sources et des absorptions ainsi

² Le présent document utilise les abréviations « NERF/NRF » dans l'ensemble du texte et parfois simplement « niveau de référence pour les forêts » comme terme générique.

que par les réservoirs de carbone. Les pays devront utiliser leurs SNSF pour évaluer les résultats de la mise en œuvre de la REDD+ et estimer leurs émissions et absorptions du secteur forestier dans leurs inventaires nationaux des GES. Les NERF/NRF sont des repères utilisés pour évaluer la performance de la mise en œuvre des activités REDD+. La performance est évaluée en comparant les estimations des émissions après la mise en œuvre des activités REDD+ avec les NERF/NRF.

Pour cette raison, il est essentiel de maintenir la cohérence (dans les méthodologies, les définitions, les détails et les informations fournies) entre les estimations des émissions et les NERF/NRF pour mesurer la performance. Le manque de cohérence pourrait compromettre l'évaluation de la performance.

Les Parties à la CCNUCC ont convenu que les NERF/NRF devront reposer sur les éléments suivants :

- Être exprimés en équivalent dioxyde de carbone par année. D'autres mesures, comme les unités spatiales de la perte de superficie forestière, ne sont pas acceptables comme unité pour exprimer les NERF/NRF au titre de la CCNUCC ;
- Tenir compte des données historiques. Les pays peuvent aussi ajuster leurs NERF/NRF en fonction du contexte national, bien qu'aucune directive détaillée n'ait été fournie pour de tels ajustements ;
- Maintenir la cohérence avec les inventaires nationaux de GES. Les NERF/NRF devraient être cohérents par rapport aux estimations de l'inventaire national des GES. La cohérence avec les inventaires nationaux de GES signifie aussi utiliser les directives et recommandations du GIEC tant pour les inventaires nationaux des GES que pour les NERF/NRF comme base pour l'estimation des émissions forestières de GES par les sources et des absorptions par les puits (GFOI, 2014) ;
- Être établis de façon transparente, fournissant des informations et une justification pour l'élaboration des NERF/NRF ;
- Être développés en adoptant une approche progressive, si jugée pertinente. Les pays en développement pourraient estimer utile d'améliorer leurs NERF/NRF au fil du temps en incorporant des données de meilleure qualité, des méthodologies améliorées et, le cas échéant, des réservoirs supplémentaires. Il est suggéré aussi que les pays mettent à jour leurs NERF/NRF périodiquement pour tenir compte des nouvelles connaissances et tendances et de toute modification de la portée et des méthodologies ;
- Permettre l'emploi de NERF/NRF sous-nationaux comme mesure intérimaire. Les pays peuvent élaborer des NERF/NRF sous-nationaux comme mesure intérimaire mais sont tenus de transiter progressivement vers des NERF/NRF nationaux.

1. Caractéristiques du Niveau de Référence des Forêts pour le Burkina Faso

En soumettant des NERF/NRF et en communiquant les résultats des activités REDD+ à la CCNUCC, les pays devront indiquer leur portée, à savoir quelles activités REDD+, quels réservoirs et gaz sont inclus dans le NERF/NRF. Pour le Burkina Faso les paramètres et les variables utilisés pour les calculs du NRF sont les suivants :

Tableau 1: Paramètres et variables utilisés pour le calcul du NERF

Paramètre ou variable	Présence	Description	Reference	Commentaires
Définition de la forêt	oui	La classification nationale des forêts a adopté les recommandations des experts forestiers nationaux issues de l' « <i>Atelier sur l'état des lieux des activités MNV /REDD+ au Burkina Faso, la définition de la forêt, la détermination NRF/NERF et la méthodologie pour la mise en œuvre du système MNV/REDD+</i> », Loumbila, 2017 et ensuite adoptée a niveau national pendant l'« Atelier national de validation du document guide du système MNV/REDD+ et de la définition de la forêt dans le cadre du processus REDD+», Ouagadougou, 2018. La définition nationale des forêts adoptée est la suivante : <i>On entend par forêt, un terrain d'une surface minimum de 0,5 ha, avec un couvert forestier de 10% au moins (strate arborée) et des arbres d'une hauteur minimale de 2 m. Sont inclus, les plantations d'arbres à vocation forestière, les parcs agroforestiers.</i>		Les strates retenues pour la MNV/REDD+ sont les suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Forêt claire • Forêt galerie • Savane arborée • Savane arbustive • Steppe arborée • Steppe arbustive • Plantations forestières • Parcs agro forestiers

Paramètre ou variable	Présence	Description	Reference	Commentaires
Données d'Activité				
Déforestation	Oui	Transition entre terres forestières et terres non forestières		
Dégradation forestière	Oui	Perte de stock observé pour les terres forestières restant terres forestières		Peut inclure aussi la perte de biodiversité
Renforcement des stocks	Oui	Augmentation des stocks par régénération artificielle (plantation forestières) ou naturelle (régénération des jachères)		Normalement, cela représente la transition entre terres non forestières et terres forestières
Gestion durable et conservation des stocks de carbone	Non	Pour le moment on ne dispose pas de données quantitatives sur ce sujet.		
Facteurs d'Émission / Réservoirs de Carbone				
Biomasse aérienne vivante	Oui	Résultats de l'IFN 2 de 2012 basés sur 5 850 échantillons de terrain. Année de référence 2012-2013. Tier 2.		L'IFN 2 a produit des résultats pour le volume des futs et branches (diamètre minimum de 2 cm). La biomasse a été calculée à partir des valeurs de densité du bois.
Bois mort	Oui	Résultats de l'IFN 2 de 2012 basés sur 5 850 échantillons de terrain. Tier 2.		L'IFN 2 donne des estimations pour le volume de bois mort sur pied. Le bois mort gisant au sol n'est pas inclus
Litière	Non	Pas de données		
Biomasse racinaire	Oui	Pour le moment les estimations du Tier 1 ont été adoptées		Un travail de recherche est en cours d'exécution pour déterminer la biomasse racinaire basés sur

Paramètre ou variable	Présence	Description	Reference	Commentaires
				des mesures directes sur le terrain. Les résultats seront incorporés dans le NRF des que disponibles
Carbone Organique du Sol	Oui	La teneur en COS a été déterminée pour chaque strate sur la base des données du BUNASOLS (1397 échantillons des sols et cartes morpho-pédologiques). Tier 2.		Estimations du COS dans les premiers 30 cm de profondeur.
Gaz à effet de serre	Oui	CO ₂		
Période de référence	Oui	Se base sur les BDOT 1992, 2002 et 2014. Après l'estimation du niveau de précision des changements et leur validation on pourra aligner la période de référence à celle de le Troisième Communication, notamment 1995-2005 et 2005-2015		Cartes de changement de l'occupation des terres pour les années 1992, 2002 et 2014.

2. Bases de données disponibles

2.1 Données d'Activité

2.1.1 BDOT 1992, 2002 et 2014

Dans le cadre de la mise en place du système MNV/REDD+, le MEEVCC a signé avec l'IGB un contrat pour la production de trois bases de données d'occupation des terres (BDOT) de 1992, 2002 et 2014 et deux cartes de changement du couvert végétal des périodes historiques 1992-2002 et 2002-2014.

L'objectif général de cette prestation était de produire des informations géographiques en vue de mettre à la disposition du pays des dispositifs et outils de surveillance environnementale du territoire pour l'analyse des mutations environnementales, en particulier les changements climatiques et la planification des actions d'adaptation et atténuation.

Les objectifs spécifiques de l'étude étaient :

- produire la BDOT MNV/REDD+ en utilisant les images Landsat 4 et 5 de l'année historique (1992) ;
- produire la BDOT MNV/REDD+ en utilisant les images Landsat 7 de l'année historique (2002) ;
- produire la BDOT MNV/REDD+ en utilisant les images Landsat 8 de l'année de référence (2014) ;
- réaliser une carte de changement du couvert forestier de la période historique 1992-2002 ;
- réaliser une carte de changement du couvert forestier de la période historique 2002-2014.

La méthode de traitement des données pour les BDOT MNV/REDD+ 1992, 2002 et 2014 s'est basée sur un traitement supervisé des images satellites Landsat 4, 5, 7 et 8, images ayant une résolution de 30 m.

En tenant compte de la résolution des images Landsat 4, 5, 7 et 8, il est recommandé 0,8 hectares (ha) soit 8 000 m² comme seuil de l'unité minimale de surface à cartographier. Le seuil minimal de cartographie (MMU) retenu est 0,5 ha soit 5 000 m². Le choix de ce MMU tient compte des attentes du MEEVCC, pour être conforme avec la définition de la forêt pour la REDD+.

Les détails majeurs sur la production des 3 BDOT se trouvent dans les documents produits par l'IGB, notamment :

- Production des bases de données d'occupation des terres (BDOT) MNV/REDD+ - *Rapport technique provisoire*, Septembre 2019 ;
- Guide d'utilisation des bases de données d'occupation des terres (BDOT) MNV/REDD+ 1992, 2002 et 2014 - *Version provisoire*, Septembre 2019.

Quant à la nomenclature, elle se présente dans le tableau suivant :

Tableau 2: Nomenclature de la BDOT MNV/REDD+

Code	Nom de la classe	Couleur du Roi ⁴	Nom de la couleur			Type d'occupation
			Rouge	Vert	Bleu	
1	Fc		0	165	0	Forêt claire
2	Fg		19	66	63	Forêt galerie
3	Pf		101	114	72	Plantation forestière
4	Savarbo		152	230	000	Savane arborée
5	Starbo		227	250	117	Steppe arborée
6	Pa		255	230	166	Parc agroforestier
7	Savarbu		170	255	000	Savane arbustive
8	Starbu		211	255	190	Steppe arbustive
9	Ha		230	000	000	Habitat
10	Ca		255	255	000	Culture annuelle
11	Ri		242	204	166	Rizière
12	Cp		215	215	158	Culture permanente
13	Vg		244	142	073	Verger
14	Zh		166	166	255	Zone humide
15	Se		000	204	242	Surface en eau
16	Savher		209	255	115	Savane herbeuse
17	Sther		233	255	190	Steppe herbeuse
18	Sn		192	192	192	Sol nu (érodé, dénudé)
19	Cu		168	112	000	Cuirasse
20	Du		215	176	158	Dune
21	Sa		255	211	127	Sable
22	Ro		128	128	128	Roche nue
23	Zi		000	000	000	Zone incendiée

Source: PIF 2018/Corine Land Cover/IGB.

La couleur du ROI et le nom de la couleur sont issus de la BDOT 2012 et de Corine Land Cover.

La classification nationale des forêts a adopté les recommandations des experts forestiers nationaux issues de l'« Atelier sur l'état des lieux des activités REDD+/MNV au Burkina Faso, la définition de la forêt, la détermination NRF/NERF et la méthodologie pour la mise en œuvre du système MNV/REDD+ », Loumbila, 2017 et ensuite adoptée au niveau national pendant l'« Atelier national de validation du document guide du système MNV/REDD+ et de la définition de la forêt dans le cadre du processus REDD+ », Ouagadougou, 2018.

Lors de l'atelier national qui a eu lieu du 27 au 29 Juin 2017 à Loumbila, la définition de la forêt pour la MNV/REDD+ du Burkina Faso est la suivante :

On entend par forêt, un terrain d'une surface minimum de 0,5 ha, avec un couvert forestier de 10% au moins (strate arborée) et des arbres d'une hauteur minimale de 2 m. Sont inclus, les plantations d'arbres à vocation forestière, les parcs agroforestiers.

Les strates forestières retenues pour la MNV/REDD+ sont les suivantes :

- Forêt claire
- Forêt galerie
- Savane arborée
- Savane arbustive
- Steppe arborée
- Steppe arbustive
- Plantations forestières
- Parcs agro forestiers

Harmonisation des BDOT avec les classes MNV/REDD+ nationales et les catégories GIEC

Les classes originelles des BDOT 1992, 2002 et 2014 ont été regroupées selon les recommandations du GIEC qui propose les catégories suivantes :

Tableau 3: Classification des terres du GIEC

Catégories de sol GIEC	Description
Terres forestières	Cette catégorie comprend toutes les terres à végétation ligneuse cohérentes avec les seuils utilisés pour définir les terres forestières dans l’inventaire national de GES. Elles se subdivisent entre terres exploitées et terres non exploitées et se répartissent par types d’écosystèmes comme le comprend également les systèmes préconisés par les lignes directrices du GIEC. Elles se situent en deçà du seuil de la catégorie des terres forestières mais sont supposées le dépasser.
Terres cultivées	Cette catégorie comprend toutes les terres cultivées ainsi que les systèmes d’agroforesterie dans lesquels la végétation se situe en deçà des seuils définis pour la catégorie des terres forestières, ceci devant être conforme aux définitions nationales.
Prairies	Cette catégorie comprend les terres de parcours et pâturages qui ne sont pas considérés comme des terres cultivées. Elle comprend également les systèmes dont la végétation se situe en deçà du seuil défini pour la catégorie des terres forestières et qui ne sont pas supposés dépasser, sans intervention humaine, le seuil défini pour la catégorie des terres forestières. Cette catégorie comprend enfin les pâturages – des espaces sauvages aux aires de loisirs – ainsi que les systèmes agricoles et sylvopastoraux, subdivisés en terres exploitées et non exploitées, conformément aux définitions nationales.
Terres humides	Cette catégorie comprend les terres couvertes ou saturées d’eau durant toute ou une partie de l’année (comme les tourbières) et qui ne se situent pas dans les catégories des terres forestières, terres cultivées, pâturages ou terres habitées. Cette catégorie peut être subdivisée en terres exploitées et non exploitées, conformément aux définitions nationales. Elle comprend les bassins, en tant que sous-division exploitée, ainsi que les rivières naturelles et les lacs, en tant que sous-divisions non exploitées.
Établissements humains	Cette catégorie comprend toutes les terres viabilisées, notamment les infrastructures de transport et les terres habitées de toutes les tailles sauf si elles sont déjà comprises dans d’autres catégories. Cette classification doit être cohérente avec les définitions nationales.
Autres terres	Cette catégorie comprend les sols nus, les rochers, la glace et toutes les terres non exploitées qui ne relèvent pas des cinq autres catégories. Cela permet de faire en sorte que la totalité des terres identifiées corresponde à la superficie nationale, à condition que les données soient disponibles.

Pour la reclassification, le schéma suivant a été adopté :

Tableau 4: Harmonisation des BDOT avec les classes MNV/REDD+ nationales et les catégories GIEC

Catégorisation GIEC	Strate pour MNV/REDD+ du Burkina Faso
Terres forestières	Forêt claire
	Forêt galerie
	Plantation forestière
	Savane arborée
	Steppe arborée
	Parc agroforestier
	Savane arbustive
	Steppe arbustive
Terres cultivées	Culture annuelle
	Rizière
	Culture permanente
	Verger
Prairies	Savane herbeuse
	Steppe herbeuse
Terres humides	Zone humide
	Surface en eau
Établissements humains	Habitat
Autres terres	Sol nu (érodé, dénudé)
	Cuirasse
	Dune de sable
	Roche nue

2.2 Facteurs d'Émission

2.2.1 Base de données de l'IFN 2

Pour le deuxième pilier du NRF relatif aux Facteurs d'émission, on a utilisé les résultats du Second Inventaire National (IFN 2).

La méthodologie et les résultats de l'IFN 2 sont présentés de façon exhaustive dans le document '*Ministère de l'environnement, de l'économie verte et du changement climatique - Second inventaire forestier national du Burkina Faso, Rapport provisoire (version 3) Mai 2017*'.

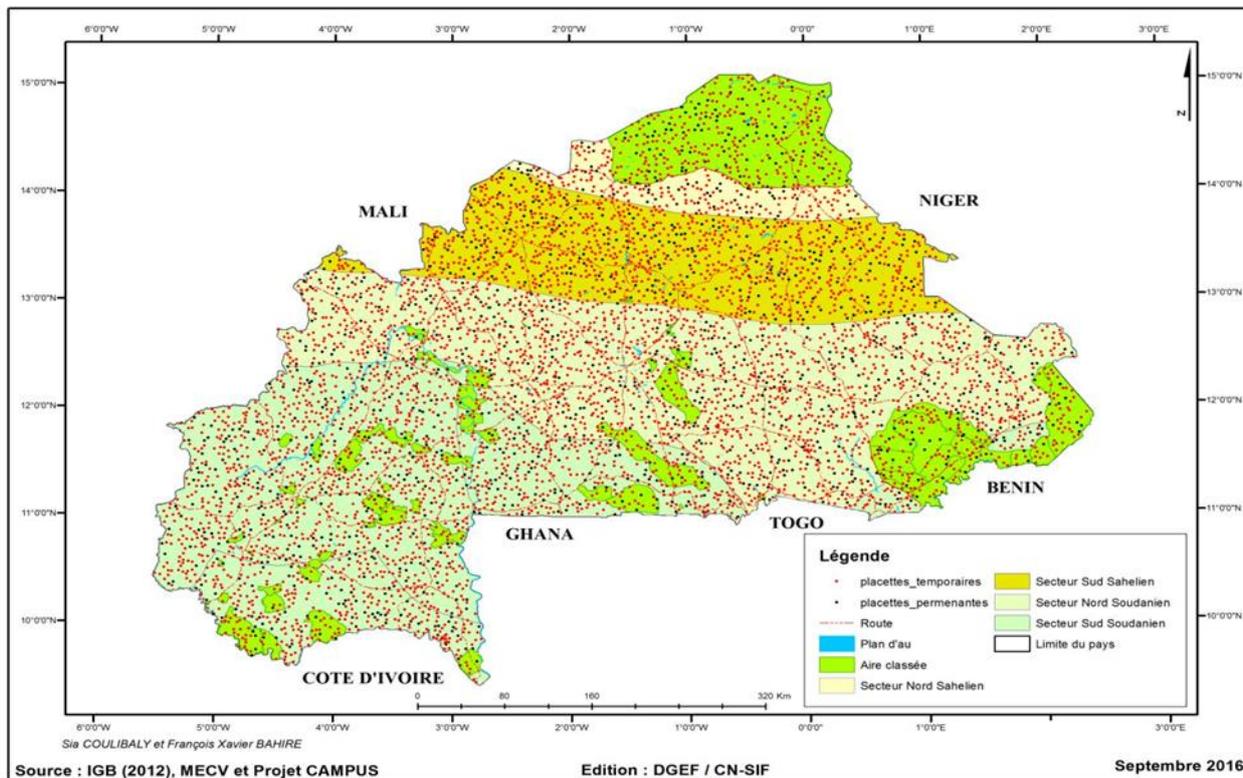
La synthèse de la méthodologie et des résultats de l'IFN 2 qui seront utilisés pour les calculs des Facteurs d'émissions dans le cadre du NRF est présentée ci-dessus.

Tableau 5: Stratification de l'IFN 2

Domain phytogéographique	Catégorie IFN 2	Nombre d'échantillons
SAHELIEN STRICT	Steppe arborée	32
	Steppe arbustive et herbeuse	253
	Territoires agroforestiers	184
	Zones érodées, dénudées ou cuirassées	99
	Zones humides	14
SUD SAHELIEN	Forêt galerie	17
	Plantations forestières et vergers	2
	Steppe arborée	67
	Steppe arbustive et herbeuse	349
	Territoires agroforestiers	540
	Zones érodées, dénudées ou cuirassées	80
NORD SOUDANIEN	Zones humides	10
	Forêt galerie	25
	Plantations forestières et vergers	9
	Savane arborée	173
	Savane arbustive et herbeuse	571
	Steppe arbustive et herbeuse	3
	Territoires agroforestiers	1204
Zones érodées, dénudées ou cuirassées	33	
SUD SOUDANIEN	Zones humides	17
	Forêt claire	4
	Forêt galerie	51
	Plantations forestières et vergers	50
	Savane arborée	529
	Savane arbustive et herbeuse	530
	Territoires agroforestiers	962
Zones érodées, dénudées ou cuirassées	10	
TOTAL		5 850

Au total 5 850 unités d'échantillonnage circulaires de 25 m de rayon ont été inventoriées et les données traitées. Elles sont réparties comme suit : 1 147 placettes permanentes et 4 703 placettes temporaires. L'année de référence de l'IFN 2 est 2012-2013.

Figure 1: Géolocalisation des placettes de l'IFN 2



Résultats de l'IFN 2

Les paramètres estimés à partir des données de l'inventaire portent sur :

- (i) l'état sanitaire des populations d'espèces ligneuses ;
- (ii) le potentiel ligneux sur pied ;
- (iii) la tendance évolutive du volume total de bois au niveau national ;
- (iv) le stock de carbone dans la biomasse ligneuse aérienne ;
- (v) la production de biomasse herbacée et foliaire ;
- (vi) les indices écologiques et de biodiversité.

Néanmoins, il faut noter qu'il reste encore des travaux à faire, notamment l'application des facteurs de densité aux données de volumes actuelles, afin d'obtenir le stock de carbone dans la biomasse ligneuse aérienne.

Pour le calcul du NRF, la variable principale retenue est le volume total sur pied (incluant les branches jusqu'aux 2 centimètres de diamètre).

Estimation du volume total sur pied.

Le volume total sur pied a été estimé en combinant les résultats de l'inventaire forestier national (IFN2) (cf. §II.3, MEEVCC, 2016) avec les équations allométriques qui ont été développées par le projet BKF/015 «

Second Inventaire Forestier National » (IFN 2). L'objectif visé à travers cette étude était de contribuer à la mise au point d'outils fiables de quantification des ressources forestières du pays, à travers l'élaboration d'équations allométriques appropriées pour les estimations des volumes de bois de feu, de bois d'œuvre et de la biomasse foliaire des arbres, à partir des données collectées à cet effet par l'étude. Plus spécifiquement, l'étude a permis de disposer d'équations allométriques individuelles et multi-espèces adaptées (applicabilité) et robustes pour les estimations des volumes de bois de feu, de bois d'œuvre et de la biomasse foliaire par secteur phytogéographique.

Dans le cadre de l'élaboration du NRF/MNV, les équations allométriques pour le bois énergie (découpage minimum 2 cm) et celles pour l'estimation de la biomasse foliaire semblent les plus appropriées. L'échantillonnage utilisé a été important, car 3 120 arbres échantillons ont été abattus, ce qui a permis de développer 21 équations individuelles et 01 équation multi-espèces pour le domaine Soudanien, 19 équations individuelles et 01 équation multi-espèces pour le domaine Sahélien.

Néanmoins, les équations allométriques développées par l'IFN 2 étaient destinées à l'estimation des paramètres de production de bois (bois d'œuvre, bois de service, bois de feu, etc.), ce qui était justement le mandat de l'Inventaire national.

En fait, les nombreuses équations allométriques qui ont été développées pour supporter l'IFN 2 se concentrent sur les volumes des fûts, des branches (> 2cm), et de la biomasse des feuilles.

Il est donc nécessaire d'adapter ces estimations aux paramètres définis pour les facteurs d'émissions, notamment la biomasse et sa transformation en Carbone, pour déterminer la teneur en Carbone et les émissions de CO₂. La méthodologie proposée pour l'estimation de la biomasse aérienne et du contenu en Carbone est présentée dans la Section 4 de ce document.

Au-delà de la biomasse aérienne, le stock de carbone comprend la totalité de la biomasse ligneuse non vivante non contenue dans la litière, debout et couchée sur le sol ou dans le sol. Le bois mort comprend le bois couché sur la surface, les racines mortes et les souches d'un diamètre égal ou supérieur à 10 cm, ou de tout autre diamètre utilisé par le pays.

Les travaux de l'IFN 2 ont effectué des mensurations du bois mort sur pied seulement, donc ce paramètre est incomplet. Il est envisagé lors des travaux futurs, notamment ceux sur la biomasse racinaire, de collecter ces paramètres pour compléter ce pool de carbone.

2.2.2 Base de données du BUNASOLS

Grâce à la disponibilité des données pédologiques (1397 points géo référencés et analysés et 42 provinces couvertes par des cartes morpho pédologiques) assurée par la compétence technique de BUNASOLS, le Bureau National des Sols du Burkina Faso, il a été possible d'élaborer une méthodologie pour l'estimation du Carbone Organique de Sols en utilisant des données locales et en évitant de recourir à des valeurs bibliographiques.

Échantillons de terrain

1 397 points géo référencés qui rapportent, pour les 30 premiers centimètres de profondeur, les données de Carbone organique du sol, la date de collecte, la texture et l'utilisation du sol présent sur le point :

Tableau 6:Données ponctuelles du BUNASOLS

Numéro des profils	X	Y	Occupation des terres	Epaisseurs des horizons (cm)		Argile (%)	Limon (%)	Sables (%)	Texture	C_total (%)	Moy_pond_Carb_30cm
AZ11	706451,993	1317053,206	champ de sorgho sous savane arbustive	0-13		9,8	17,65	72,55	LS	0,438	0,3551
				13-36		31,37	11,77	56,86	LAS	0,292	
AZ21	690134,989	1287270,201	jachère sous savane parc	0-16		9,8	15,69	74,51	LS	0,753	0,55367
				16-48		13,73	19,6	66,67	LS	0,326	
AZ31	709143,993	1267931,197	Zone forestière à végétation ripicole	0-18		27,45	23,53	49,02	LAS	1,179	1,04884
				18-73		37,25	15,69	47,06	AS	0,853	
AZ33	707370,992	1267565,197	savane arbustive à arborée dense	0-17		9,8	27,45	62,75	LS	0,584	0,45743
				17-48		15,69	27,45	56,86	LS	0,292	
AZ39	693848,990	1274314,198	jachère sous svane parc	0-12		5,88	27,45	66,67	LS	0,539	0,50476
				12-32cm		13,73	21,56	64,71	LS	0,482	
AZ42	700393,991	1273305,198	Champ de sorgho sous savane parc	0-17		23,53	35,29	41,18	L	0,707	0,63896
				17-38		33,33	31,38	35,29	LA	0,55	
AZ45	703268,992	1276033,199	rizière sous savane parc	0-15		23,53	43,14	33,33	L	1,392	0,99942
				15-36		19,61	43,14	37,25	L	0,607	
AZ69	702580,992	1205700,204	champs de sorgho sous savane arbustive	0-15		7,84	19,61	72,55	LS	0,426	

La représentation spatiale est la suivante :

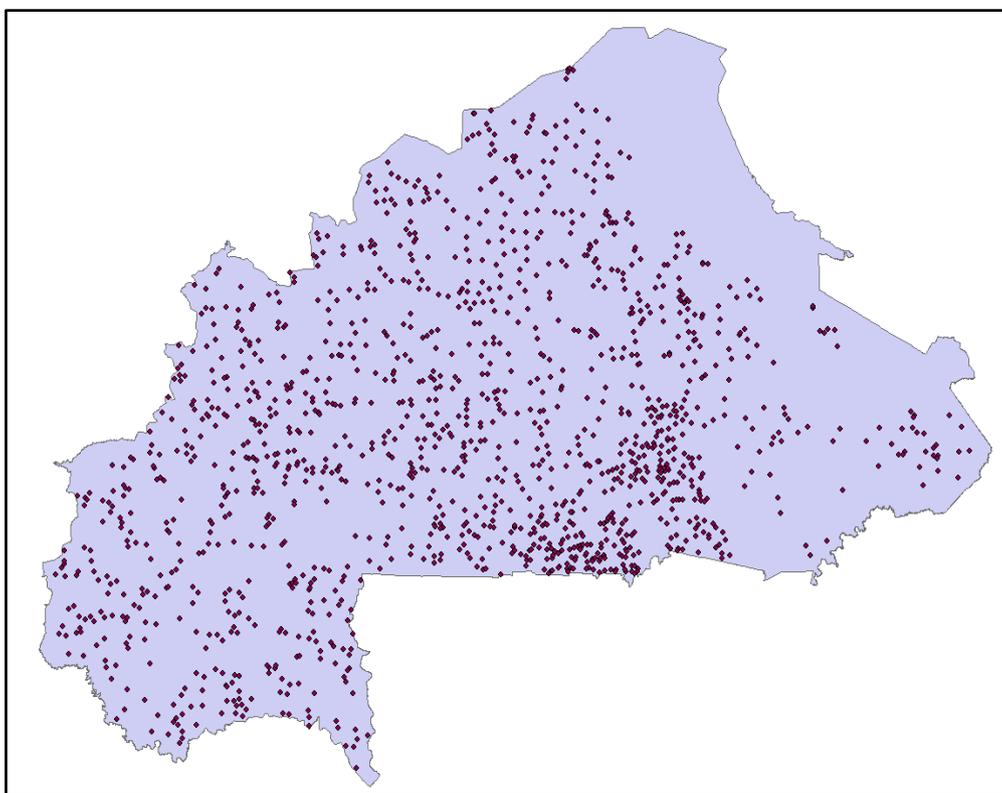


Figure 2: Localisation des données ponctuelles BUNASOLS.

Les cartes ne sont pas harmonisées entre elles, et contiennent un total de 62 509 polygones et portent une légende qui indique uniquement la classification du sol selon le Référentiel Pédologique Français.

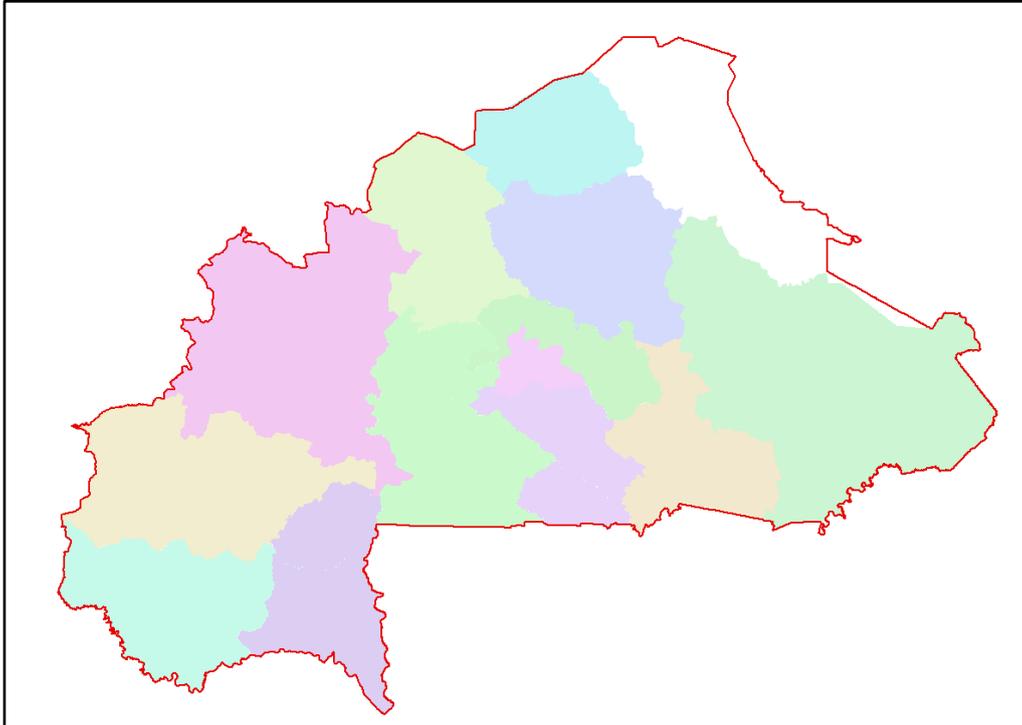


Figure 3: Régions du Burkina Faso avec cartes morpho pédologiques.

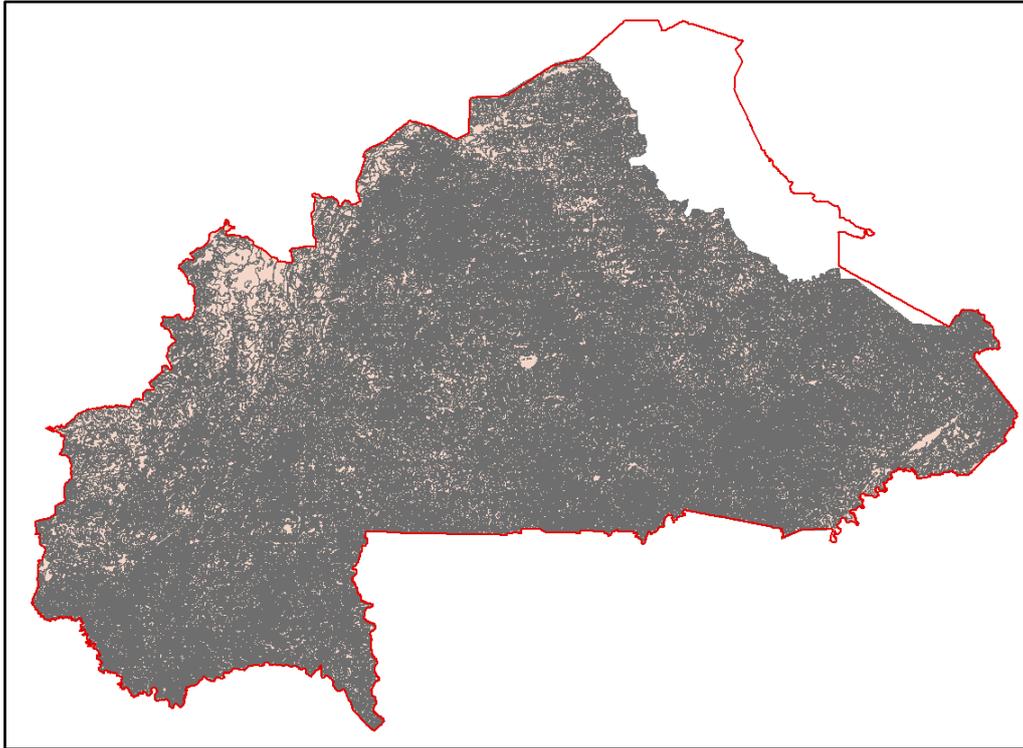


Figure 4: Polygones de cartes morpho pédologiques.

À travers le contrôle de la qualité, l'harmonisation des données de BUNASOLS et à leur intégration avec les informations trouvées sur des sites web spécialisés, des analyses de congruence ont été effectuées sur toutes les données fournies et les valeurs de carbone organique de sols ont été calculées et pesées pour les 30 premiers centimètres de sol.

3. Calcul du Niveau de Référence

3.1. Approche méthodologique

L'approche méthodologique établie par la CCNUCC envisage deux définitions et procédures pour le calcul du Niveau de Référence des Forêts, notamment :

Le NERF (Niveau de Référence des Émissions Forestières).

Cette approche considère seulement les émissions de CO₂ liées aux émissions de la déforestation et de la dégradation forestière. Le calcul se limite à une estimation des émissions liées à la déforestation brute (conversion entre forêt et agriculture ou pâturage). Cette approche implique que l'utilisation finale des terres ait une biomasse estimée à zéro. (Forêt → Agriculture intensive ou pâturage). Cette approche est valable pour les Pays où la déforestation est totale dans le processus (Brésil, Indonésie par exemple), mais la situation est différente au Burkina Faso où les transitions de stock de Carbone sont plus dynamiques.

Pour le Burkina Faso on estime que la meilleure approche à adopter est la suivante :

Le NRF (Niveau de Reference des Forêts).

Cette approche diffère de la précédente car elle considère non seulement les émissions brutes liées à la déforestation et à la dégradation forestière mais aussi les absorptions liées aux dynamiques des terres

forestières. Dans le cas du Burkina Faso, les facteurs d'absorptions de CO₂, en analysant les BDOT 1992, 2002 et 2014 sont liés à la régénération des jachères, au renforcement des stocks et au reboisement.

Pour ces raisons, les calculs présentés dans ce document, prenant en compte toutes les estimations du **NRF** font référence à la formule suivante :

$$\text{NRF} = \text{EMISSIONS} - \text{ABSORPTIONS CO}_2$$

Les NRF/NRF doivent être exprimés en tonnes d'équivalent dioxyde de carbone par an. L'utilisation d'une autre unité de mesure, par exemple un hectare de superficie forestière perdue, n'est donc pas acceptable au titre de la CCNUCC.

Un facteur d'émission ou d'absorption (FE ou FA) représente le coefficient qui quantifie les émissions ou les absorptions d'un gaz par unité spatiale d'activité REDD+ et s'exprime normalement en tonnes de CO₂ équivalent à l'hectare.

Les facteurs d'émissions reposent souvent sur un échantillon de données de mesure. C'est le cas pour l'IFN 2 et les données du BUNASOLS, qui sont moyennées pour élaborer un taux d'émission représentatif pour un niveau donné de changement d'affectation des terres en rapport avec les forêts dans un ensemble donné de conditions de fonctionnement.

Pour estimer les émissions et les absorptions d'une forêt (GIEC, 2003, 2006), le FE doit être multiplié par des données sur l'étendue géographique des activités humaines visées (appelées « données d'activités » - DA).

Cette opération est illustrée dans la figure suivante.

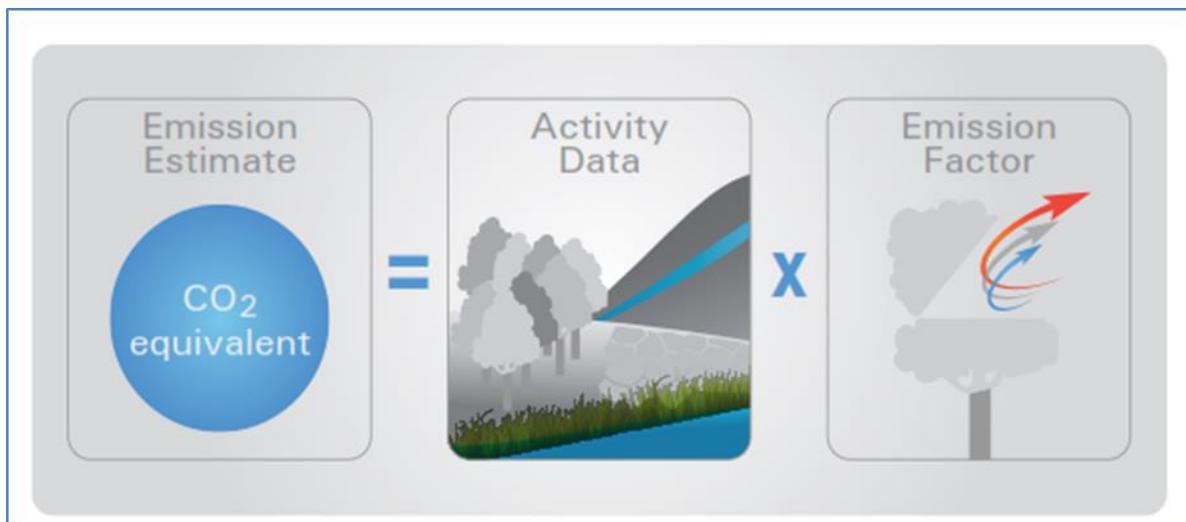


Figure 5: Formule du calcul des émissions

Deux méthodes sont proposées par le GIEC (2006) pour estimer les changements dans les stocks de carbone.

1. La méthode de la différence des stocks : l'estimation de la différence des stocks de carbone d'une même unité spatiale entre deux périodes de mesure. Il s'agit normalement de comparer les mesures prises lors de deux cycles d'inventaire forestier national.
2. La méthode des gains-pertes. Cette méthode consiste à déduire les pertes de carbone des gains pour une même unité spatiale et pour une période donnée.

Jusqu'à présent, l'approche généralement retenue par les pays en développement pour estimer les émissions historiques dues à la déforestation et construire ainsi leurs NERF/NRF consiste à créer des données d'activités à partir d'images satellitaires (Landsat ou à plus haute résolution, par exemple).

Les facteurs d'émission sont ensuite estimés en calculant la différence entre le stock moyen de carbone dans la biomasse forestière et le stock moyen de carbone de la biomasse présente sur la superficie, résultant de la conversion ou de l'altération de la forêt (agriculture, par exemple) pour une période donnée. Dans cette approche, les stocks moyens de carbone des deux utilisations des terres sont estimés sur la base des données de l'IFN (d'un cycle seulement et non pas en comparant deux cycles comme dans la méthode de la différence des stocks).

Pour l'élaboration du NRF du Burkina Faso la méthode des gains-pertes a été adoptée.

Dynamiques du changement

Pour cette étude, une approche NRF sera adoptée (Émissions nettes), et les procès à considérer sont les suivants :

1. Déforestation

Transition entre terres forestières et terres non forestières.

Les changements de stock de Carbone pour les transitions entre Terres forestières → terres non forestières sont prises en compte dans cette étude.

2. Dégradation forestière

Perte de stock observée pour les terres forestières restant terres forestières. Peut inclure aussi la perte de biodiversité.

Il n'y a pas de définition officielle ou convenue de la dégradation, mais elle peut être décrite comme la perte directe à long terme, induite par l'homme, des stocks de carbone forestier, non qualifiée comme déforestation. Par conséquent, cela implique une diminution des stocks de carbone, avec un couvert mesuré restant au-dessus du seuil de définition de la forêt et aucun changement dans l'utilisation des terres, persistant dans le temps.

La définition générique de la dégradation des forêts (*réduction de la capacité de la forêt de fournir des biens et des services*) fournit un cadre commun pour toutes les définitions internationales et est aussi compatible avec l'approche dite « service rendu par les écosystèmes ».

En général, la revue des définitions existantes montre que beaucoup de définitions sont soit très générales soit centrées sur la réduction de la productivité, la biomasse ou la diversité. Les définitions qui ne font pas cas des bénéfices multiples de la forêt peuvent traiter de façon complète des valeurs de la forêt mais elles sont plus difficiles à utiliser à des fins internationales et de manière cohérente et transparente.

Dans notre cas, le suivi de la dégradation peut s'articuler autour des activités suivantes :

- Certains processus peuvent être détectés par télédétection, comme par exemple le passage entre différentes classes du domaine forestier (forêt->savane ou forêt->parc agroforestier). Dans les cas de transition entre forêt et parc agroforestier, même si les émissions peuvent ne pas être très

grandes car les parcs agroforestiers conservent une biomasse assez importante, la transition se qualifie comme dégradation puisque seulement certaines espèces sont préservées pour leur utilité (production de produits forestiers non ligneux, ombrage...) mais il y a quand même une perte de biodiversité.

- Les changements à l'intérieur de chaque classe forestière ne peuvent pas être détectés à l'aide d'images satellitaires. Dans ce cas, une source d'information précieuse peut être représentée par le suivi des placettes permanentes de l'IFN 2 qui est en cours. Chacune des 1 200 placettes permanentes accessibles est en train d'être remesurée. Cet exercice permettra une comparaison des stocks en 2012 avec les stocks de 2017 et ainsi de suite. Ce travail pourrait être qualifié comme la méthode de la différence des stocks : proposée par le GIEC (2006), soit l'estimation de la différence des stocks de carbone d'une même unité spatiale entre deux périodes de mesure. Il s'agit normalement de comparer les mesures prises lors de deux cycles d'inventaire forestier national.

Dès que les résultats du deuxième cycle d'inventaire seront disponibles, on pourra faire une évaluation afin de les intégrer dans le NRF. A cet effet, il faut signaler qu'il faudra soigneusement éviter un double comptage entre déforestation et dégradation forestière.

3. Renforcement des stocks

Pour le renforcement des stocks l'approche méthodologique est similaire à celle du suivi de la dégradation.

Il y aura certains processus qui pourront apparaître dans les images satellitaires (comme la régénération naturelle des jachères suite à l'abandon de l'agriculture).

4. Conservation des stocks de carbone et de la gestion durable des forêts.

Pour d'autres processus, comme les plantations forestières et l'aménagement forestier à petite échelle, les recommandations de l'«*Atelier sur l'état des lieux des activités MNV/REDD+ au Burkina Faso, la définition de la forêt, la détermination NRF/NERF et la méthodologie pour la mise en œuvre du système MNV/REDD+*», Loumbila, 2017 suggèrent de s'appuyer sur les données produites par le MEEVCC. Il faut quand même remarquer que pour l'inclusion dans le NRF, en plus des données qualitatives, on aura besoin de données quantitatives qui ne sont pas actuellement disponibles.

3.2 Estimations des changements d'occupation des terres 1992-2002-2014 (Données d'Activité)

Les 3 BDOT (1992 -2002 - 2014) ont été classifiées suivant le schéma de classification adoptée par le MNV /REDD+ (Chapitre 2.1) et validé par deux (2) ateliers.

L'évolution des surfaces des 21 classes originelles des BDOT pour les années de référence 1992, 2002 et 2014, est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 7: Évolution des superficies d'occupation des terres en milliers d'hectares

Catégorie BDOT	1992	2002	2014	Changement annuel 1992-2002	Changement annuel 1992-2002	Changement annuel 2002-2014
Forêt claire	22,7	21,6	7,5	-0,1	-1,2	-0,7
Forêt galerie	376,1	339,9	193,7	-3,6	-12,2	-8,3
Plantation forestière	12,0	12,3	8,0	0,0	-0,4	-0,2
Savane arborée	1203,7	870,6	927,4	-33,3	4,7	-12,6
Steppe arborée	416,4	361,5	409,0	-5,5	4,0	-0,3
Parc agroforestier	5438,2	6339,3	7217,5	90,1	73,2	80,9
Savane arbustive	11280,5	9482,0	8175,1	-179,8	-108,9	-141,2
Steppe arbustive	3562,0	3183,9	2945,5	-37,8	-19,9	-28,0
Sous Total Forêts	22311,5	20611,1	19883,7	-170,0	-60,6	-110,4
Habitat	99,0	126,6	261,6	2,8	11,3	7,4
Culture annuelle	2410,0	4094,0	4556,9	168,4	38,6	97,6
Rizière	24,9	39,5	43,8	1,5	0,4	0,9
Culture permanente	18,5	21,7	32,7	0,3	0,9	0,6
Verger	2,6	11,4	91,2	0,9	6,6	4,0
Zone humide	37,3	45,6	44,3	0,8	-0,1	0,3
Surface en eau	62,4	117,0	127,5	5,5	0,9	3,0
Savane herbeuse	732,2	962,3	825,7	23,0	-11,4	4,3
Steppe herbeuse	1453,9	1144,2	1238,3	-31,0	7,8	-9,8
Sol nu	91,8	79,7	144,7	-1,2	5,4	2,4
Cuirasse	41,0	39,3	42,4	-0,2	0,3	0,1
Dune de sable	6,2	6,3	6,2	0,0	0,0	0,0
Roche nue	49,6	42,2	42,0	-0,7	0,0	-0,3
Total	27341,0	27341,0	27341,0	0,0	0,0	0,0

Source : BDOT IGB,2019

3.2.1. Analyse des changements

Pour le MNV/REDD+ du Burkina Faso le Tier 3 sera adopté. Le niveau 3 fournit des observations explicites spatialement des catégories d'utilisation des terres et des conversions qui peuvent détecter des tendances se produisant à des endroits spécifiques.

Analyse des changements – Niveau 3

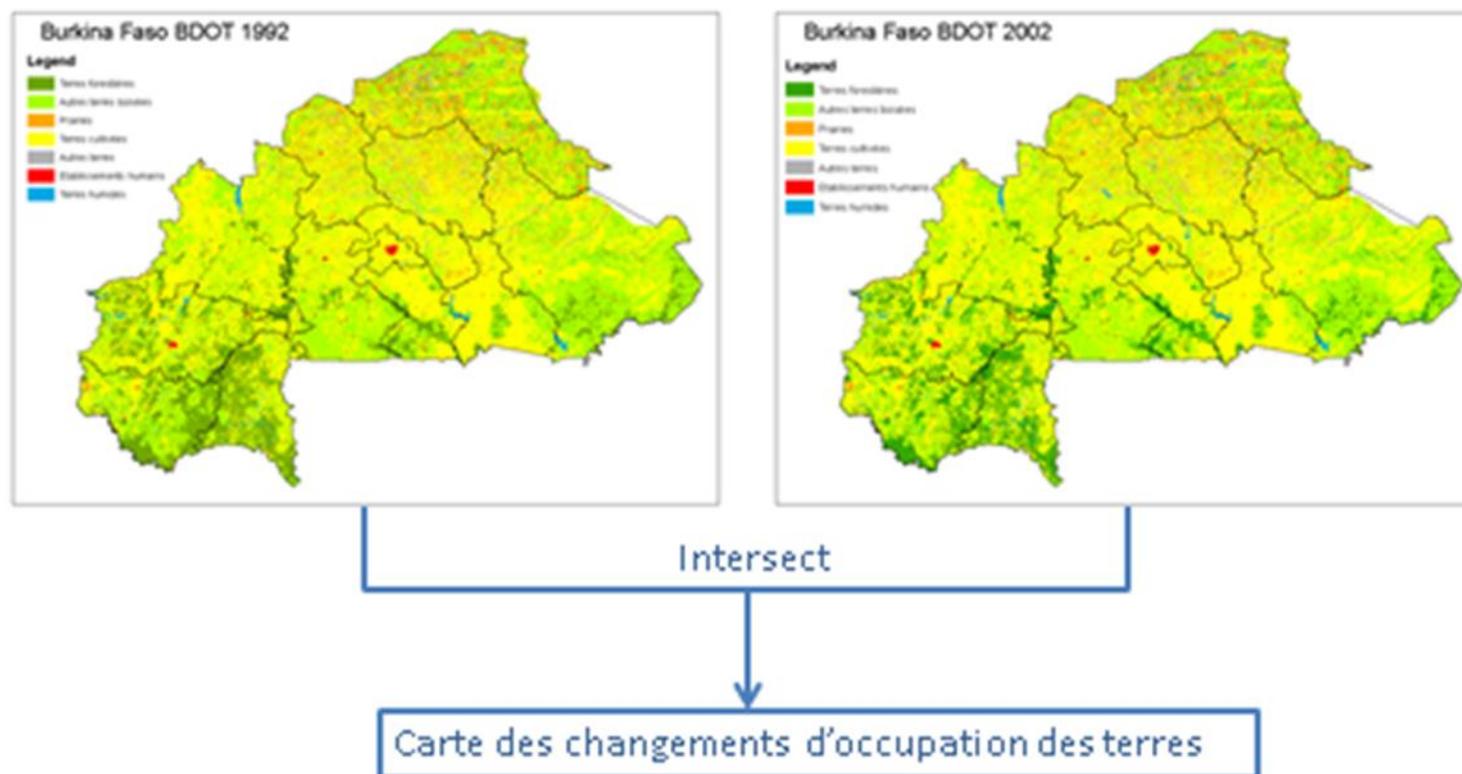


Figure 6: Analyse des changements - Tier 3

Tableau 8: Superficies des changements d'occupation des terres 1992-2002– 2014 (Catégories GIEC) en milliers d'hectares

Catégorie GIEC	1992	2002	2014	Changement annuel 1992-2002	Changement annuel 2002-2014	Changement annuel 1992-2014
Terres forestières	22311,5	20611,1	19883,7	-170,0	-60,6	-110,4
Terres cultivées	2456,1	4166,7	4724,6	171,1	46,5	103,1
Prairies	2186,1	2106,5	2064,0	-8,0	-3,5	-5,5
Terres humides	99,7	162,6	171,8	6,3	0,8	3,3
Établissements humains	99,0	126,6	261,6	2,8	11,3	7,4
Autres terres	188,6	167,5	235,3	-2,1	5,7	2,1
Total	27341,0	27341,0	27341,0	0,0	0,0	0,0

Source : BDOT, IGB, 2019

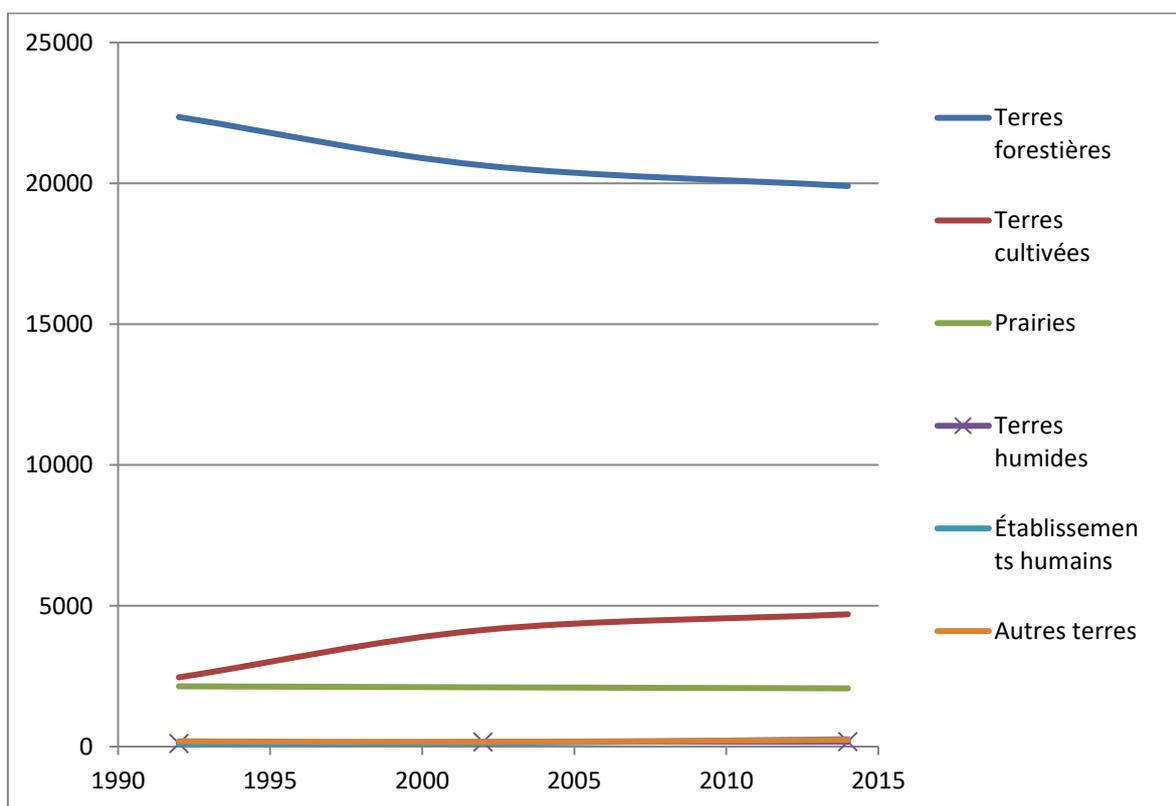


Figure 7: Evolution des surfaces Catégories GIEC 1992-2014 (000 ha)

Les résultats de niveau (Tier 3) se caractérisent par la représentation des résultats en forme de matrices de transitions qui présentent les passages entre les différentes classes d'utilisation des terres (positifs ou négatifs).

Les matrices de transitions présentent les avantages suivants :

- Possibilité d'étudier non seulement les gains et les pertes de chaque classe mais aussi les processus de changement, ce qui est essentiel pour le suivi des activités REDD+ ;
- En association avec les données de biomasse ligneuse et du Carbone Organique du Sol pour les mêmes classes, elles permettent une estimation précise des niveaux d'émission associés à chaque transition.

Le GIEC propose des méthodes permettant d'estimer les émissions pour les terres appartenant à une catégorie donnée et pour les terres qui ont été converties d'une catégorie à une autre. Le Tableau suivant montre les conversions possibles et les codes conventionnels utilisés à cet égard.

Tableau 9: Conversion et définition de l'utilisation des terres selon les bonnes pratiques du GIEC

Catégories de terres maintenues	Catégories de terres converties
FF = Terres forestières restant terres forestières	LF = Terres converties en terres forestières
CC = Terres cultivées restant terres cultivées	LC = Terres converties en terres cultivées
GG = Prairies restant prairies	LG = Terres converties en prairies
WW = Terres humides restant terres humides	LW = Terres converties en terres humides
SS = Terres habitées restant terres habitées	LS = Terres converties en terres habitées
OO = Autres terres restant autres terres	LO = Terres converties en autres terres

Suivant ces lignes directrices, les matrices de transition basées sur les données de l'IGB ont été calculées.

Tableau 10: Matrice de transition Catégories GIEC 1992-2002 – Les changements sont annuels - Surfaces en milliers d’hectares

Catégorie GIEC	Terres forestières	Terres cultivées	Prairies	Terres humides	Établissements humains	Autres terres	Total 1992
Terres forestières	17907,0	303,5	128,1	7,3	2,3	3,6	22355,3
Terres cultivées	146,0	867,8	10,2	1,0	0,7	1,2	2459,3
Prairies	121,1	21,3	694,1	0,5	0,1	1,7	2140,7
Terres humides	1,8	0,5	0,3	73,4	0,0	0,0	99,3
Établissements humains	0,1	0,0	0,0	0,0	95,8	0,0	97,5
Autres terres	4,1	2,0	2,6	0,1	0,0	101,0	188,9
Total 2002	20638,1	4141,2	2105,6	162,6	126,5	167,0	27341,0

Déforestation	Renforcement des stocks	Stable
---------------	-------------------------	--------

Tableau 11: Matrice de transition Catégories GIEC 2002-2014 – Les changements sont annuels - Surfaces en milliers d’hectares

Catégorie GIEC	Terres forestières	Terres cultivées	Prairies	Terres humides	Établissements humains	Autres terres	Total 2002
Terres forestières	16371,1	240,1	101,0	3,2	6,4	4,9	20638,1
Terres cultivées	189,6	1602,1	14,1	0,5	4,4	3,0	4141,2
Prairies	100,1	16,2	664,6	0,4	0,8	2,5	2105,6
Terres humides	2,7	0,5	0,2	122,3	0,0	0,0	162,6
Établissements humains	0,3	0,1	0,1	0,0	120,9	0,0	126,5
Autres terres	2,0	1,0	1,7	0,0	0,1	109,5	167,0
Total 2014	19906,2	4698,8	2068,3	171,7	261,2	234,8	27341,0

Déforestation	Renforcement des stocks	Stable
---------------	-------------------------	--------

Les matrices de transition complètes pour les périodes 1992-2002 et 2002-2014 pour les 21 classes BDOT sont présentées en Annexe 1.

Déforestation

Tableau 12: Superficies des changements d'occupation des terres 1992-2002 en milliers d'hectares

Catégorie BDOT	1992	2002	2014	Changement annuel 1992-2002	Changement annuel 2002-2014	Changement annuel 1992-2014
Forêt claire	22,7	21,6	7,5	-0,1	-1,2	-0,7
Forêt galerie	376,1	339,9	193,7	-3,6	-12,2	-8,3
Plantation forestière	12,0	12,3	8,0	0,0	-0,4	-0,2
Savane arborée	1203,7	870,6	927,4	-33,3	4,7	-12,6
Steppe arborée	416,4	361,5	409,0	-5,5	4,0	-0,3
Parc agroforestier	5438,2	6339,3	7217,5	90,1	73,2	80,9
Savane arbustive	11280,5	9482,0	8175,1	-179,8	-108,9	-141,2
Steppe arbustive	3562,0	3183,9	2945,5	-37,8	-19,9	-28,0
Sous Total Forêts	22311,5	20611,1	19883,7	-170,0	-60,6	-110,4

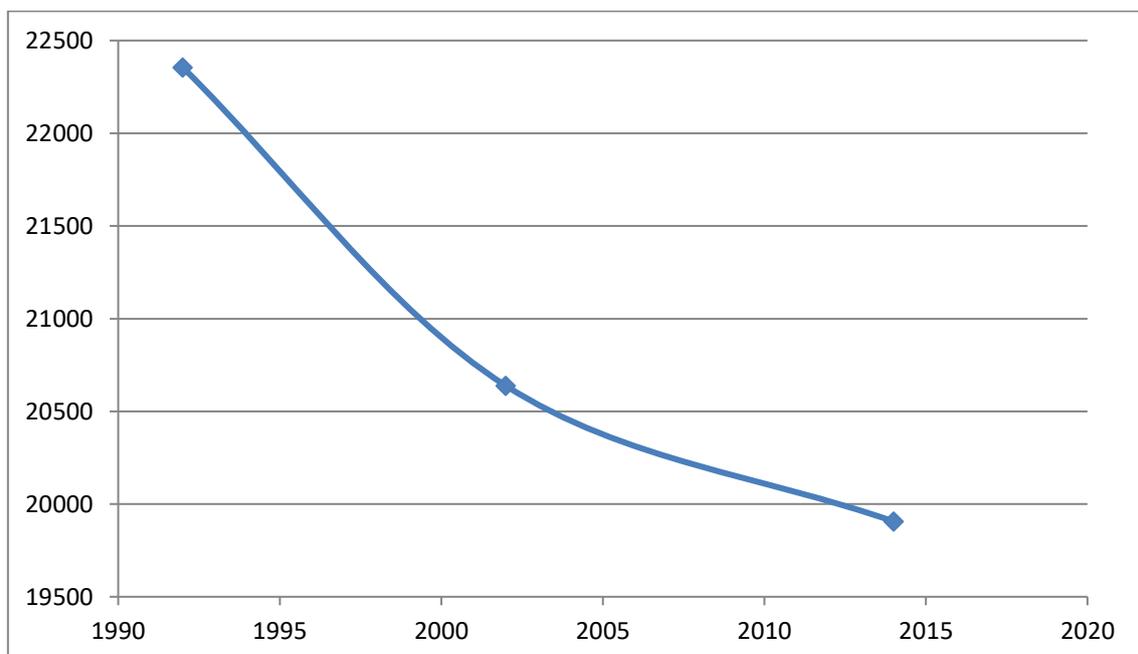


Figure 8: Évolution des surfaces forestières 1992-2014

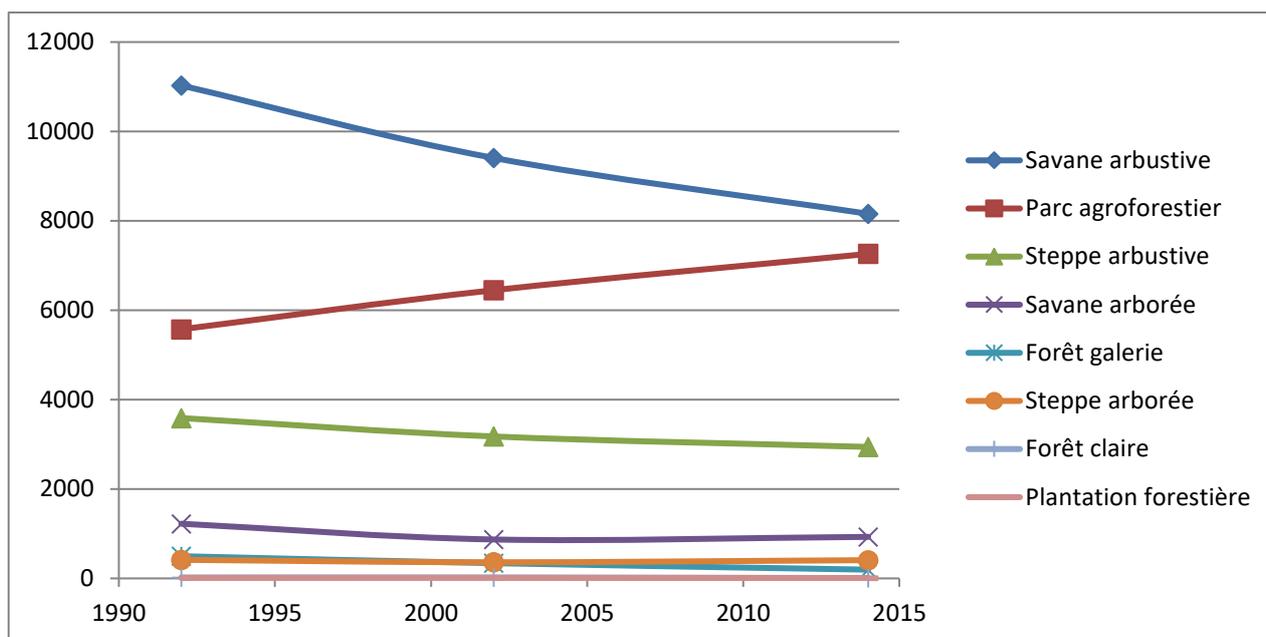


Figure 9: Évolution des classes forestières 1992-2014

3.2.2. Discussions

La déforestation selon les données de l'IGB passe de 170,0 milliers d'hectares par an entre 1992-2002 à 60,6 milliers d'hectares par an entre 2002-2014. Donc une diminution importante.

Parallèlement on constate une diminution de la croissance des Terres cultivées de 171,1 milliers d'hectares par an entre 1992-2002 à 46,5 milliers d'hectares par an entre 2002-2014. Donc aussi une diminution importante de la croissance des terres cultivées.

Question : les dynamiques de changement entre terres forestières et terres cultivées sont-elles réelles ou y a-t-il confusion de classes ?

Les matrices de transition présentent des problèmes d'interprétation qui peuvent être résumés dans les confusions possibles suivantes :

- Confusions entre cultures annuelles et les parcs agro-forestiers ;
- Confusion entre les sols nus et les cultures annuelles ;
- Difficulté de dissocier la steppe herbeuse de la steppe arbustive ;
- Difficulté de dissocier la savane herbeuse de la savane arbustive.

La difficulté d'interpréter les transitions et les tendances d'évolution d'occupation des terres pose des problèmes pour le calcul du NRF.

L'exercice de calcul de la précision des BDOT MNV/REDD+ qui est en cours peut donner une clarification à ce sujet.

Seulement en disposant des résultats de cette étude on pourra valider ou infirmer les résultats de l'IGB.

La difficulté d'interpréter les transitions et les tendances d'évolution d'occupation des terres pose des problèmes pour le calcul du NRF.

Il est donc urgent de finaliser l'étude d'évaluation de la précision des changements d'occupation de terres, qui est en cours.

Les résultats de cette étude pourront aider dans la définition des stratégies possibles pour améliorer l'estimation des données d'activité. Les axes stratégiques possibles sont les suivants :

- Accepter les données de l'IGB et calculer le niveau d'incertitude associé ;
- Formuler un plan d'action pour améliorer la précision des données d'activité produites par l'IGB ;
- Dans le pire des cas, envisager d'abandonner les données de l'IGB et poursuivre avec une stratégie alternative pour l'estimation des données d'activité, comme par exemple l'échantillonnage avec Collect-Earth.

3.3 Calcul des Facteurs d'Émissions

3.3.1 Analyse statistique des estimations des volumes de l'IFN 2

Pour utiliser de façon optimale les données de l'IFN 2 dans le cadre de l'estimation du NRF il a été procédé à une analyse statistique pour consolider les résultats.

Pour ce faire, la démarche méthodologique suivante a été adoptée :

Une analyse préliminaire de la répartition des volumes suggère qu'il y a deux facteurs discriminants dans la détermination du volume de bois des formations ligneuses, c'est à dire :

- Le type de formation ligneuse, et
- Le domaine phytogéographique.

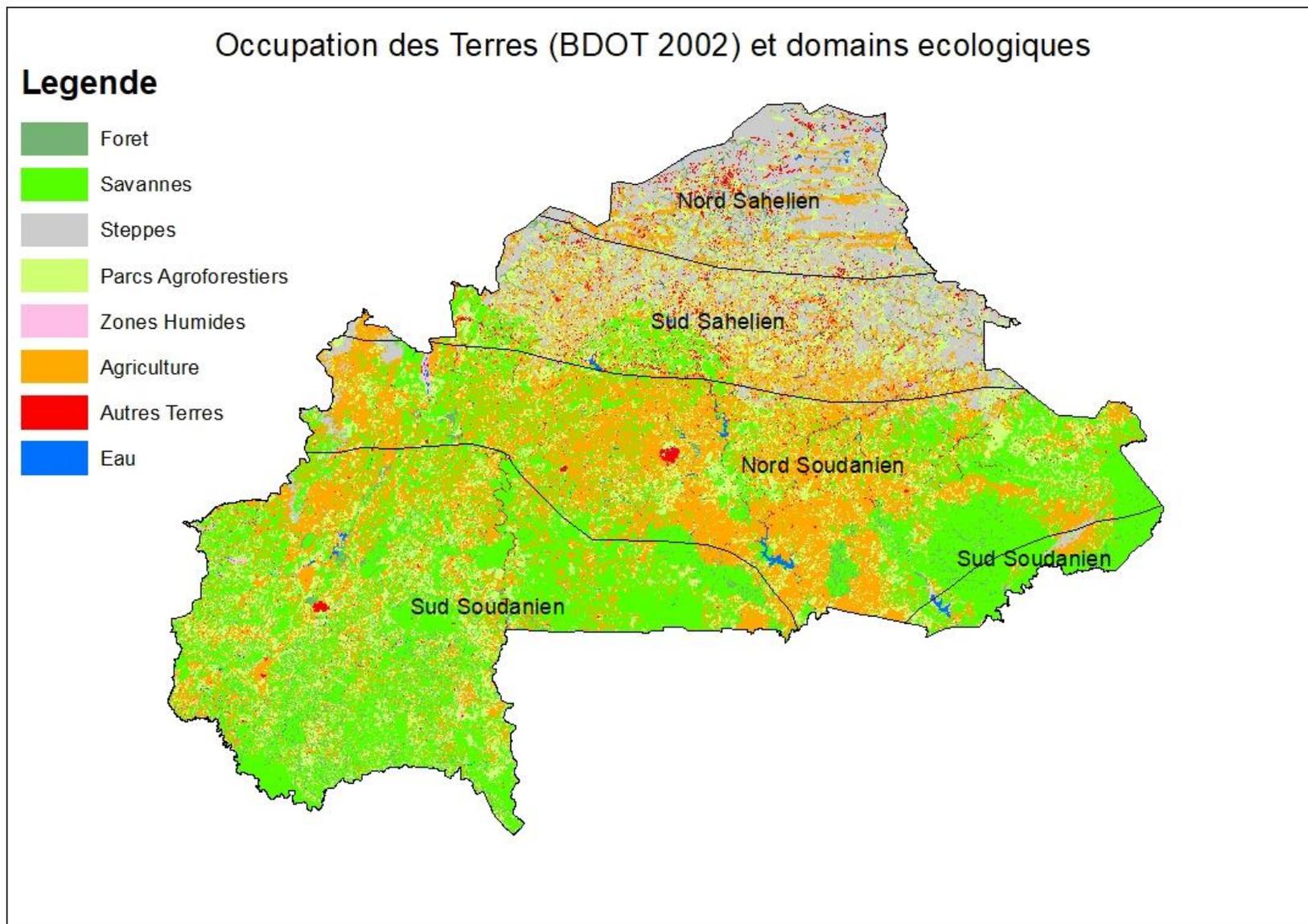


Figure 10: Occupation des terres et domaines écologiques

Pour vérifier statistiquement cette hypothèse, il a été procédé à une analyse statistique de variance pour deux facteurs (two-ways ANOVA). Utilisant le logiciel SAS JMP, on a obtenu les résultats suivants :

Tableau 13: Analyse de la variance

Origine	DF	Somme des carrés	Moyenne quadratique	Rapport F
Model	12	490 415,2	40 867,9	29,9993
Erreur	5 837	7 951 720,8	1 362,3	Prob > F
C. totale	5 849	8 442 136,1		<,0001*

Les résultats de l'analyse statistique confirment la validité des hypothèses formulées.

Pour le model à deux variables, la valeur du paramètre F (Student Fisher) est de

F = 29,9993 Prob > F: 0,0001

Test des effets

Origine	Nparm	DF	Somme des carres	Rapport F	Prob > F
Domaine phytogéographique	3	3	28 937,30	7,0805	<,0001*
Classe de végétation	9	9	277 477,29	22,6315	<,0001*

En plus chacun des deux facteurs est significatif avec une probabilité > 99,99 %, notamment :

Domaine phytogéographique : F = 7,0805	Prob > F : <,0001*
Classe de végétation : F = 22,6315	Prob > F : <,0001*

Donc une probabilité de plus de 99,99% est calculée pour chaque facteur et sera confirmée dans les analyses suivantes :

Détail des effets

Domaine phytogéographique

Niveau	Moyenne	Erreur type
NORD SOUDANIEN	19,0446	2,2400140
SAHELIEN STRICT	6,3833	2,6297244
SUD SAHELIEN	12,9158	2,3564386
SUD SOUDANIEN	25,1004	2,1765000

Classe de végétation

Niveau	Moyenne	Erreur type
Forêt claire	28,4034	18,481524
Forêt galerie	52,6387	3,874058
Plantations forestières et vergers	25,4337	4,801950
Savane arborée	35,3626	1,629913
Savane arbustive et herbeuse	21,1717	1,358253
Steppe arborée	20,6762	3,786258
Steppe arbustive et herbeuse	7,4021	1,678088
Territoires agroforestiers	16,2552	0,814928
Zones érodées, dénudées ou cuirassées	3,2019	2,529889
Zones humides	23,4285	4,329556

A partir de ces analyses préliminaires on a donc procédé à une analyse qui combine les deux facteurs, qui forment la base pour la stratification des volumes.

Analyse de la variance

Origine	DF	Somme des carres	Moyenne quadratique	Rapport F	Prob > F
STRATUM	26	505 249,0	19 432,7	14,2570	<,0001*
Erreur	5 823	7 936 887,0	1 363,0		
C. totale	5 849	8 442 136,1			

Le tableau suivant résume les résultats de l'analyse stratifiée et comprend non seulement les moyennes mais aussi l'Écart-type et les limites de confiance inférieur et supérieur à une probabilité de 95%

Tableau 14: Résultat des analyses stratifiées

Niveau	Nombre d'observations	Moyenne	Écart type	Inferieur a 95%	Supérieur à 95%
Forêt claire SUD SOUDANIEN	4	28,4034	18,460	-7,78	64,59
Forêt galerie NORD SOUDANIEN	25	54,6282	7,384	40,15	69,10
Forêt galerie SUD SAHELIEN	17	48,0545	8,954	30,50	65,61
Forêt galerie SUD SOUDANIEN	51	53,1915	5,170	43,06	63,33
Plantations forestières et vergers NORD SOUDANIEN	9	21,7723	12,306	-2,35	45,90
Plantations forestières et vergers SUD SAHELIEN	2	77,0110	26,106	25,83	128,19
Plantations forestières et vergers SUD SOUDANIEN	50	24,0297	5,221	13,79	34,27
Savane arborée NORD SOUDANIEN	174	30,1038	2,799	24,62	35,59
Savane arborée SUD SOUDANIEN	528	37,0956	1,607	33,95	40,25
Savane arbustive et herbeuse NORD SOUDANIEN	571	20,4683	1,545	17,44	23,50
Savane arbustive et herbeuse SUD SOUDANIEN	530	21,9294	1,604	18,79	25,07
Steppe arborée SAHELIEN STRICT	32	12,1455	6,526	-0,65	24,94

Niveau	Nombre d'observations	Moyenne	Écart type	Inferieur a 95%	Supérieur à 95%
Steppe arborée SUD SAHELIEN	67	24,7506	4,510	15,91	33,59
Steppe arbustive et herbeuse SAHELIEN STRICT	254	4,6176	2,317	0,07636	9,16
Steppe arbustive et herbeuse SUD SAHELIEN	351	9,4171	1,971	5,55	13,28
Territoires agroforestiers NORD SOUDANIEN	1203	16,4029	1,064	14,32	18,49
Territoires agroforestiers SAHELIEN STRICT	184	8,7035	2,722	3,37	14,04
Territoires agroforestiers SUD SAHELIEN	540	13,6993	1,589	10,58	16,81
Territoires agroforestiers SUD SOUDANIEN	963	18,9468	1,190	16,61	21,28
Zones érodées, dénudées ou cuirassées NORD SOUDANIEN	33	6,5105	6,427	-6,09	19,11
Zones érodées, dénudées ou cuirassées SAHELIEN STRICT	99	2,6299	3,711	-4,64	9,90
Zones érodées, dénudées ou cuirassées SUD SAHELIEN	80	1,7414	4,128	-6,35	9,83
Zones érodées, dénudées ou cuirassées SUD SOUDANIEN	10	9,6293	11,675	-13,26	32,52
Zones humides NORD SOUDANIEN	17	15,5283	8,954	-2,03	33,08
Zones humides SAHELIEN STRICT	14	21,2944	9,867	1,95	40,64
Zones humides SUD SAHELIEN	10	30,9573	11,675	8,07	53,84
Zones humides SUD SOUDANIEN	32	26,2064	6,526	13,41	39,00

Les résultats obtenus de l'analyse statistique ci-dessus forment la base des estimations des Facteurs d'Émissions. L'approche statistique adoptée permet aussi de calculer la valeur moyenne et le niveau d'incertitude associé. Dans notre cas, la valeur moyenne du volume (volume du fût et des branches jusqu'à un diamètre minimum de 2 cm) pour toutes les strates définies est de 19,89 m³/ha. L'analyse statistique pour le calcul des incertitudes de ce facteur d'émission est présentée dans l'Annexe 2.

Comme présenté dans l'approche méthodologique, le NRF est une combinaison des Données d'Activité et de Facteurs d'Émissions. Pour effectuer les calculs du NRF il faut que les deux paramètres soient cohérents.

Une analyse plus détaillée a permis de se rendre compte que ce ne sont pas toutes les classes des BDOT 1992 et 2002 qui sont couvertes par l'estimation de volume par l'IFN 2. En particulier, les classes de végétation suivantes, classifiées comme terres forestières, ne sont pas prises en compte dans la base de données de l'IFN 2.

Tableau 15: Classes non prises en compte dans la base de données IFN 2

Domaine	Classe de végétation
Nord Soudanien	Forêt claire
Nord Soudanien	Forêt galerie
Nord Sahélien	Savane arbustive et herbeuse
Sud Sahélien	Savane arbustive et herbeuse
Sud Sahélien	Savane arborée
Nord Soudanien	Steppe arbustive et herbeuse
Sud Soudanien	Steppe arbustive et herbeuse
Nord Soudanien	Steppe arborée

L'absence d'informations sur les volumes de bois pour certaines classes peut s'expliquer par deux raisons :

1. Certaines classes occupent des surfaces limitées dans le domaine écologique défini. Par conséquent, bien que le nombre de placettes soit important (5 850 placettes), certaines classes de végétation peuvent ne pas être prises en compte dans un inventaire forestier national.
2. En plus il faut remarquer que la stratification originale de l'IFN 2 a été basée sur la BDOT 2002 (LANDSAT MMU 25 ha), car la BDOT 2012 n'était pas encore disponible. Ensuite, l'attribution des placettes à une classe de végétation a été basée sur la BDOT 2012 (RAPIDEYE MMU 0,25 ha). Il est donc probable qu'il peut y avoir une discordance entre les deux cartes et dans la comptabilisation des parcelles pour chaque type.

Pour les cas où l'information de l'inventaire est incomplète par rapport aux BDOT 1992-2002-2014, et pour obtenir une matrice des volumes cohérente avec les BDOT 1992-2002-2014, on a utilisé des facteurs techniques basés sur les volumes des formations les plus proches, ayant plus d'échantillons.

Pour les autres catégories non comprises dans l'échantillonnage de l'IFN 2 notamment :

1. Autres terres
2. Établissements humains
3. Eau

Le volume de bois a été considéré égal à zéro.

Terres cultivées

La définition des volumes pour les terres cultivées s'est avérée problématique. Les relevés de terrain de l'IFN 2 couvrent les territoires agroforestiers, mais dans notre compréhension, excluent l'agriculture. Une solution possible serait d'attribuer un volume nul aux terres cultivées, comme parfois on retrouve dans la littérature. Mais cette approche n'est pas convaincante, pour le cas du Burkina Faso, pour les raisons suivantes.

- D'après l'expérience du terrain, les terres cultivées au Burkina Faso conservent une certaine quantité d'arbres isolés, même dans les utilisations des sols qui ne se classifient pas comme agroforestiers proprement dits. Apparemment, les arbres isolés sont conservés par les fermiers pour produire, entre autres, ombre, fourrage ou bois de feu.
- Une analyse préliminaire des données complémentaires fournies par l'IGB sur la présence d'arbres dans les terres cultivées démontre que seulement environ 4% des terres cultivées sont classifiées comme sans arbres.

Il paraît donc non raisonnable de fixer à zéro les volumes de bois des terres cultivées. En absence de données fiables sur leurs volumes, on a décidé de procéder de la manière suivante :

La formation végétale plus proche des terres cultivées sont les parcs agroforestiers. Pour lesquels le taux de recouvrement, selon la définition des BDOT de l'IGB, doit être supérieur à 25% de l'ensemble du territoire.

Par contre les terres cultivées ont une couverture arborée inférieure à 10%. On peut donc assumer un taux de recouvrement moyen de 5%.

Donc, en comparant le taux de recouvrement moyen des parcs agroforestiers (25%) avec celui des terres cultivées (5%) on peut assumer un facteur de 20% (0,2) à appliquer aux volumes des parcs agroforestiers des zones correspondantes.

Il est clair que cette approche est déficitaire et pour améliorer la fiabilité des estimations du NRF, il faudra intégrer les données sur les volumes de bois dans les terres cultivées, avec des études existantes ou des observations ad hoc.

3.3.2 Estimation de la biomasse aérienne

Comme discuté plus haut, les équations allométriques développées par l'IFN 2 étaient limitées à l'estimation des paramètres de production de bois (bois d'œuvre, bois de service, bois de feu, etc.), ce qui était justement le mandat de l'Inventaire national.

En fait, les nombreuses équations allométriques qui ont été développées pour supporter l'IFN 2 se concentrent sur les volumes des fûts, branches (> 2cm), et la biomasse des feuilles. A l'exception du Karité qui a fait l'objet de développement d'équations allométriques pour l'estimation de la biomasse aérienne.

Il est donc nécessaire d'adapter ces estimations aux paramètres définis pour les facteurs d'émissions, notamment la biomasse et sa transformation en Carbone, pour déterminer la teneur en Carbone et les émissions de CO₂.

Pour l'estimation de la biomasse aérienne l'approche méthodologique a été la suivante :

La conversion des résultats de volume en biomasse en utilisant la relation

$$M = V \times \rho$$

Où M représente la biomasse sèche en kg, V le volume m³ et ρ la densité ou masse volumique en kg/m³.

Cette option nécessite d'avoir la densité de chaque espèce retenue soit à partir des valeurs obtenues lors de l'IFN 2 soit à partir de la littérature. Les valeurs de densité n'avaient pas été rapportées dans les résultats de l'IFN 2, faisant de la littérature l'alternative pour les données de densité. De même, les volumes obtenus ne

comprennent pas les valeurs de la biomasse foliaire, ce qui nécessite de les intégrer si cette option est retenue.

Pour avoir une estimation moyenne du facteur densité des bois nous avons considéré les 10 espèces d'importance majeure selon le IVI calculés par l'IFN 2. Pour chaque espèce choisie, la valeur moyenne de sa densité a été recherchée en littérature. Ensuite, les valeurs de densité ont été pondérées en fonction des volumes totaux par chaque espèce, calculés par l'IFN 2. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 16: Densité moyenne des 10 espèces plus importantes

Espèces	(WD) masse volumique en kg/dm ³	(Weigth) Volume total (m3)	WD*Weigth
<i>Vitellaria paradoxa</i>	0,95	114 257 967	108 545 069
<i>Combretum nigricans</i>	0,87	10 655 380	9 312 802
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	0,98	28 019 155	27 318 676
<i>Detarium microcarpum</i>	0,77	6 502 493	4 974 407
<i>Combretum glutinosum</i>	0,90	5 570 508	5 013 457
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0,78	9 666 303	7 491 385
<i>Lannea microcarpa</i>	0,54	19 301 639	10 461 488
<i>Lannea acida</i>	0,54	7 985 522	4 328 153
<i>Pilostigma thonningii</i>	0,70	3 468 445	2 427 912
<i>Terminalia avicennioides</i>	0,80	6 020 433	4 816 346
<i>Combretum micranthum</i>	0,87	2 572 780	2 248 610
<i>Parkia biglobosa</i>	0,61	22 718 307	13 858 167
<i>Acacia dudgeoni</i>	0,77	2 920 243	2 248 587
<i>Terminalia laxiflora</i>	0,65	5 285 159	3 435 353
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	0,70	3 955 502	2 776 762
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0,80	11 029 776	8 823 821
<i>Burkea africana</i>	0,94	6 402 915	5 986 726
Sommes		266 332 527 (1)	224 067 721 (2)

Moyenne pondérée de la masse volumique = (2) / (1) = **0,841308134**

Un autre aspect à considérer est que la biomasse ligneuse doit s'exprimer comme poids sec après l'étuvage. Des travaux de recherche sont en cours au SN-SIF en collaboration avec le BUNASOLS pour déterminer directement les poids secs.

Quand les données nationales seront disponibles, elles seront utilisées. Dans ce document, les facteurs standard disponibles dans la littérature (Reyes, 1992) ont été utilisés.

$$Y = 0.0134 + 0.800X \quad (r^2 = 0.988)$$

where

Y = wood density at oven-dry weight/green volume; g/cm³

X = wood density at air-dry weight/volume at 12-percent moisture; g/cm³

L'application de cette équation à la densité moyenne pondérée, donne le résultat suivant :

Poids sec moyen après l'étuvage (Oven dry weight) = 0,689873

Finalement, ce facteur moyen a été utilisé pour la conversion entre volume et biomasse aérienne ligneuse, pour chaque strate de végétation et domaine écologique.

La biomasse foliaire issue de l'IFN 2 pour chaque strate a été ensuite intégrée pour le calcul de la biomasse aérienne totale.

3.3.3 Estimation de la biomasse racinaire

Comme déjà mentionné, à ce moment nous ne disposons pas d'observations directes de la biomasse racinaire. Il faut tout de même remarquer que dans le cadre de la mise en œuvre du Projet BKF/015 – IFN 2, une méthodologie d'estimation de la biomasse racinaire des arbres avait été élaborée et validée en 2012. Celle-ci n'a pas pu être mise en œuvre car les moyens prévus par le Projet ne permettaient pas d'atteindre des résultats tangibles pour la mesure du carbone racinaire.

Pour combler ces écarts, la Direction Générale des Eaux et Forêts (DGEF) a été chargée de mettre à disposition des données fiables sur le carbone racinaire séquestré par les formations forestières et des arbres hors forêts (parcs agro forestiers) au niveau national.

La méthodologie proposée est basée sur des expériences des structures mettant en œuvre des mesures de carbone racinaire. Ainsi, les estimations du nombre total de pieds à excaver dans le cadre de l'étude, par classe de diamètre, et les rendements moyens par une équipe de 10 manœuvres en charge des excavations sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17: Répartition du nombre de pieds à mesurer et rendement moyen par équipe d'excavation des racines des arbres par équipe de 10 manœuvres

Classes de $d_{1,30\text{ m}}$ (cm)	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30	≥ 30	Total
Nbre de pieds à excaver	40	40	40	40	40	40	240
Nbre de pieds pouvant être excavés par jour par équipe de 10 manœuvres	5	3	1	0,5	0,25	0,125	-

Au total 240 pieds (arbres, arbustes et arbrisseaux) feront l'objet des mesures de carbone racinaire. Les pieds à mesurer au sein de chaque classe de diamètre seront répartis entre les types d'occupation des terres et groupes d'espèces ligneuses à couvrir par l'étude dans les différents secteurs phytogéographiques du pays.

La durée prévue pour l'étude est de 7 à 10 mois et permettra au Burkina Faso d'intégrer le carbone racinaire dans le NRF avec un niveau 3 tel que requis par le GIEC.

Donc, pour le moment on ne dispose pas d'estimations directes de la biomasse racinaire, et pour cette étude de simulation on fait référence aux valeurs par default (Tier 1) suivantes :

Tableau 18: Ratio entre biomasse aérienne et biomasse souterraine

TABLE 4.4 RATIO OF BELOW-GROUND BIOMASS TO ABOVE-GROUND BIOMASS (R)				
Domain	Ecological zone	Above-ground biomass	R [tonne root d.m. (tonne shoot d.m.) ⁻¹]	References
Tropical	Tropical rainforest		0.37	Fittkau and Klinge, 1973
	Tropical moist deciduous forest	above-ground biomass <125 tonnes ha ⁻¹	0.20 (0.09 - 0.25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >125 tonnes ha ⁻¹	0.24 (0.22 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Tropical dry forest	above-ground biomass <20 tonnes ha ⁻¹	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >20 tonnes ha ⁻¹	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Tropical shrubland		0,4	Poupon, 1980
	Tropical mountain systems		0.27 (0.27 - 0.28)	Singh <i>et al.</i> , 1994
Subtropical	Subtropical humid forest	above-ground biomass <125 tonnes ha ⁻¹	0.20 (0.09 - 0.25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >125 tonnes ha ⁻¹	0.24 (0.22 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Subtropical dry forest	above-ground biomass <20 tonnes ha ⁻¹	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >20 tonnes ha ⁻¹	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Subtropical steppe		0.32 (0.26 - 0.71)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Subtropical mountain systems		no estimate available	

Source : 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Chapter 4: Forest Land

Les facteurs utilisés pour le Burkina Faso sont les suivants

Tropical dry forest	above-ground biomass <20 tonnes ha ⁻¹	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	above-ground biomass >20 tonnes ha ⁻¹	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
Subtropical steppe		0.32 (0.26 - 0.71)	Mokany <i>et al.</i> , 2006

Ces coefficients ont été appliqués aux données de la biomasse aérienne pour déterminer la biomasse racinaire.

3.3.4 Carbone organique du sol

La méthodologie et les résultats pour l'estimation du Carbone Organique du Sol (COS) sont présentés dans le livrable 1.10 'Développement d'un modèle de pertes du COS cohérent avec la méthodologie du NRF' - Mauro Piazzi et Emanuele Sapino – Experts pédologues AESA, Septembre 2019

Le livrable 1.10 a pour objectif de développer un modèle de pertes du COS cohérent avec la méthodologie du NRF dans le cadre de l'élaboration d'un plan d'action pour le développement du système MNV/REDD+, le développement du système MNV/REDD+ détaillé et de l'établissement d'un scénario de référence MNV/REDD+ pour répondre aux demandes du MEEVCC.

TIMESIS, partenaire d'AESA, a apporté une contribution technique aux activités dans le domaine de la pédologie en tenant compte de l'expérience qu'il a acquis dans l'enquête, la gestion et l'interprétation des données pédologiques.

Grâce à la disponibilité des données pédologiques (1397 points géo référencés et analysés et 42 provinces couvertes par des cartes morpho pédologiques) assurée par la compétence technique du BUNASOLS, le Bureau National des Sols du Burkina Faso, il a été possible de poursuivre les travaux en utilisant des données locales et en évitant de recourir à des valeurs bibliographiques.

Les données du BUNASOLS ont été intégrées avec les informations trouvées sur des sites web spécialisés. Cette intégration s'est avérée nécessaire pour certains éléments, notamment :

1. Informations sur les éléments grossiers des sols

Ces éléments n'étaient pas indiqués dans les données fournies par BUNASOLS, chiffre très important pour le calcul de la teneur en carbone organique du sol en poids. Il était possible de trouver ces données sur l'ISRIC Data Hub :

<https://data.isric.org/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/4ef1fe75-44f2-4f12-b0a4-dad9d90a61b9>

2. Informations sur la densité apparente des sols

Cet élément ne figure pas dans les données fournies par BUNASOLS, qui est également indispensable pour calculer la teneur en carbone organique du sol. Également dans ce cas, le hub de données ISRIC a été utilisé

<https://data.isric.org/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/e4869de3-eb72-49fe-8b66-d3546a07ac99>

À travers le contrôle de la qualité et l'harmonisation des données des analyses de congruence ont été effectuées sur toutes les données fournies et les valeurs de carbone organique de sols ont été calculées et pesées pour les 30 premiers centimètres du sol.

Le défi central des calculs consistait à attribuer une teneur en carbone organique des sols aux différentes classes d'utilisation des terres des BDOT afin de pouvoir renseigner le calcul du niveau de référence MNV/REDD+ avec la composante sol et les modifications d'utilisation des sols trouvées dans l'analyse diachronique.

Parallèlement, la création d'un seul niveau pour la cartographie morpho pédologique a permis de croiser et vérifier les données ponctuelles de l'analyse du carbone organique du sol avec les informations des cartes des 42 provinces. Avec les résultats de ce croisement, le territoire a été classé selon les caractéristiques du sol, essentielles pour le calcul de la teneur en carbone organique en poids : % de carbone, densité apparente et quantité d'éléments grossiers.

En appliquant aux données ainsi organisées la formule universellement reconnue de calcul de la teneur en carbone du sol en t/ha, il a été possible de procéder à la détermination de la contribution du composant sol au NRF détaillé pour chaque classe de végétation de la BDOT et de l'IFN 2 et pour chaque domaine phytogéographique.

L'attribution du COS aux différentes catégories d'utilisation des terres a été faite en tenant compte des critères de stratification adoptés.

Les critères de stratification pour le COS sont les mêmes ressortis de l'analyse statistique des volumes de l'IFN 2, notamment :

1. Classes de végétation BDOT et IFN 2
2. Domaine phytogéographique

Nous avons décidé d'adopter les mêmes critères de stratification pour tous les Facteurs d'Émissions (Biomasse aérienne, Biomasse racinaire, COS) pour assurer la cohérence des calculs des Facteurs d'Émissions, ainsi que les calculs de leur incertitude.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Tableau 19: Carbone Organique du Sol t/ha

Classe de végétation	Domaine	C Organique du Sol t/ha
Autres terres	NSH	0,000
Etablissements humains	NSH	0,000
Forêt galerie	NSH	14,248
Savane arbustive et herbeuse	NSH	17,505
Sols nus	NSH	10,177
Steppe arborée	NSH	14,248
Steppes arbustive et herbeuse	NSH	10,992
Terres cultivées	NSH	13,027
Territoire agroforestier	NSH	12,620
Vergers	NSH	12,620
Zones humides	NSH	24,833
Autres terres	SSH	0,000
Etablissements humains	SSH	0,000
Forêt galerie	SSH	21,966
Savane arborée	SSH	22,780
Savane arbustive et herbeuse	SSH	21,560
Sols nus	SSH	9,356
Steppe arborée	SSH	21,966
Steppes arbustive et herbeuse	SSH	19,932
Terres cultivées	SSH	21,560
Territoire agroforestier	SSH	21,560
Vergers	SSH	19,526
Zones humides	SSH	25,221
Autres terres	NSD	0,000
Etablissements humains	NSD	0,000
Forêt claire	NSD	19,258
Forêt galerie	NSD	26,223
Plantation forestière	NSD	15,570
Savane arborée	NSD	29,092
Savane arbustive et herbeuse	NSD	29,092
Sols nus	NSD	9,014
Steppe arborée	NSD	26,223
Steppes arbustive et herbeuse	NSD	23,765
Terres cultivées	NSD	24,584
Territoire agroforestier	NSD	25,404
Vergers	NSD	19,668
Zones humides	NSD	34,418
Autres terres	SSD	0,000
Etablissements humains	SSD	0,000
Forêt claire	SSD	19,836
Forêt galerie	SSD	27,123
Plantation forestière	SSD	17,003
Savane arborée	SSD	29,147
Savane arbustive et herbeuse	SSD	27,123
Sols nus	SSD	11,335
Steppes arbustive et herbeuse	SSD	27,528
Terres cultivées	SSD	26,314
Territoire agroforestier	SSD	24,290
Vergers	SSD	24,290
Zones humides	SSD	37,649

3.3.5 Estimation du Carbone Total

Pour cette étude de calcul du NRF les réservoirs de Carbone pris en compte sont les suivants :

BLA = Biomasse ligneuse aérienne (comprend le bois vivant et mort) en tonne/ha

FEU = Biomasse des feuilles en tonne/ha

BRA = Biomasse racinaire en tonne/ha

La Biomasse Totale (BIOMT) est égale a

$$\text{BIOMT} = \text{BLA} + \text{FEU} + \text{BRA}$$

Pour le calcul de la teneur en Carbone on a utilisé la formule suivante :

$$\text{C_BIOMT} = \text{BIOMT} * 0,47$$

Finalement on a ajouté les valeurs calculées pour le COS.

$$\text{C_TOT} = \text{C_BIOMT} + \text{COS}$$

Et pour les calculs, les strates considérées sont les suivantes :

Tableau 20: Base des données pour le calcul des Facteurs d'Émissions

Domain	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneeuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse ligneeuse totale (t/ha)	Contenu de Carbone biomasse ligneeuse (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
Nord Sahélien	Forêt galerie	23,74	16,37	2,00	18,37	5,14	23,52	11,05	14,25	25,30
	Rizière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,03	13,03
	Savane arbustive et herbeuse	6,87	4,74	1,00	5,74	1,61	7,35	3,45	17,51	20,96
	Sols nus (érodés, dénudés, cuirasses, etc.)	2,63	1,81	0,09	1,91	0,53	2,44	1,15	10,18	11,32
	Steppe arborée	12,15	8,38	0,93	9,31	2,98	12,29	5,78	14,25	20,02
	Steppe arbustive et herbeuse	4,62	3,19	0,31	3,50	1,12	4,62	2,17	10,99	13,16
	Terres cultivées	1,74	1,20	0,17	1,37	0,38	1,75	0,82	13,03	13,85
	Territoire agroforestier	8,70	6,00	0,34	6,34	1,78	8,12	3,82	12,62	16,44
	Vergers	7,31	5,04	0,50	5,54	1,55	7,10	3,34	12,62	15,96
	Zones humides	21,29	14,69	1,08	15,77	4,41	20,18	9,49	24,83	34,32
Nord Soudanien	Forêt claire	21,67	14,95	1,98	16,93	4,74	21,68	10,19	19,26	29,45
	Forêt galerie	54,63	37,69	2,14	39,83	21,10	60,93	28,64	26,22	54,86
	Plantation forestière	21,77	15,02	1,22	16,24	4,55	20,79	9,77	15,57	25,34
	Rizière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,58	24,58
	Savane arborée	30,10	20,77	1,61	22,37	11,63	34,00	15,98	29,09	45,07
	Savane arbustive et herbeuse	20,47	14,12	1,01	15,13	4,24	19,37	9,10	29,09	38,20
	Sols nus (érodés, dénudés, cuirasses, etc.)	6,51	4,49	0,31	4,80	1,34	6,14	2,89	9,01	11,90
	Steppe arborée	36,40	25,11	1,00	26,11	8,36	34,47	16,20	26,22	42,42
	Steppe arbustive et herbeuse	13,85	9,56	1,00	10,56	3,38	13,93	6,55	23,76	30,31
	Terres cultivées	3,28	2,26	0,26	2,52	0,71	3,23	1,52	24,58	26,10
	Territoire agroforestier	16,40	11,32	0,52	11,83	3,31	15,14	7,12	25,40	32,52
	Vergers	21,77	15,02	1,00	16,02	4,49	20,51	9,64	19,67	29,31
Zones humides	15,53	10,71	0,65	11,36	3,18	14,54	6,83	34,42	41,25	
Sud Sahélien	Forêt galerie	48,05	33,15	1,88	35,03	18,56	53,60	25,19	21,97	47,16
	Plantation forestière	21,77	15,02	1,22	16,24	4,55	20,79	9,77	15,57	25,34

Domain	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneeuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse ligneeuse totale (t/ha)	Contenu de Carbone biomasse ligneeuse (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
	Rizière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,56	21,56
	Savane arborée	20,47	14,12	1,40	15,52	4,35	19,87	9,34	22,78	32,12
	Savane arbustive et herbeuse	13,92	9,60	1,00	10,60	2,97	13,57	6,38	21,56	27,94
	Sols nus (érodés, dénudés, cuirasses, etc.)	1,74	1,20	0,13	1,33	0,37	1,70	0,80	9,36	10,16
	Steppe arborée	24,75	17,07	1,06	18,13	5,80	23,94	11,25	21,97	33,22
	Steppe arbustive et herbeuse	9,42	6,50	0,50	7,00	2,24	9,24	4,34	19,93	24,27
	Terres cultivées	2,74	1,89	0,19	2,08	0,58	2,66	1,25	21,56	22,81
	Territoire agroforestier	13,70	9,45	0,39	9,84	2,76	12,59	5,92	21,56	27,48
	Vergers	77,01	53,13	0,53	53,66	29,75	83,41	39,20	19,53	58,73
	Zones humides	30,96	21,36	1,14	22,50	11,96	34,46	16,20	25,22	41,42
Sud Soudanien	Forêt claire	28,40	19,59	1,98	21,58	10,97	32,55	15,30	19,84	35,14
	Forêt galerie	53,19	36,70	2,44	39,13	20,55	59,68	28,05	27,12	55,17
	Plantation forestière	24,03	16,58	1,22	17,80	4,98	22,78	10,71	17,00	27,71
	Rizière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,31	26,31
	Savane arborée	37,10	25,59	2,08	27,67	14,33	42,00	19,74	29,15	48,89
	Savane arbustive et herbeuse	21,93	15,13	1,32	16,45	4,61	21,05	9,89	27,12	37,02
	Sols nus (érodés, dénudés, cuirasses, etc.)	9,63	6,64	0,38	7,03	1,97	8,99	4,23	11,34	15,56
	Steppe arbustive et herbeuse	4,89	3,37	1,00	4,37	1,40	5,77	2,71	27,53	30,24
	Terres cultivées	3,79	2,61	0,33	2,94	0,82	3,77	1,77	26,31	28,08
	Territoire agroforestier	18,95	13,07	0,66	13,73	3,84	17,58	8,26	24,29	32,55
	Vergers	24,03	16,58	1,00	17,58	4,92	22,50	10,57	24,29	34,86
Zones humides	26,21	18,08	1,00	19,08	5,34	24,42	11,48	37,65	49,13	

Les résultats obtenus pour le contenu de Carbone total pour chaque domaine écologique et classe de végétations seront utilisés en combinaison avec les données d'activité dérivées de trois BDOT (1992, 2002 et 2014) pour calculer le niveau des émissions.

4. Résultats

4.1 Calcul des émissions de CO₂

Les calculs seront effectués en utilisant le schéma suivant,

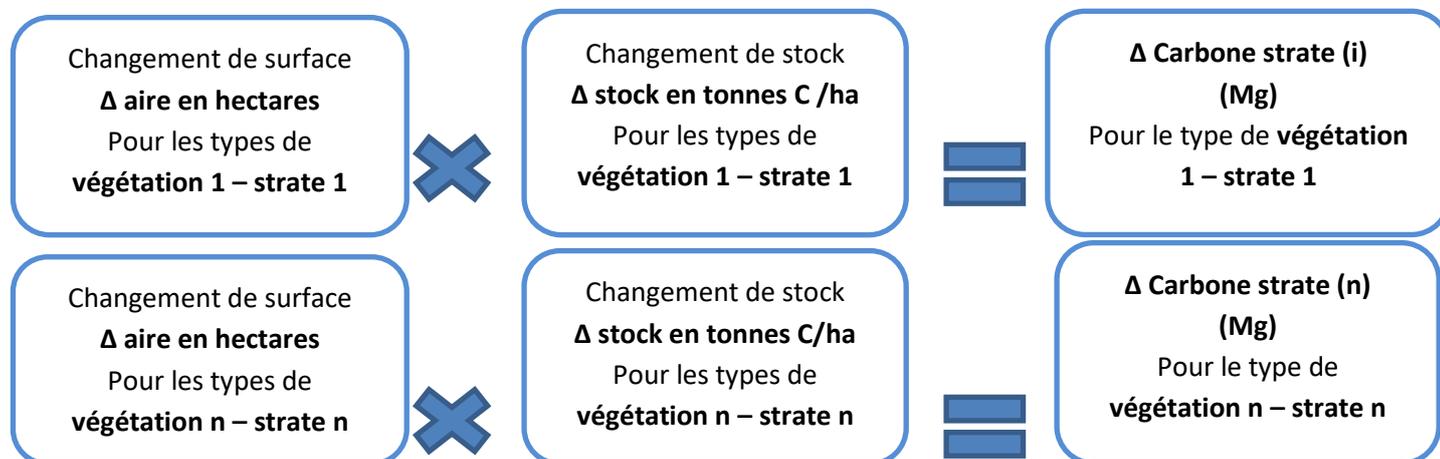


Figure 11: Combinaison des Données d'Activité et Facteurs d'Émissions

Enfin, le changement total de contenu de Carbone sera $\Delta \text{Carbone total} = \sum_1^n \Delta \text{Carbone strate}$

Dans notre cas la stratification se base sur une combinaison de types de végétation et domaines phytogéographiques.

Les valeurs des émissions sont ensuite transformées en équivalent dioxyde de carbone à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Équivalent CO}_2 = \Delta \text{Carbone total} \times 44 / 12$$

4.1.1 Émissions forestières

Suivant la méthodologie proposée par le GIEC, nous avons procédé au calcul des niveaux d'émissions / absorption de CO₂ en multipliant

$$\text{Données d'Activité} * \text{Facteurs d'Émissions}$$

Après calcul nous avons obtenu les résultats suivants :

Pour le calcul du NRF, il faudra prendre en considération seulement les changements (positifs ou négatifs) qui affectent les terres forestières, comme présenté dans le Tableau suivant.

Tableau 21: Estimation des émissions forestières 1992-2002

Catégorie 1992	Catégorie 2002	Émissions / Absorptions de CO ₂ en milliers de tonnes par an (*)		
		Biomasse ligneuse	Carbone Organique du Sol	Émissions Totales
Terres forestières	Terres forestières	1482,6	1130,5	2613,1
	Terres cultivées	7177,5	1044,5	8222,0
	Prairies	311,2	21,0	332,2
	Terres humides	239,6	425,2	664,8
	Établissements humains	60,0	198,1	258,1
	Autres terres	61,0	168,4	229,4
Émissions annuelles		9331,9	2987,7	12319,5
Terres cultivées	Terres forestières	-3162,5	-196,0	-3358,6
Prairies	Terres forestières	-243,5	-62,8	-306,3
Terres humides	Terres forestières	-48,7	-29,7	-78,4
Établissements humains	Terres forestières	-2,8	-9,4	-12,2
Autres terres	Terres forestières	-64,2	-171,3	-235,5
Séquestration annuelle		-3521,8	-469,2	-3991,0
Émissions nettes		5810,1	2518,4	8328,5

(*) Les valeurs positives représentent les émissions annuelles pour chaque transition, les valeurs négatives les absorptions annuelles de CO₂.

Tableau 22: Estimation des émissions forestières 2002-2014

Catégorie 2002	Catégorie 2014	Émissions / Absorptions de CO ₂ en milliers de tonnes par an (*)		
		Biomasse ligneuse	Carbone Organique du Sol	Émissions Totales
Terres forestières	Terres forestières	886,9	726,6	1613,5
	Terres cultivées	5494,6	724,7	6219,3
	Prairies	181,1	21,9	203,1
	Terres humides	93,4	132,8	226,2
	Établissements humains	185,1	588,2	773,3
	Autres terres	84,6	224,0	308,6
Emissions annuelles		6925,8	2418,3	9344,1
Terres cultivées	Terres forestières	-4303,0	-331,3	-4634,3
Prairies	Terres forestières	-164,4	69,8	-94,6
Terres humides	Terres forestières	-72,3	-80,7	-153,1
Établissements humains	Terres forestières	-7,3	-22,4	-29,7
Autres terres	Terres forestières	-33,7	-99,1	-132,8
Séquestration annuelle		-4580,7	-463,8	-5044,5
Émissions nettes		2345,1	1954,5	4299,6

La comparaison des émissions forestières pour les deux périodes 1992-2002 et 2002-2014 montrerait une diminution formidable des émissions qui passerait de 8,3 millions de tonnes de CO₂ à 4,3 millions de tonnes, avec une réduction d'environ 50%.

Cette réduction n'est pas réaliste et est probablement liée aux problèmes de classification de types de végétation discutés plus haut.

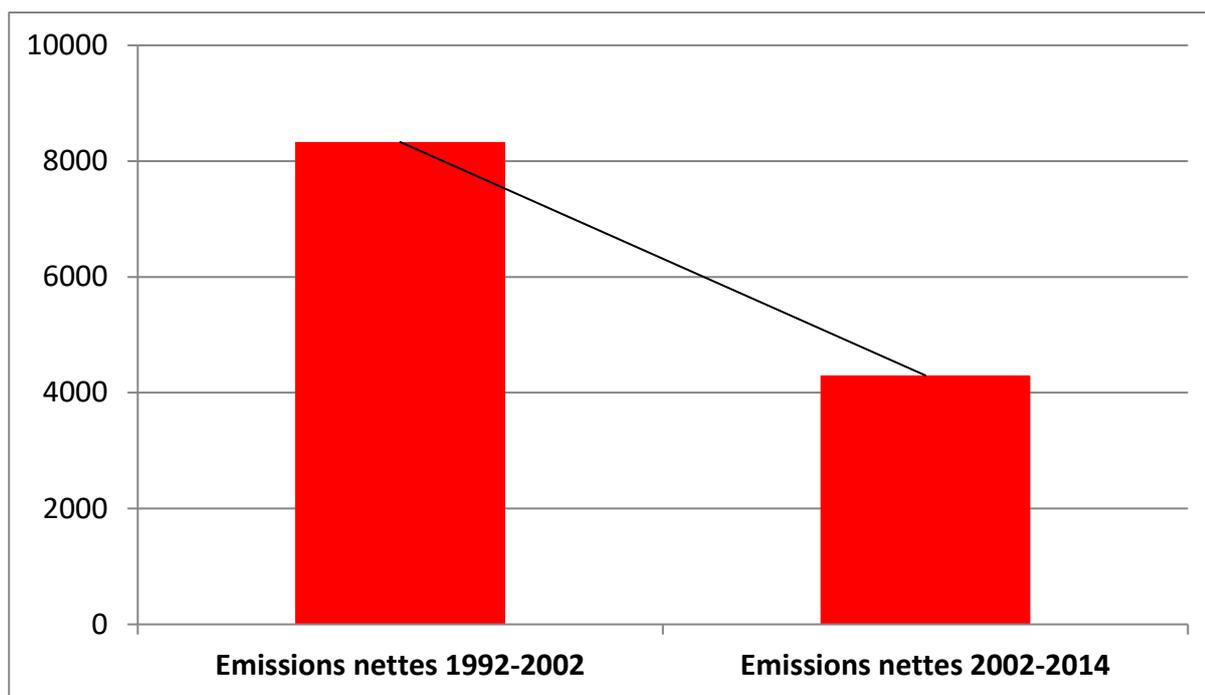


Figure 12: Évolution des émissions basée sur les données IGB

Face à cette situation d'incertitude nous estimons que ce n'est pas raisonnable de construire une véritable tendance basée sur ces données, qui projetterait un niveau des émissions nul dans le Pays pour l'année 2025.

Pour pallier provisoirement cet inconvénient, et en attendant que le travail en cours sur la précision et l'incertitude des cartes de changement du couvert forestier, nous avons cherché dans la littérature les approches méthodologiques conseillées pour l'estimation du NRF dans cette situation.

En effet nous avons trouvé des indications utiles dans le document FAO, 2015, '*Technical considerations for Forest Reference Emission Level and/or Forest Reference Level construction for REDD+ under the UNFCCC*'.

Ce document présente les différentes options pour le calcul du NRF, et conseille, en absence d'une indication fiable des tendances des émissions, d'utiliser la moyenne historique des émissions qui est classifiée comme simple et transparente.

A ce propos on reprend ici un extrait de ce document (page 3)

'La figure suivante présente de façon graphique un exemple d'un NERF/NRF. Dans cet exemple, le NERF/NRF est calculé comme une moyenne historique simple des émissions d'un pays donné émanant du secteur forestier, basée sur la période 2000-2014. Pour évaluer l'atteinte des résultats par les pays, les émissions dégagées après la mise en œuvre des activités REDD+ (après 2015 dans cet exemple) sont comparées au NERF/NRF établi par le pays. La performance est mesurée par les réductions des émissions ou le renforcement des absorptions relatives au NERF/NRF.'

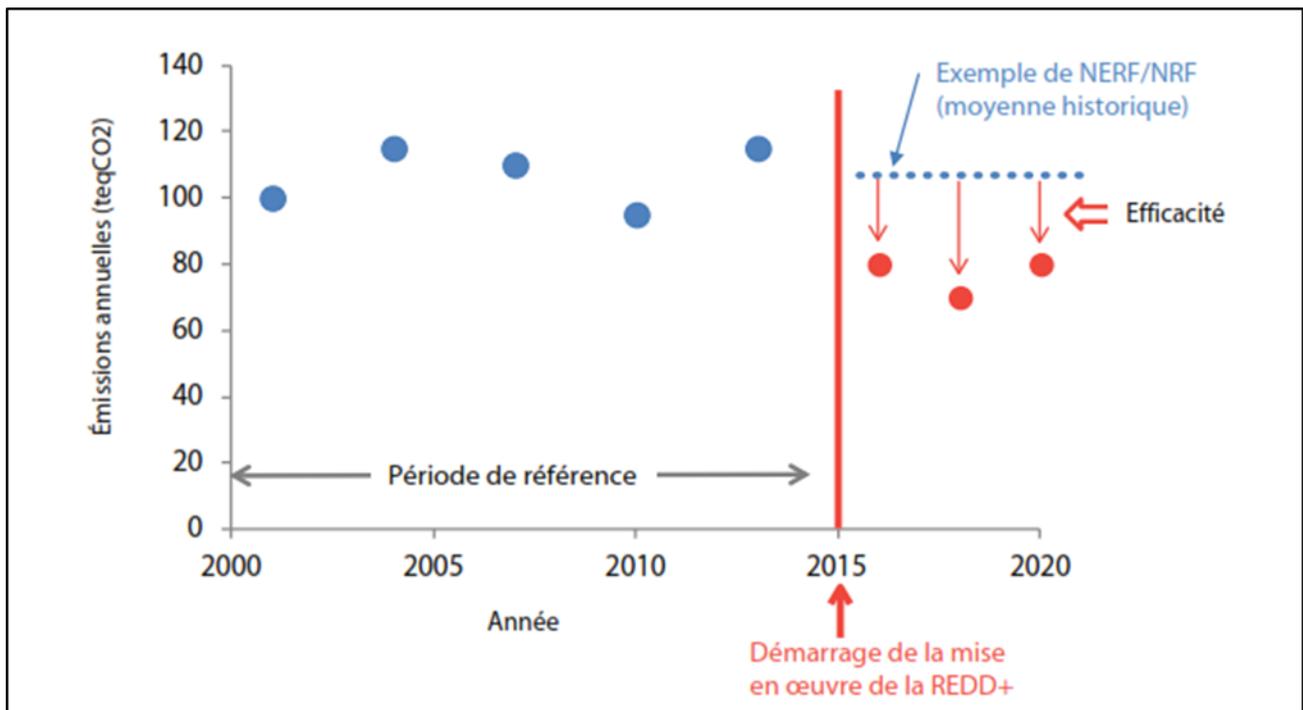


Figure 13: Exemple de niveau de référence pour les forêts

Il serait donc possible d'utiliser une approche similaire, basée sur la moyenne historique pour l'estimation du NRF au Burkina Faso. Cette approche est considérée comme préliminaire en attendant les résultats du calcul de la précision et de l'incertitude des cartes du changement forestier.

En appliquant la méthode de la moyenne historique à nos données on obtient les résultats suivants.

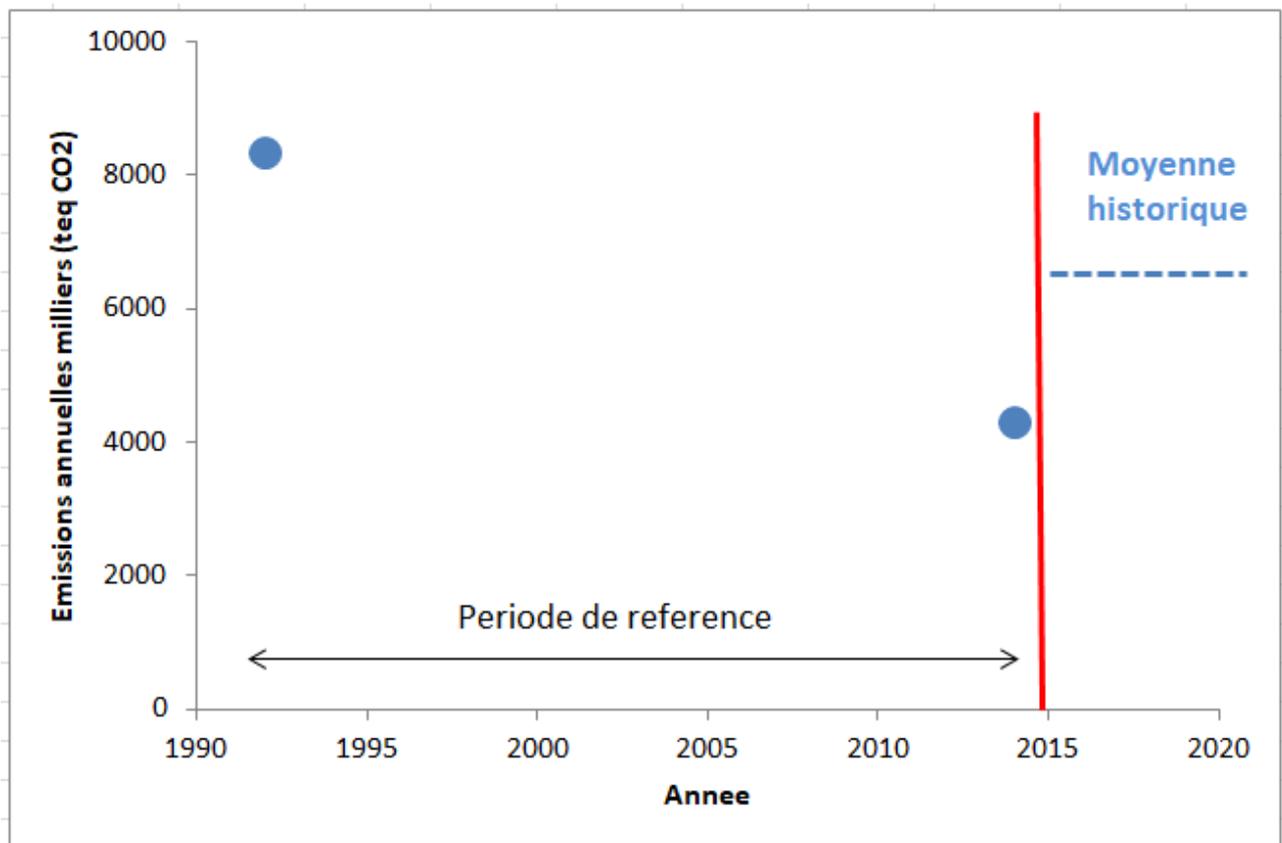


Figure 14: Exemple de niveau de référence pour les forêts. Cas du Burkina Faso

On propose donc d'utiliser la méthode de la moyenne historique pour :

- Permettre de 'polir' les imprécisions des cartes en utilisant une période plus longue, dans notre cas 22 ans, ce qui devrait aider à minimiser les erreurs de classification de chaque période ;
- Permettre de disposer des estimations préliminaires plus cohérentes à tout niveau (national et sous national) pour l'annexe REDD+, bien que susceptibles d'être améliorées au fur et à mesure.

Si on utilise la méthode de la moyenne historique les résultats sont les suivants :

Tableau 23: Résultats de l'application de la moyenne historique

Catégorie 1992	Catégorie 2014	Émissions / Absorptions de CO ₂ en milliers de tonnes par an		
Terres forestières	Terres forestières	1184,7	928,5	2113,3
Terres forestières	Terres cultivées	6336,0	884,6	7220,7
Terres forestières	Prairies	246,2	21,5	267,6
Terres forestières	Terres humides	166,5	279,0	445,5
Terres forestières	Établissements humains	122,6	393,1	515,7
Terres forestières	Autres terres	72,8	196,2	269,0
Émissions annuelles		8128,8	2703,0	10831,8
Terres cultivées	Terres forestières	-3732,8	-263,7	-3996,4
Prairies	Terres forestières	-204,0	3,5	-200,5
Terres humides	Terres forestières	-60,5	-55,2	-115,7
Établissements humains	Terres forestières	-5,1	-15,9	-21,0
Autres terres	Terres forestières	-48,9	-135,2	-184,1
Séquestration annuelle		-4051,3	-466,5	-4517,8
Émissions nettes		4077,6	2236,5	6314,1

Tableau 24: Récapitulatif des Émission en milliers de tonne

Moyenne historique	Émissions de CO2 en tonne par an		
	Biomasse ligneuse	Carbone Organique du Sol	Émissions Totales
	4077,6	2236,5	6314,1

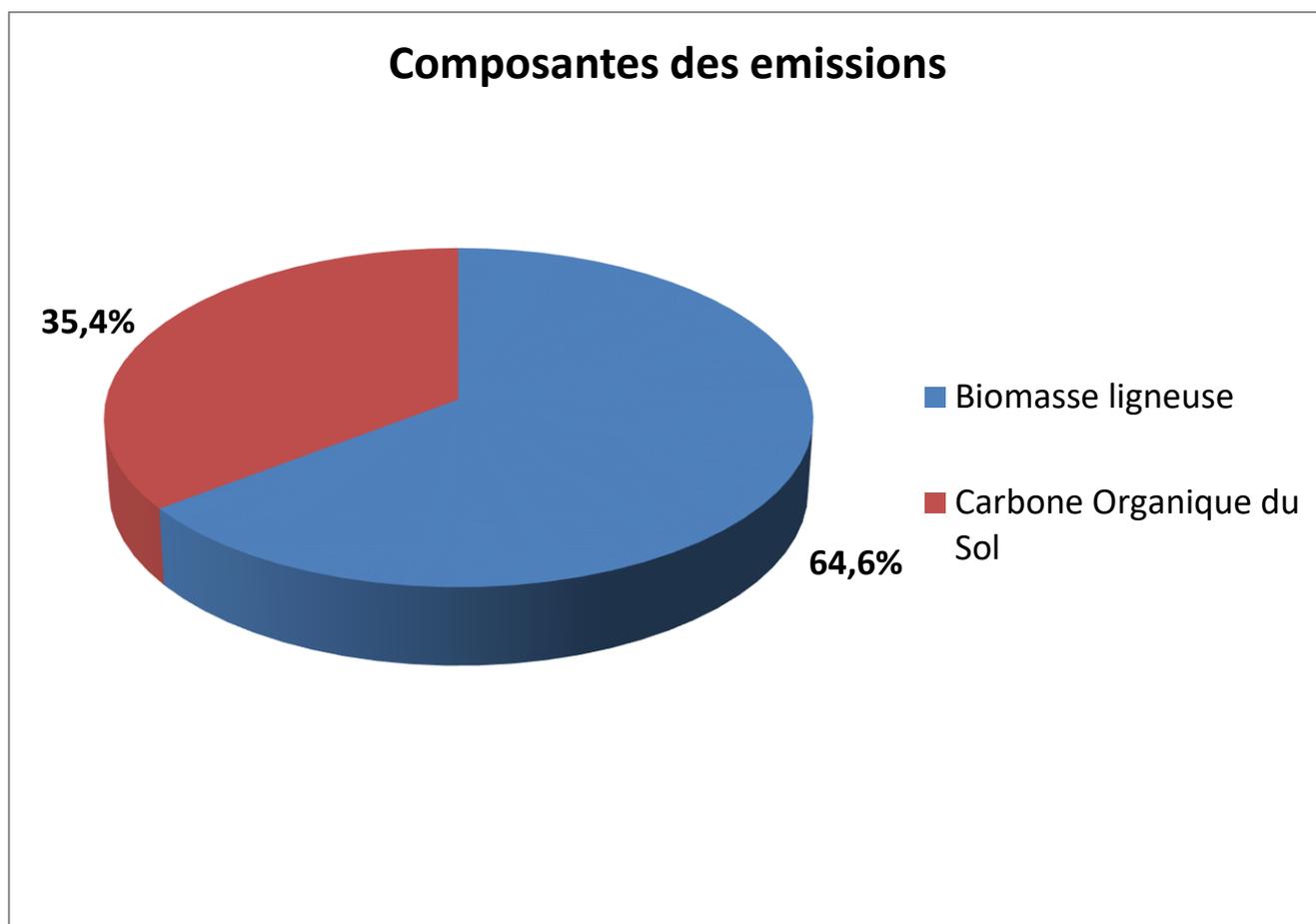


Figure 15: Composantes des émissions

Environ 65% des émissions sont imputables aux émissions liées à la conversion de la biomasse ligneuse tandis que les émissions de CO₂ liées au Carbone Organique du Sol représentent environ 35%.

Déforestation

La déforestation est estimée comme la somme des émissions associées aux conversions des terres forestières en autres utilisations. Dans notre cas, la conversion la plus importante est entre les terres forestières et les terres cultivées qui totalise environ 8,8 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an.

Dégradation forestière

Ni les recommandations des GPG 2003 ni les lignes directrices GIEC 2006 n'identifient la dégradation des forêts, la conservation des stocks de carbone forestier et la gestion durable des forêts de façon explicite. Toutefois, ces phénomènes peuvent être envisagés comme les effets des émissions et absorptions anthropiques sur les terres qui continuent à être utilisées comme des forêts.

Par contre, le renforcement des stocks est probablement lié aux reboisements et/ou à la régénération naturelle des forêts.

Tableau 25: Récapitulatif des émissions par types d'activités en milliers de tonne

Processus	Émissions / Absorptions de CO ₂ en milliers de tonnes par an (*)
Déforestation	8 719
Dégradation	2 113
Renforcement des stocks	-4 518
Émissions nettes	6 314

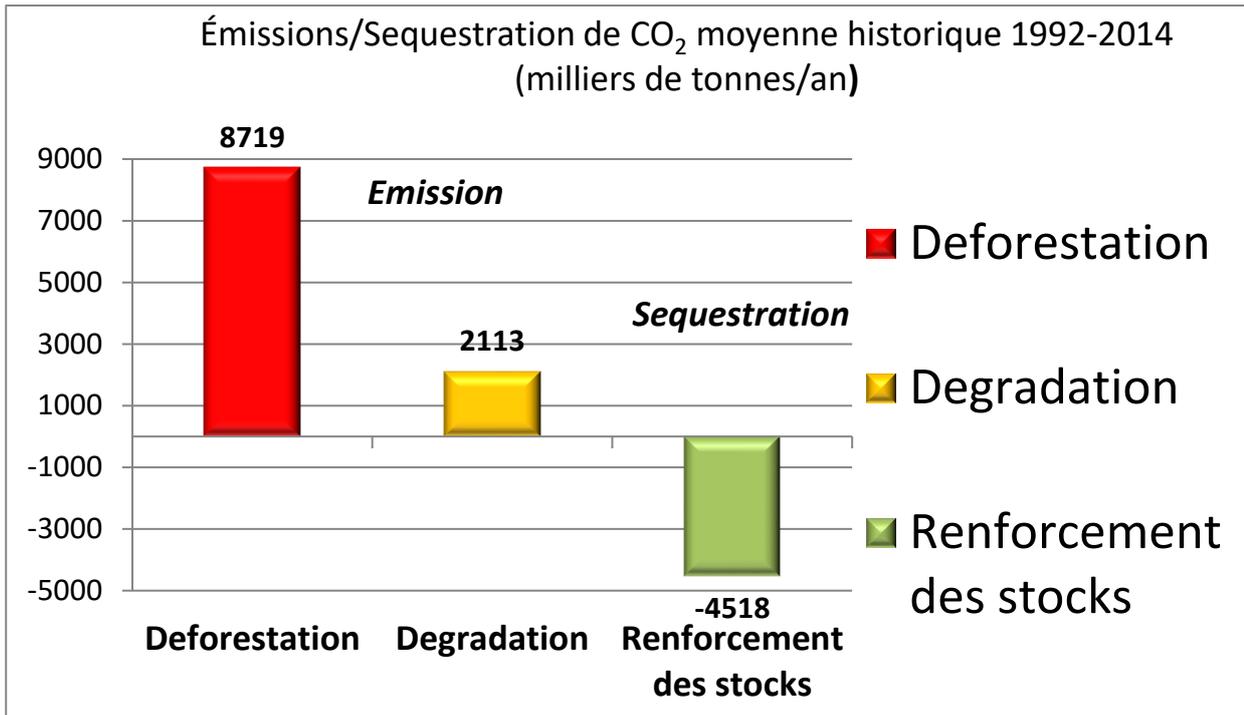


Figure 16: Émissions / Absorptions annuelles de CO₂ 1992-2014

Dans notre cas d'étude, il faut remarquer qu'un facteur important des émissions (environ 2 113 000 t/ha) est associé à des terres forestières restant terres forestières, ce qui peut s'inscrire dans le cadre des émissions liées à la dégradation forestière. Selon ces calculs, les émissions dues à la dégradation forestière représentent environ 25% des émissions totales.

L'amélioration des stocks de carbone forestiers peut concerner les forêts existantes mais aussi inclure les effets de la conversion d'autres utilisations des terres vers les forêts. Dans notre cas, on observe une importante contribution de l'amélioration des stocks de carbone forestiers (absorption d'environ 4,5 millions de tonnes de CO₂ par an). Selon ces calculs, le renforcement des stocks contribue à une réduction des émissions d'environ 50%. La magnitude de ce phénomène pose des problèmes d'interprétation

4.1.2 Calcul du NRF par domaines phytogéographiques

La méthodologie utilisée (spatialement explicite) dans cette étude nous permet aussi de produire des estimations préliminaires non seulement au niveau national mais aussi, suivant le schéma de stratification adopté, des estimations au niveau des domaines phytogéographiques identifiés, pour mieux comprendre les dynamiques et leurs implications.

Tableau 26: Calcul du NRF par domaine phytogéographique

Domaine	Moyenne historique des émissions (milliers de tonnes de CO ₂)	Pourcentage du total
Nord sahélien	-53,2	-0,8%
Nord soudanien	3533,4	56,0%
Sud sahélien	372,0	5,9%
Sud soudanien	2461,9	39,0%
Total	6314,1	100,0%

(*) Les valeurs positives représentent les émissions annuelles, les valeurs négatives les absorptions annuelles de CO₂,

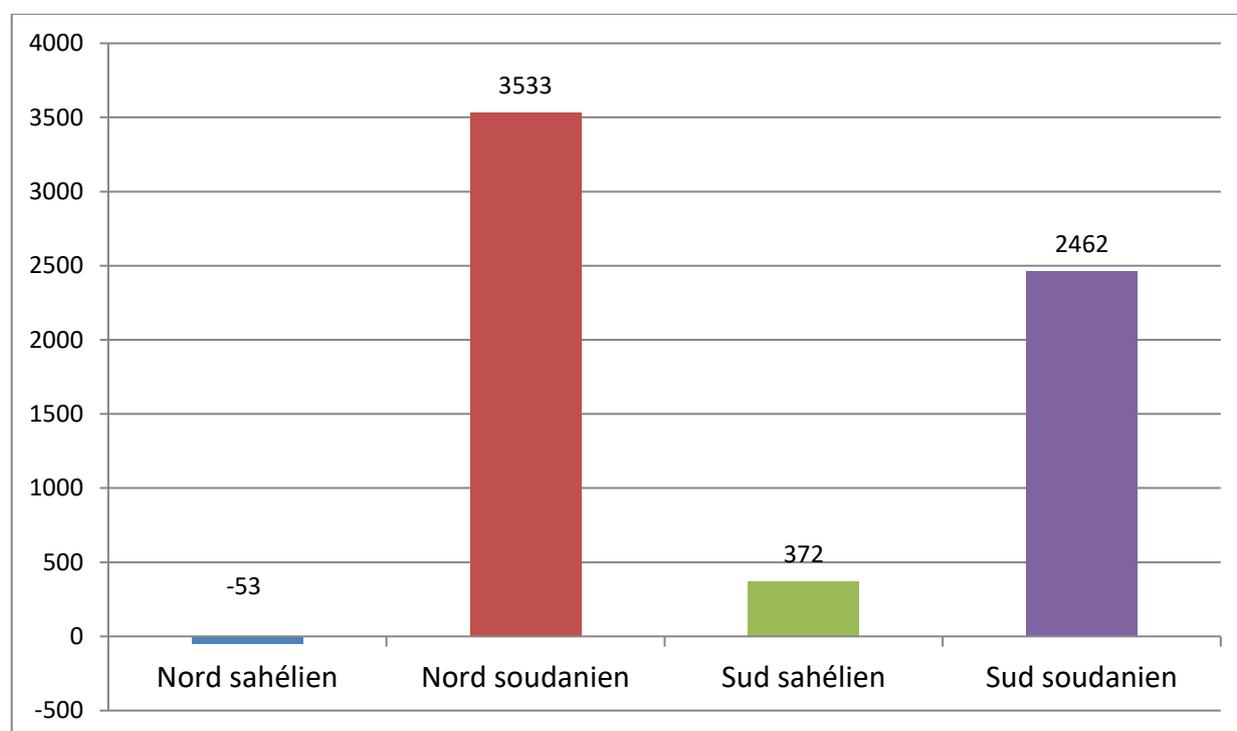


Figure 17: NRF par domaine phytogéographique

Apparemment, les émissions forestières se concentrent largement dans les domaines Soudaniens, respectivement Nord Soudanien (56% du total) et Sud Soudanien (39%). Ces deux régions phytogéographiques totalisent 95% des émissions annuelles. Les émissions des zones Sahéliennes sont marginales (5% du total). On peut noter aussi que pour la zone Nord Sahélienne les émissions sont négatives, ce qui signifie une séquestration nette de Carbone, bien que très modeste.

4.1.3 Calcul du NRF par régions administratives

Comme dit plus haut, avec l'approche spatialement explicite du Tier 3, qui implique une analyse spatiale des changements en combinant des variables spatiales, sous forme de vecteurs géo référencés à l'aide d'un SIG,

et variables ponctuelles d’inventaire forestier et du Carbone Organique du Sol, il est possible d’effectuer des calculs pour différentes unités de rapportage.

En fait, outre les rapports au niveau des domaines phytogéographiques, qui représentent principalement l’impact écologique des changements du couvert forestier, nous avons estimé aussi utile d’élaborer les émissions au niveau des régions administratives, suivant le concept selon lequel les régions sont des unités politiques d’intervention pour réduire les émissions.

Pour cela nous avons procédé aux calculs des émissions par Régions administratives, et nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau 27: Synthèse du NRF par Régions Administratives

Région	Moyenne historique des émissions (milliers de tonnes de CO ₂)
BOUCLE DU MOUHOUN	1257
CASCADES	641
CENTRE	124
CENTRE-EST	571
CENTRE-NORD	248
CENTRE-OUEST	730
CENTRE-SUD	446
EST	811
HAUTS-BASSINS	646
NORD	247
PLATEAU-CENTRAL	485
SAHEL	-41
SUD-OUEST	150
TOTAL	6314

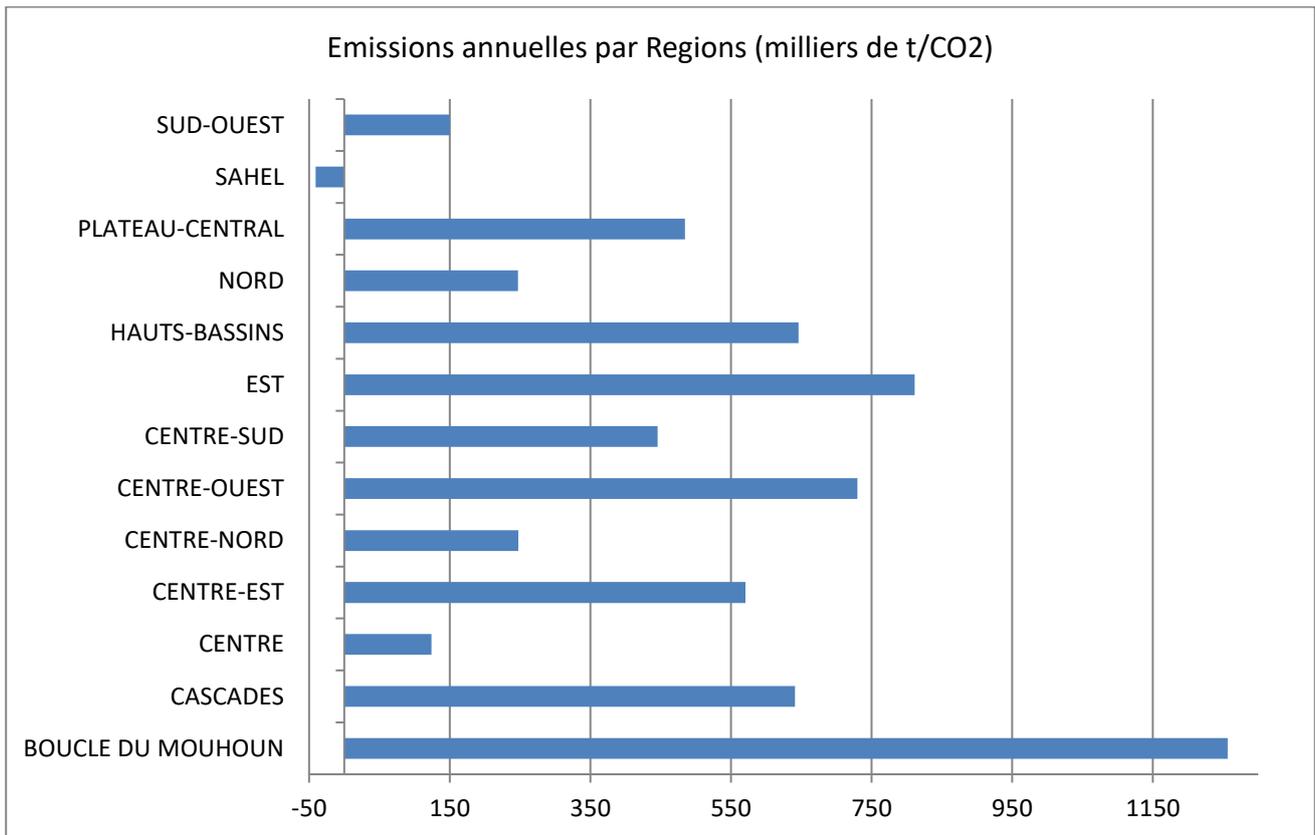


Figure 18: Émissions annuelles par Région

5. Estimation des incertitudes

Les données disponibles pour le calcul des incertitudes sont :

- L'incertitude du volume moyen à l'hectare ;
- L'incertitude du COS moyen à l'hectare

Les calculs des limites de confiance pour ces deux paramètres sont présentés dans l'Annexe 2.

Pour combiner ces deux paramètres on utilise la formule suivante

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 \dots (U_n * x_n)^2}}{|x_1 + x_2 \dots + x_n|}$$

Où :

U_i = % d'incertitude associée à chaque paramètre

X = valeur du paramètre

U total = % d'incertitude de la somme des paramètres

Dans notre cas, l'incertitude de facteurs d'émissions est la somme de la somme de l'incertitude du volume + l'incertitude du COS.

Les analyses statistiques présentées dans l'Annexe 2 donnent les résultats suivants :

Volume moyen = 19,9

Limite de confiance du volume = 5,5%

COS moyen = 24,3

Limite de confiance du COS = 2,8%

Donc

Utotal =

$$\frac{\sqrt{(5,5 * 19,9)^2 + (2,8 * 24,3)^2}}{(19,9 + 24,3)}$$

Utotal = 2,9%

Donc, l'incertitude estimée pour les facteurs d'émission est de ±2,9%

Quand l'estimation de l'incertitude pour les données d'activité sera disponible on pourra calculer l'incertitude totale à l'aide de la formule suivante

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Où :

Ui = % d'incertitude associée à chaque paramètre

U total = % d'incertitude du produit des paramètres

Conclusion et recommandations

Ce document présente une contribution technique pour rendre disponible une estimation du NRF pour le Burkina Faso, et aussi pour fournir des données qui peuvent servir à l'élaboration de la Troisième Communication Nationale du Burkina Faso à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

D'après l'analyse, l'élaboration du niveau de référence des forêts présente des atouts intéressants mais aussi des faiblesses et critiques importantes.

Les principaux atouts sont :

- la disponibilité d'un grand nombre de placettes d'inventaire forestier géo-localisées pour l'estimation du volume de bois ;
- la disponibilité d'observations fiables sur le Carbone Organique du Sol ;
- la disponibilité de bases cartographique pour la stratification des types forestiers ;
- un niveau d'incertitude faible (<3%) pour les facteurs d'émission.

Néanmoins, la principale faiblesse repose sur :

- La possible incohérence des cartes de changement du couvert forestier, qui génère des inconsistances des données d'activité et donc pour les estimations du niveau de référence pour les deux périodes considérées, 1992-2002 et 2002-2014.

Donc les améliorations suivantes sont nécessaires :

A court terme :

- Finaliser l'étude d'évaluation de la précision des changements d'occupation de terres, qui est en cours.

Les résultats de cette étude aideront à définir les stratégies possibles pour l'amélioration de ce paramètre.

Les axes stratégiques possibles sont les suivants :

- Accepter les données de l'IGB et calculer le niveau d'incertitude associé ;
- Formuler un plan d'action pour améliorer la précision des données d'activité produites par l'IGB ;
- Dans le pire des cas, il faudra envisager d'abandonner les données de l'IGB et de poursuivre avec une stratégie alternative pour l'estimation des données d'activité, comme par exemple l'échantillonnage avec Collect-Earth.

A moyen terme

- élaborer les équations allométriques spécifiques pour la biomasse aérienne ;
- achever l'étude spécifique sur la biomasse racinaire ;
- consolider les estimations du COS.

Annexes

Annexe 1 : Matrices de transition pour toutes les catégories des BDOT

Tableau 28: Tableau 8 : Matrice de transition d'occupation des terres 1992-2002 (surfaces en milliers d'hectares)

Catégorie	Forêt claire	Forêt galerie	Plantation forestière	Savane arborée	Steppe arborée	Parc agroforestier	Savane arbustive	Steppe arbustive	Habitat	Culture annuelle	Rizière	Culture permanente	Verger	Zone humide	Surface en eau	Savane herbeuse	Steppe herbeuse	Sol nu (érodé, dénudé)	Cuirasse	Dune de sable	Roche nue	Total 1992
Forêt claire	18,8	0,3		0,1		0,1	0,9			0,0		0,0		0,0	0,0	0,0		0,0				20,1
Forêt galerie	0,0	148,5	0,2	40,4	16,0	44,8	170,4	20,6	0,1	22,2	0,4	0,4	0,3	2,4	10,2	11,8	7,1	0,4	0,0	0,0	0,0	496,3
Plantation forestière		0,1	9,7	0,2		0,3	0,9			0,6			0,0	0,0	0,0	0,1		0,0				12,0
Savane arborée	0,7	28,0	0,3	222,2	0,4	121,5	695,7	1,2	0,1	80,2	2,0	0,8	1,7	3,4	4,2	58,7	1,1	0,8	0,0			1223,0
Steppe arborée		6,7		1,0	131,5	77,0	2,0	144,5	0,2	20,6		0,4	0,3	0,3	3,6	0,8	25,3	0,5	0,0	0,0	0,4	415,1
Parc agroforestier	0,3	29,2	0,9	47,9	47,5	2523,8	1014,9	405,9	10,0	1308,7	4,4	2,8	3,5	1,6	16,0	76,9	62,8	15,5	0,1	0,1	0,4	5573,5
Savane arbustive	1,3	85,6	1,1	498,9	1,1	1840,0	6751,1	20,3	8,7	1175,1	8,0	2,3	3,6	11,5	12,2	601,1	1,8	3,7	0,0			11027,6
Steppe arbustive		22,8	0,0	0,1	121,8	751,5	4,6	1831,2	3,5	396,3		0,3	0,1	1,5	5,8	0,6	432,9	11,4	0,2	0,1	2,7	3587,7
Habitat		0,0		0,0	0,1	0,7	0,1	0,3	95,8	0,4	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	97,5
Culture annuelle	0,0	5,2	0,1	28,5	8,4	807,3	396,5	186,9	7,2	826,3	1,8	2,1	0,9	2,6	6,7	47,8	51,3	11,3	0,1	0,0	0,6	2391,5
Rizière		0,3		0,1		1,8	1,6		0,0	0,5	19,6	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2						24,9
Culture permanente		0,4		0,3	0,2	2,3	0,9	0,2	0,1	0,9	0,8	11,5	0,1	0,0	0,5	0,1	0,2	0,0	0,0		0,0	18,5
Verger		0,2	0,0	1,8	0,0	1,5	15,4	0,0	0,1	2,5	0,0	0,1	0,6		0,1	2,2	0,0					24,4
Zone humide	0,0	1,7	0,0	1,8	0,0	1,3	4,7	0,4	0,0	1,7	2,0	0,2	0,0	19,8	2,5	1,0	0,3	0,0	0,0			37,3
Surface en eau	0,0	2,2	0,0	0,5	0,9	1,7	1,1	1,6	0,0	0,7	0,1	0,3	0,1	1,4	49,7	0,4	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	62,0
Savane herbeuse	0,4	3,5	0,0	26,9	0,1	89,4	342,4	6,6	0,1	107,8	0,5	0,2	0,1	0,8	2,6	158,2	6,3	0,3	0,0			746,0
Steppe herbeuse		5,5		0,0	32,1	167,2	0,1	537,1	0,5	104,0		0,1	0,0	0,1	1,3	0,1	529,6	13,4	0,2	0,1	3,4	1394,6
Sol nu (érodé, dénudé)	0,0	0,5		0,3	0,8	14,3	4,6	14,2	0,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,4	14,6	22,5	0,0		0,0	92,8
Cuirasse		0,0		0,1	0,2	0,3	0,2	0,5	0,0	0,2					0,0	0,0	0,8	0,0	38,6		0,0	40,9
Dune de sable		0,0			0,0	0,0		0,0	0,0	0,0					0,0		0,1	0,0		6,0		6,2
Roche nue		0,0			0,3	0,4		4,2	0,0	0,5			0,0	0,0	0,0		9,6	0,0	0,0		33,8	49,0
Total 2002	21,6	340,7	12,3	870,9	361,4	6447,3	9408,1	3175,8	126,5	4068,6	39,5	21,6	11,5	45,6	117,0	960,4	1145,2	79,9	39,3	6,3	41,5	27341,0

Tableau 29: Tableau 8 : Matrice de transition d'occupation des terres 1992-2002 (surfaces en milliers d'hectares)

Catégorie	Forêt claire	Forêt galerie	Plantation forestière	Savane arborée	Steppe arborée	Parc agroforestier	Savane arbustive	Steppe arbustive	Habitat	Culture annuelle	Rizière	Culture permanente	Verger	Zone humide	Surface en eau	Savane herbeuse	Steppe herbeuse	Sol nu (érodé, dénudé)	Cuirasse	Dune de sable	Roche nue	Total 2002
Forêt claire	4,1	0,3		1,5		1,5	12,1			0,5			0,0	0,1	0,0	1,0		0,5				21,6
Forêt galerie	0,1	91,4	0,0	31,1	39,5	41,7	87,2	21,8	0,3	11,0	0,3	0,8	0,7	0,7	5,9	5,4	2,2	0,6	0,0	0,0	0,0	340,7
Plantation forestière		0,2	4,9	4,0		0,5	2,5	0,0	0,0	0,1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				12,3
Savane arborée	0,7	14,4	0,1	146,4	0,6	136,1	464,2	0,8	1,4	65,3	1,0	0,7	3,0	2,2	1,3	31,2	0,0	1,0	0,2			870,9
Steppe arborée		0,2	0,0	0,4	100,7	79,2	0,6	148,8	0,4	12,4		0,4	0,0	0,0	2,2	0,2	14,2	1,5	0,1	0,0	0,1	361,4
Parc agroforestier	0,0	13,4	0,6	79,2	70,4	3046,7	968,5	510,6	46,8	1428,1	6,5	4,5	26,7	1,8	8,1	66,7	143,0	24,2	0,2	0,0	1,2	6447,3
Savane arbustive	2,4	60,0	1,5	577,2	0,9	1649,4	5557,7	5,7	21,4	981,0	4,3	2,1	42,3	8,5	3,9	482,1	0,2	5,7	1,7			9408,1
Steppe arbustive		0,3	0,1	0,5	138,5	591,6	10,1	1647,9	6,4	288,5		1,0	0,1	0,3	3,1	2,9	462,6	18,9	0,6	0,1	2,3	3175,8
Habitat		0,0	0,0	0,2	0,0	1,3	0,9	0,6	120,9	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	126,5
Culture annuelle	0,0	3,6	0,4	42,5	16,0	1427,8	570,4	196,4	52,0	1534,7	2,8	3,3	9,6	1,8	2,7	66,2	102,4	34,6	0,2	0,0	0,9	4068,6
Rizière		0,4		0,5		4,0	4,0		0,2	1,8	26,8	0,1	0,1	1,1	0,2	0,4						39,5
Culture permanente		0,0	0,0	0,2	0,5	1,6	0,8	0,1	0,1	1,1	0,0	16,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0				21,6
Verger		0,2	0,0	1,3	0,1	1,8	2,3	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	4,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0			0,0	11,5
Zone humide	0,1	2,0	0,1	2,0	1,2	2,1	5,8	0,7	0,0	1,7	0,9	0,6	0,0	24,8	3,0	0,5	0,2	0,0			0,0	45,6
Surface en eau		3,2	0,0	1,3	4,6	4,3	2,7	2,0	0,1	0,7	0,2	1,9	0,1	1,8	92,7	0,7	0,6	0,1		0,0	0,0	117,0
Savane herbeuse	0,0	5,9	0,1	39,9	0,4	160,0	462,1	1,4	5,2	107,4	0,7	0,2	4,0	1,0	1,1	169,7	0,5	0,7	0,0			960,4
Steppe herbeuse		0,0	0,0	1,0	33,6	96,5	2,1	398,1	4,8	82,4		0,1	0,0	0,0	2,6	1,8	492,6	24,6	0,3	0,2	4,6	1145,2
Sol nu (érodé, dénudé)		0,1	0,0	0,1	0,2	13,7	2,9	3,7	0,4	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	14,1	32,0	0,0	0,0	0,0	79,9
Cuirasse		0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0						0,0	0,0	0,0	39,0		0,0	39,3
Dune de sable					0,0	0,0		0,1	0,0	0,1					0,0		0,2	0,0		5,9	0,0	6,3
Roche nue				0,0	0,2	0,3	0,0	2,2	0,5	0,6					0,0	0,1	5,1	0,0	0,0		32,5	41,5
Total 2014	7,4	195,7	8,0	929,4	407,6	7260,2	8157,0	2941,1	261,2	4531,2	43,8	32,6	91,2	44,2	127,4	830,1	1238,2	144,5	42,4	6,2	41,8	27341,0

Annexe 2 : Calculs de l'incertitude pour les facteurs d'émission

Tableau 30: Paramètre volume

	SUD SOUDANIEN	NORD SOUDANIEN	SUD SAHELIEN	SAHELIEN STRICT	ALL
Stratum					
Forêt claire	28.4 (206.8 %)	---	---	---	28.4 (206.8 %)
Forêt galerie	53.2 (19.5 %)	54.6 (27.9 %)	48.1 (39.5 %)	---	52.7 (14.5 %)
Plantations forestières et vergers	24.0 (43.7 %)	21.8 (130.3 %)	77.0 (430.7 %)	---	24.0 (47.6 %)
Savane arborée	37.1 (8.5 %)	30.1 (18.4 %)	---	---	36.4 (8.0 %)
Savane arbustive et herbeuse	21.9 (14.4 %)	20.5 (14.8 %)	---	---	21.2 (10.3 %)
Steppe arborée	---	---	24.8 (36.4 %)	12.1 (109.6 %)	15.1 (67.2 %)
Steppe arbustive et herbeuse	---	---	9.4 (41.2 %)	4.6 (98.8 %)	7.0 (42.6 %)
Territoires agroforestiers	18.9 (12.3 %)	16.4 (12.7 %)	13.7 (22.8 %)	8.7 (61.7 %)	16.2 (8.5 %)
Zones érodées, dénudées ou cuirassées	9.6 (274.3 %)	6.5 (201.1 %)	1.7 (471.8 %)	2.6 (280.0 %)	3.8 (141.8 %)
Zones humides	26.2 (50.8 %)	15.5 (122.2 %)	31.0 (85.3 %)	21.3 (100.1 %)	23.7 (41.0 %)
Summary					
ALL	26.8 (6.4 %)	20.2 (9.4 %)	12.4 (19.7 %)	5.8 (60.2 %)	19.9 (5.5 %)

Les limites de confiance totale pour le paramètre volume à l'hectare est de $\pm 5,5\%$ et la moyenne pondérée est de 19,9 m³/ha.

Tableau 31:Paramètre COS

	Nord Sahelien	Nord Soudanien	Sud Sahelien	Sud Soudanien	ALL
Stratum					
AG	0.3 (20.2 %)	0.6 (7.6 %)	0.5 (11.3 %)	0.6 (8.5 %)	0.6 (5.0 %)
FC	---	0.5 (426.7 %)	---	---	0.5 (426.7 %)
PA	---	0.6 (6.4 %)	0.5 (6.4 %)	0.6 (6.1 %)	0.6 (3.7 %)
PF	---	0.4 (213.6 %)	---	---	0.4 (213.6 %)
SABUH	0.3 (14.9 %)	0.7 (7.9 %)	0.5 (9.5 %)	0.7 (8.1 %)	0.7 (5.4 %)
SAVARBO	---	0.7 (13.3 %)	0.6 (15.9 %)	0.7 (8.1 %)	0.7 (7.4 %)
STABUH	0.3 (14.7 %)	0.5 (14.4 %)	0.5 (26.8 %)	0.7 (18.3 %)	0.4 (14.9 %)
VG	---	0.5 (164.1 %)	0.8 (603.8 %)	---	0.5 (96.4 %)
ZH	0.6 (67.9 %)	1.0 (22.3 %)	0.6 (124.3 %)	0.9 (14.0 %)	0.9 (10.8 %)
Summary					
ALL	0.3 (10.1 %)	0.6 (4.3 %)	0.5 (9.6 %)	0.7 (4.0 %)	0.6 (2.8 %)

Les limites de confiance totale pour le paramètre volume à l'hectare est de $\pm 2,8\%$ et la moyenne pondérée est de 0,6.

Pour le calcul de la combinaison des incertitudes des facteurs d'émission on a adopté la valeur transformée en t/COS ha qui est de 24,3 t/ha

Références

1. Burkina Faso Ministère de l'Environnement et du cadre de Vie, 2010 - Deuxième communication nationale du Burkina Faso, à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
2. Burkina Faso Ministère de l'Environnement et du Développement Durable – Burkina Faso, 2012 - Plan de préparation à la REDD du Burkina Faso
3. Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques - Communication Nationale du Burkina Faso, 2001
4. CPDN Burkina Faso - Rapport CPDN Final, 2015, Intended Nationally Determined Contributions INDC
5. FAO, 2012 Document de travail de l'évaluation des ressources forestières 180 - FRA 2015 – Termes et Définitions
6. FAO, 2015, Technical considerations for Forest Reference Emission Level and/or Forest Reference Level construction for REDD+ under the UNFCCC
7. FAO, 2016 Nouvelles approches des niveaux d'émissions de référence pour les forêts et/ou niveaux de référence pour les forêts dans le contexte de la REDD+
8. FPCF, 2016 Cadre méthodologique du Fonds de partenariat pour le carbone forestier, Final révisée, 22 juin 2016
9. GFOI 2016, Intégration des données de télédétection et d'observation au sol pour l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre dans les forêts : Méthodes et pratiques recommandées par l'Initiative mondiale pour l'observation des forêts, Version 2.0, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome
10. GOF-C-GOLD, 2012, A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with déforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation, GOF-C-GOLD Report version COP18-1, (GOF-C-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen University, The Netherlands)
11. IPCC 2014, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds) Published: IPCC, Switzerland
12. IPCC, 2016 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use
13. Picard N., Saint-André L., Henry M. 2012. Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres : de la mesure de terrain à la prédiction, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, et Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier, 220pp,
14. République de Côte d'Ivoire Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2016 Atelier technique sur les modalités de représentation de la définition de la forêt dans le cadre de la REDD+
15. Simula, M, 2009 Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture - Département des forêts - Évaluation des ressources forestières - Document de travail 154 Vers une définition de la dégradation des forêts : Analyse comparative des définitions existantes