

# **BURKINA FASO**

*La Patrie ou la Mort, nous Vaincrons*



## **NIVEAU DE RÉFÉRENCE DES FORÊTS (NRF) DU BURKINA FASO**

*Version révisée*

*Janvier 2025*

## **NIVEAU DE RÉFÉRENCE DES FORÊTS (NRF)**

©Secrétariat Permanent pour la REDD+ – Tous droits réservés

*REDD+ Burkina Faso*

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS .....	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	iv
RESUME .....	v
CONTEXTE ET JUSTIFICATION .....	6
I. ELEMENTS D'AMELIORATION DU NRF .....	6
1.1. <b>Données d'activités</b> .....	6
1.2. <b>Facteurs d'émissions spécifiques : biomasse racinaire</b> .....	7
1.3. <b>Période historique</b> .....	7
1.4. <b>Renforcement des stocks de carbone</b> .....	7
II. CARACTERISTIQUES DU NIVEAU DE REFERENCE DES FORÊTS DU BURKINA FASO ..	8
2.1. <b>Caractéristiques principales du NRF</b> .....	8
2.2. <b>Activités et réservoirs considérés</b> .....	9
III. APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR L'ETABLISSEMENT DU NIVEAU DE REFERENCE DES FORÊTS .....	10
3.1. <b>Production des données d'activités sur l'occupation des terres</b> .....	11
3.1.1. <b>Echantillonnage</b> .....	11
3.1.2. <b>Paramètres estimés</b> .....	12
3.1.3. <b>Logique de l'évaluation : période, résolution et approche de détection des changements</b> .....	13
3.1.4. <b>Estimations des changements d'occupation des terres</b> .....	20
3.1.5. <b>Calcul des incertitudes</b> .....	24
3.1.6. <b>Procédure d'AQ/CQ des données d'activités</b> .....	24
3.2. <b>Estimation des superficies brûlées</b> .....	26
3.2.1. <b>Etapes de cartographie des feux</b> .....	27
3.2.2. <b>Estimation des superficies brûlées cartographiées</b> .....	27
3.3. <b>Estimation des facteurs d'émissions</b> .....	28
3.3.1. <b>Données du second inventaire forestier national</b> .....	28
3.3.2. <b>Estimation de la biomasse ligneuse aérienne</b> .....	31
3.3.3. <b>Procédure d'AQ/CQ des données de l'IFN</b> .....	33
3.3.4. <b>Estimation de la biomasse ligneuse racinaire</b> .....	33
3.3.5. <b>Estimation du carbone organique du sol</b> .....	41
3.3.6. <b>Facteurs d'émissions liés aux feux de brousse</b> .....	48
3.3.7. <b>Estimation du carbone total</b> .....	49
3.4. <b>Méthode de calcul des émissions du NRF</b> .....	54
IV. RESULTATS DES EMISSIONS FORESTIERES DE 2000-2013 .....	56
4.1. <b>Estimation des émissions liées aux changements d'utilisation des terres</b> .....	56
4.1.1. <b>Émissions par activité REDD+ de 2000-2013</b> .....	56
4.1.2. <b>Émissions par pool de carbone</b> .....	58
4.1.3. <b>Émissions par secteur phytogéographique</b> .....	59
4.1.4. <b>Émissions par région administrative</b> .....	61
4.2. <b>Emissions forestières liées aux feux de brousse</b> .....	62
4.3. <b>Synthèse des émissions forestières</b> .....	63
V. ESTIMATION DE L'INCERTITUDE GLOBALE .....	64

VI. PROCEDURE D'AQ/CQ DU NRF .....	64
VII. AMELIORATIONS FUTURES .....	65
CONCLUSION .....	66
REFERENCES .....	66
I. ANNEXES .....	b

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Synthèse des éléments d'amélioration .....</i>	7
<i>Tableau 2 : Activités et réservoirs considérés pour l'élaboration du NRF .....</i>	9
<i>Tableau 3:Description des changements d'affectation des terres .....</i>	13
<i>Tableau 4:Niveau de résolution par source d'images .....</i>	13
<i>Tableau 5: Système national de classification de l'occupation des terres .....</i>	16
<i>Tableau 6: Matrice de transition entre 2000-2013.....</i>	21
<i>Tableau 7 : Evolution des superficies de l'utilisation des terres.....</i>	21
<i>Tableau 8 : Changements intervenus dans les terres forestières.....</i>	22
<i>Tableau 9 : Dégradation des forêts et renforcement de stock de carbone .....</i>	23
<i>Tableau 10 : Superficies brûlées dans les terres forestières restant terres forestières et dans les terres non forestières converties en terres forestières .....</i>	27
<i>Tableau 11: Densité moyenne des 10 espèces plus importantes.....</i>	32
<i>Tableau 12 : Répartition des sujets étudiés par classe de diamètre, par espèce et groupes d'espèces .....</i>	33
<i>Tableau 13 : Equations allométriques de prédiction de la biomasse racinaire retenues .....</i>	35
<i>Tableau 14 : Ratio biomasse racinaire (BR) sur biomasse aérienne (BA) ligneuse.....</i>	36
<i>Tableau 15 : Ratio biomasse racinaire sur biomasse aérienne ligneuse – Tier 1 -GIEC .....</i>	36
<i>Tableau 16 : Comparaison des valeurs du carbone racinaire du GIEC à celles du pays.....</i>	37
<i>Tableau 17: Activités et procédures d'AQ/CQ des mesures du carbone de la biomasse racinaire .....</i>	40
<i>Tableau 18: Exemple de données ponctuelles du BUNASOLS .....</i>	42
<i>Tableau 19: Répartition des échantillons en fonction des classes de végétation .....</i>	43
<i>Tableau 20: Carbone Organique du Sol t/ha.....</i>	46
<i>Tableau 21: Valeur par défaut de MB*Cf .....</i>	48
<i>Tableau 22 : Facteurs d'émissions par défaut du GIEC pour les estimations liées aux feux de brousse ..</i>	48
<i>Tableau 23: Valeurs de PRG .....</i>	49
<i>Tableau 24 : Teneur en carbone de la biomasse racinaire et aérienne ligneuse .....</i>	50
<i>Tableau 25: Base des données pour le calcul des facteurs d'émissions .....</i>	51
<i>Tableau 26 : Détails des incertitudes liées aux volumes du bois.....</i>	52
<i>Tableau 27 : Détails des incertitudes liées au COS.....</i>	53
<i>Tableau 28 : Emissions liées aux changements dans les catégories du GIEC .....</i>	58
<i>Tableau 29 : Synthèse des émissions forestières entre 2000 et 2013 en GgCO<sub>2</sub>eq.....</i>	63

## Liste des figures

<i>Figure 1: Grilles systématiques de collecte des données d'activités</i> .....	12
<i>Figure 2 : Image HR CNES/Airbus (A) et MR Landsat 8 (B) de la même parcelle</i> .....	14
<i>Figure 3 : Illustration d'une série chronologique d'affectation des terres</i> .....	14
<i>Figure 4 : Illustration d'une série temporelle d'affectation des terres dans Collect Earth</i> .....	15
<i>Figure 5: Structure de la parcelle d'échantillonnage</i> .....	17
<i>Figure 6: Parcelle d'échantillonnage à différents agrandissements, image à résolution moyenne</i> .....	18
<i>Figure 7: Différentes images satellites de la même parcelle d'échantillonnage : Sentinel 2 (12 derniers mois, bandes 8-11-4) ; Landsat 8 (2019, bandes 5-6-4) ; Landsat 7 (2000, bandes 4-5-3).</i> .....	18
<i>Figure 8: Exemple d'image à résolution moyenne en fausses couleurs (Sentinel 2, bandes 8-11-4).</i> .....	19
<i>Figure 9: Exemple de courbes NDVI</i> .....	19
<i>Figure 10: Incertitude liée aux données d'activités</i> .....	24
<i>Figure 11: Géolocalisation des placettes de l'IFN 2</i> .....	30
<i>Figure 12: Carte de répartition des points de localisation des sites des arbres échantillonnés</i> .....	34
<i>Figure 13: Localisation des données ponctuelles de BUNASOLS</i> .....	42
<i>Figure 14: Formule du calcul des émissions</i> .....	55
<i>Figure 15 : Répartition des émissions en GgCO<sub>2</sub>eq par activité REDD+</i> .....	56
<i>Figure 16: Evolution des émissions par activité REDD+ de 2000 à 2013</i> .....	57
<i>Figure 17: Emissions annuelles par pool de carbone</i> .....	59
<i>Figure 18 : Emissions durant la période 2000-2013 dans les deux réservoirs de carbone</i> .....	59
<i>Figure 19 : Répartition des émissions par secteur phytogéographique</i> .....	60
<i>Figure 20 : Emissions annuelles par secteur phytogéographique en tCO<sub>2</sub>eq</i> .....	61
<i>Figure 21 : Emissions en GgCO<sub>2</sub>eq par région administrative entre 2000 et 2013</i> .....	62
<i>Figure 22 : Emissions liées aux feux de brousse par secteur phytogéographique</i> .....	63

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

<b>AFAT</b>	: Agriculture, Foresterie et autres Affectations des Terres
<b>BUNASOLS</b>	: Bureau National des Sols
<b>CCNUCC</b>	: Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
<b>COS</b>	: Carbone Organique des sols
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Dioxyde de carbone
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Méthane
<b>DA</b>	: Données d'Activités
<b>DSIF</b>	: Division du Système d'Information Forestier
<b>FE</b>	: Facteur d'émission
<b>GIEC</b>	: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<b>IFN</b>	: Inventaire Forestier National
<b>IVI</b>	: Indice de Valeur d'Importance
<b>MNV</b>	: Mesure, Notification et Vérification
<b>NERF/NRF</b>	: Niveau d'Emissions de Référence des Forêts / Niveau de Référence des Forêts
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Oxyde nitreux
<b>ONDD</b>	: Observatoire National pour le Développement Durable
<b>REDD+</b>	: Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts incluant la gestion durable , la conservation et le renforcement des stocks de carbone forestier

## RESUME

Conformément à la décision 12/CP17 de la CCNUCC, le Burkina Faso a mis à jour son Niveau de Référence des Forêts (NRF) en adoptant une nouvelle méthodologie basée sur l'outil Collect Earth. Cette révision, couvrant la période 2000-2013, vise à affiner l'estimation des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts, ainsi qu'à quantifier le potentiel d'absorption des écosystèmes forestiers.

Les résultats de cette révision indiquent que le Burkina Faso a enregistré des émissions totales de 179 231,53 GgCO<sub>2</sub>eq soit en moyenne 13 787,04GgCO<sub>2</sub>eq par an sur la période considérée. La déforestation demeure le principal moteur de ces émissions, représentant 60 313,48 GgCO<sub>2</sub>eq. Bien que les émissions liées à la dégradation soient moins importantes, elles contribuent également de manière significative. En parallèle, les activités de boisement et de reboisement ont permis d'absorber 4 480,53 GgCO<sub>2</sub>eq.

Concernant les réservoirs de carbone, la biomasse ligneuse est le principal stock de carbone, représentant 65% des émissions totales. Le carbone organique du sol contribue également de manière substantielle, avec environ 35% des émissions.

Sur le plan spatial, le secteur phytogéographique Sud-Soudanien est le plus émissif, concentrant 70,5% des émissions totales. Au niveau régional, les principales émissions enregistrées proviennent respectivement des régions du Centre-Ouest (10 026,84 GgCO<sub>2</sub>eq), des Hauts-Bassins (9 427,82 GgCO<sub>2</sub>eq), de la Boucle du Mouhoun (8 738,39 GgCO<sub>2</sub>eq), des Cascades (7 969,69 GgCO<sub>2</sub>eq), de l'Est (7 846,41 GgCO<sub>2</sub>eq) et du Sud-Ouest (5 908,18 GgCO<sub>2</sub>eq). Ces régions contribuent à elles seules à plus de 88% aux émissions totales. L'incertitude totale liée au NRF est de 2,74 %.

## CONTEXTE ET JUSTIFICATION

Le Burkina Faso est le premier pays sahélien à adhérer, en 2013, au mécanisme de réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts incluant la gestion durable des forêts, la conservation et le renforcement des stocks de carbone forestier (REDD+). Pour la conduite du processus de la REDD+, le pays a développé progressivement les quatre piliers de la phase de préparation à la REDD+ dont le Niveau d'émissions de référence des forêts et/ou le Niveau de référence des forêts (NERF/NRF) conformément à la décision 1/CP.16, paragraphe 71 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).

En 2020, le Burkina Faso a soumis son premier NRF au Secrétariat de la CCNUCC. Il a couvert la période de 1995 à 2017 et a permis au pays d'établir la dynamique spatio-temporelle du potentiel forestier et de répertorier les activités à fort potentiel de REDD+. L'élaboration de ce référentiel a nécessité la production des Bases de données d'occupation des terres (BDOT) de 1992, de 2002 et de 2014 ainsi que deux cartes de changement du couvert forestier des périodes historiques de 1992-2002 et de 2002-2014 avec pour support les images satellitaires de LandSat. Cependant, pour une révision périodique du NRF, cette méthodologie s'est avérée contraignante en termes de coût, de temps et de ressources humaines. C'est ainsi que pour la mise à jour du présent NRF le Burkina Faso a opté pour une méthodologie de production de statistiques sur l'occupation/ utilisation des terres à l'aide de l'outil Collect Earth qui offre plus de flexibilité dans la production des données d'activités.

Le NRF est un indicateur de mesure de la performance des pays parties à la mise en œuvre des activités de la REDD+ et dans la gouvernance des forêts. Ainsi, l'actualisation du NRF du Burkina Faso répond non seulement aux exigences de la décision 12/CP.17 de la CCNUCC, mais aussi à la volonté politique du pays d'évaluer ses performances dans la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts.

### I. ELEMENTS D'AMELIORATION DU NRF

#### 1.1. Données d'activités

L'élaboration du précédent NRF (2020) avait nécessité l'utilisation des bases d'occupation des terres (BDOT 1992, 2002 et 2014) obtenues du traitement supervisé des images satellitaires de LandSat et de deux cartes de changement du couvert végétal des périodes historiques de 1992-2002 et de 2002-2014.

Pour l'élaboration du présent niveau de référence, les données d'activités proviennent des statistiques d'occupation/utilisation des terres au Burkina Faso produites à l'aide de l'outil Collect Earth.



Ce changement de méthodologie se justifie par le fait que Collect Earth offre une grande flexibilité dans la production des données d'activités et son utilisation est moins contraignante en termes de temps, de budget et de ressources humaines. Aussi, le niveau de la précision permet de suivre la recommandation du GIEC en matière d'amélioration constante de la qualité des données.

### 1.2. Facteurs d'émissions spécifiques : biomasse racinaire

Les résultats de l'étude sur la mesure de la biomasse racinaire des ligneux au Burkina Faso ont permis d'améliorer ce pool de carbone passant de Tier 1 pour le NRF de 2020 à Tier 2 pour le présent NRF. L'estimation a porté sur la masse volumique du bois des espèces et groupe d'espèces étudiées, le ratio de la biomasse racinaire sur la biomasse aérienne ligneuse et la teneur moyenne du carbone de la biomasse. La moyenne pondérée du ratio biomasse racinaire sur biomasse aérienne ligneuse obtenue de l'étude est de 0,393. Ce ratio représente une valeur intermédiaire entre 0,28 pour les forêts sèches avec une biomasse supérieure à 20 tonnes/ha, 0,56 pour les forêts sèches avec une biomasse inférieure à 20 tonnes/ha et 0,32 pour les steppes.

### 1.3. Période historique

La période historique considérée est celle de 2000 à 2013 avec 2013 comme année de référence. En effet, ce choix est justifié par : i) la disponibilité de nouvelles données de meilleure qualité permettant une évaluation plus précise des dynamiques forestières ; ii) l'amélioration des méthodologies en intégrant d'outils et de technologies modernes, notamment Collect Earth, ce qui a nécessité une révision de la période pour harmoniser les estimations et iii) la conformité aux décisions de la CCNUCC qui peuvent évoluer, encourageant ou exigeant une mise à jour des périodes historiques ou des données de référence.

### 1.4. Renforcement des stocks de carbone

Contrairement au NRF de 2020, le présent NRF, en plus des terres non forestières converties en terres forestières, prend en compte également le renforcement des stocks de carbone des terres forestières restant terres forestières. Ceci a été l'une des recommandations de la CCNUCC lors de l'évaluation du NRF de 2020.

*Tableau 1: Synthèse des éléments d'amélioration*

NRF 2020	NRF 2025	Observations
Période référence (1995-2017)	Période de référence (2000 à 2013)	
Bases de données d'occupation des terres (BDOT) de 1992, 2002 et 2014 Deux cartes de changement historique (1992-2002 et 2002-2014)	Données statistiques d'occupation / utilisation des terres	Les BDOT du NRF de 2020 sont issues du traitement supervisé des images

		satellites Landsat 4, 5, 7 et 8 Les données d'activités du NRF de 2025 ont été produites à l'aide de l'outil Collect Earth.
Biomasse racinaire par défaut	Résultats de l'étude sur la mesure du carbone de la biomasse racinaire des ligneux au Burkina Faso. Tier 2.	
Renforcement des stocks de carbone	Prise en compte de renforcement des stocks de carbone des terres forestières restant terres forestières	

## II. CARACTERISTIQUES DU NIVEAU DE REFERENCE DES FORÊTS DU BURKINA FASO

Selon les modalités et les directives de la soumission d'informations sur les NERF/NRF pour leur évaluation technique dans le cadre de la CCNUCC, les pays devront indiquer leur portée, à savoir quelles activités REDD+, quels réservoirs et gaz sont inclus dans le NERF/NRF.

### 2.1. Caractéristiques principales du NRF

Pour cette révision du NRF du Burkina Faso, les paramètres et les variables utilisés pour les calculs sont les suivants :

- **Echelle** : elle est nationale et couvre une superficie totale de 27,3 millions d'hectares ;
- **Typologie** : le pays a opté pour un Niveau de référence des forêts (NRF) qui permet de prendre en compte aussi bien les émissions brutes liées à la déforestation et à la dégradation forestière que 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 incluses, les plantations d'arbres à vocation forestière. Les strates forestières retenues sont :
  - forêts claires ;
  - forêts galeries ;
  - savanes arborées ;
  - savanes arbustives ;
  - steppes arborées ;
  - plantations forestières.

**forêts claires** : formation arborée caractérisée par des arbres de grande taille (15 à 20 m de haut), aux cimes plus ou moins jointives avec une strate arbustive qui constitue un sous-bois clair. Le taux de recouvrement est compris entre 50 et 70% avec une répartition clairsemée. Elle est marquée par la présence de graminées et d'une strate herbeuse.

**forêts galeries** : de forme linéaire, cette formation végétale longe les cours d'eau et se présente sous l'aspect de cordons ripicoles et est fait d'espèces arborées ou de forêt décidue.

**savanes arborées** : cette formation est présente dans le domaine phytogéographique soudanien. Il s'agit d'un regroupement d'arbres auquel se mêle une strate herbeuse et des arbustes. Le taux de recouvrement des arbres est supérieur à 10% mais inférieur à 50%. La strate arborescente a une hauteur qui varie entre 10 et 20 m, avec des arbres bien individualisés et disséminés à l'intérieur de la strate arbustive.

**savanes arbustives** : ce type de savane est caractérisé par la dominance des espèces arbustives avec un recouvrement compris entre 10 et 50%. Les arbustes ont une taille entre 4 et 7 m de haut et sont surplombés par quelques rares arbres disséminés çà et là, dont le recouvrement est inférieur à 10%.

**steppes arborées** : cette formation végétale est surtout présente dans les parties septentrionales du Burkina Faso (secteur phytogéographique subsaharien), et fortement représentée par exemple dans les localités de Tougri-Yalgo, Djibo-Kongoussi. Elle se présente sous forme d'une alternance de strates arborées (7 à 12 m) et de sols nus de faibles étendues (comparé à la végétation), parfois occupés par un tapis herbacé rare parsemé de termitières.

**plantations forestières** : ce type d'occupation désigne toute forme de végétation faite d'arbres plantés par l'homme pour des besoins divers (productions de bois, restauration et protection des sols).

- ☀ **Gaz à effet de serre** retenus : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O ;
- ☀ **Période historique** considérée : 2000-2013 ;
- ☀ **Année de référence** retenue : 2013.

## 2.2. Activités et réservoirs considérés

Les activités REDD+ et les réservoirs inclus dans le NRF sont présentés dans le tableau 2.

*Tableau 2 : Activités et réservoirs considérés pour l'élaboration du NRF*

Paramètre ou variable	Considéré	Description	Commentaires
<b>Activités REDD+</b>			
<b>Déforestation</b>	Oui	Conversion de terres forestières en terres non forestières.	-

Paramètre ou variable	Considéré	Description	Commentaires
<b>Dégradation forestière</b>	Oui	Perte de stocks de carbone observée pour les terres forestières restant terres forestières.	Peut inclure aussi la perte de biodiversité.
<b>Renforcement de stocks de carbone</b>	Oui	Augmentation de stocks de carbone par régénération artificielle (plantations forestières) ou naturelle (régénération des jachères).	Cela représente la conversion des terres non forestières en terres forestières et l'accroissement de stock de carbone dans les terres forestières restant terres forestières.
<b>Conservation de stocks de carbone forestier</b>	Non	-	Le pays ne dispose pas de données quantitatives sur cette activité.
<b>Gestion durable des forêts</b>	Non	-	Le pays ne dispose pas de données quantitatives sur cette activité.
<b>Réservoirs de carbone</b>			
<b>Biomasse aérienne vivante</b>	Oui	Résultats de l'IFN 2 de 2014 basés sur 5 850 échantillons de terrain. Année de référence 2014. Tier 2.	L'IFN 2 a produit des résultats pour le volume des fûts et branches (diamètre minimum de 2 cm). La biomasse a été calculée à partir des valeurs de densité du bois.
<b>Bois mort</b>	Oui	Résultats de l'IFN 2 de 2014 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.
<b>Litière</b>	Non	-	Le pays ne dispose pas de données quantitatives sur cette activité.
<b>Biomasse racinaire</b>	Oui	Résultats de l'étude sur la mesure du carbone de la biomasse racinaire des ligneux au Burkina Faso. Tier 2.	Estimation de la masse volumique du bois des espèces et groupe d'espèces étudiées, le ratio de la biomasse racinaire sur la biomasse aérienne ligneuse et la teneur moyenne du carbone de la biomasse.
<b>Carbone Organique du Sol</b>	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.

### III. APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR L'ETABLISSEMENT DU NIVEAU DE REFERENCE DES FORÊTS

Cette partie décrit le processus ayant permis d'obtenir les données d'activités et facteurs d'émissions nécessaires à l'élaboration du Niveau de référence des forêts.

### 3.1. Production des données d'activités sur l'occupation des terres

La production des données d'activités s'est réalisée à l'aide de l'outil *Collect Earth* développé par la FAO. Elle couvre l'ensemble du pays et a été conduite par une équipe d'opérateurs ayant une bonne maîtrise du paysage national. Cette équipe a été préalablement formée en identification des unités d'occupation des terres et en utilisation de l'outil *Collect Earth*. Les étapes ci-dessous sont celles ayant permis la production des données.

#### 3.1.1. Echantillonnage

Un plan de sondage systématique a été préconisé dans le cadre de cette étude. La grille a été générée directement sur Google Earth Engine et la formule ci-dessous a permis de calculer la taille d'échantillon idéale en fonction du niveau de précision souhaité, du niveau de confiance et de la proportion estimée de l'attribut présent dans la population. Cette formule est considérée comme particulièrement adaptée aux situations impliquant de grandes populations.

La formule ayant permis de déterminer la taille de l'échantillon ( $n$ ) est :

$$n = \frac{t^2 p_i (1 - p_i)}{E^2}$$

- erreur relative ( $e$ ) de 5% a été utilisée ;
- erreur marginale ( $E$ ) =  $e * p_i$  ;
- $t$  de student est de 1,96 ;
- $p_i$  : proportion de la variable objective

Ce calcul a abouti à un échantillon de 13 515 placettes équidistantes de 4 497,79 m. Afin d'intensifier l'échantillon et réduire les équidistances entre les points de la grille, un réajustement d'environ 30% de l'échantillon a été appliqué. Cela a permis d'obtenir un échantillon de 17 580 placettes équidistantes de 4 000 m soit un taux de sondage de 0,032%. La taille de la placette est de 0,5 ha. Cette superficie est conforme à la superficie minimale de la forêt définie au Burkina Faso dans le cadre de la REDD+. La grille a été spatialisée sur QGIS dans les limites de la BNDT 2012 du pays (figure 1).

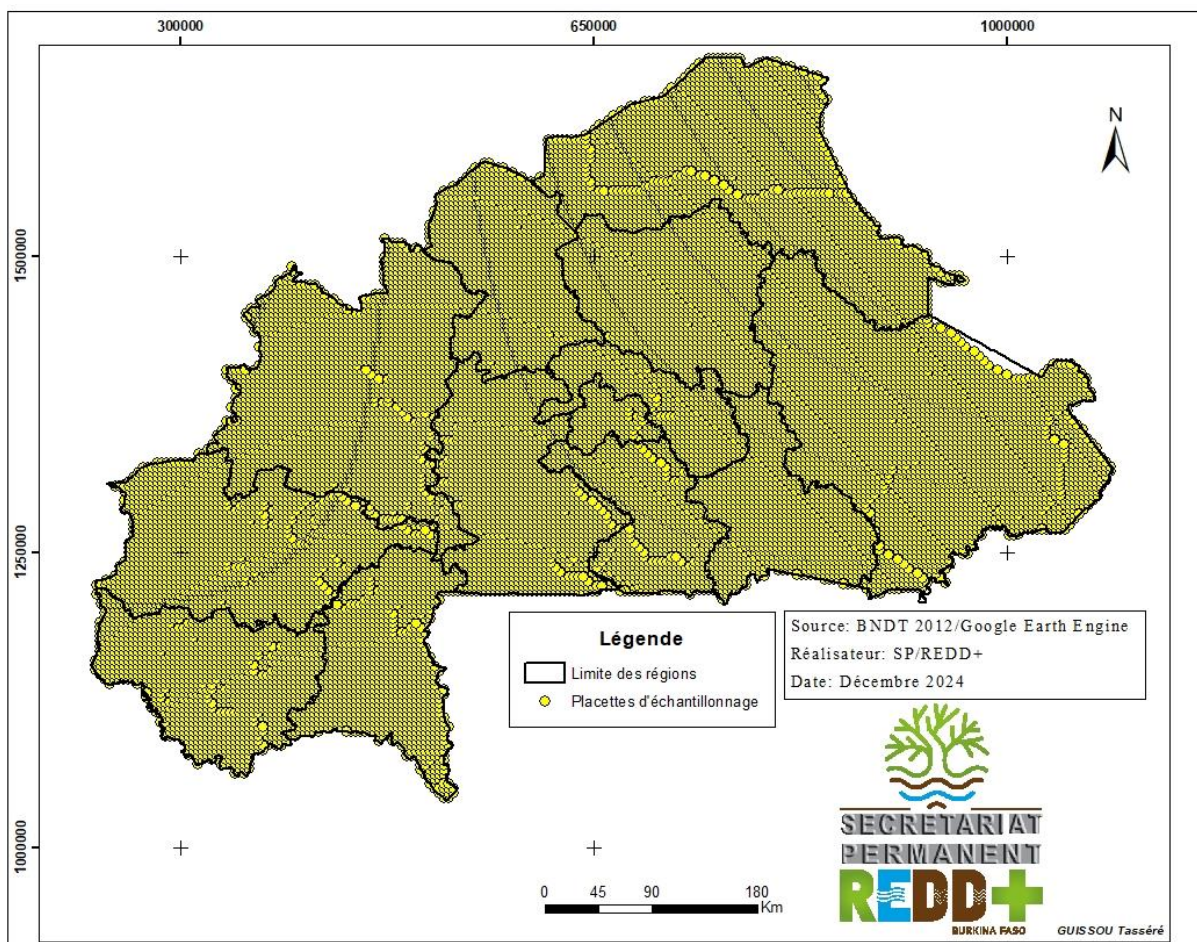


Figure 1: Grilles systématiques de collecte des données d'activités

### 3.1.2. Paramètres estimés

Les données collectées ont permis d'estimer les superficies des paramètres suivants :

- 🌳 **déforestation** : conversion des terres forestières en terres non forestières ;
- 🌳 **dégradation forestière** : perte des stocks de carbone observée pour les terres forestières restant terres forestières ;
- 🌳 **gains en superficies forestières** : conversion des terres non forestières en terres forestières ;
- 🌳 **renforcement des stocks de carbone** : terres forestières restées terres forestières avec augmentation des stocks de carbone ;
- 🌳 **variations annuelles des superficies** : c'est la différence de superficie d'une catégorie entre deux périodes sur le nombre d'année ;
- 🌳 **changement d'affectation des terres** : conversion d'une catégorie de terre à une autre catégorie (tableau 3).

Tableau 3: Description des changements d'affectation des terres

Paramètres	Changement	Description
<b>Afforestation</b>	TnF → TF	Conversion des terres non forestières (TnF) en terres forestières (TF) incluant les terres forestières restées terres forestières avec augmentation des stocks de carbone
<b>Terres forestières stables</b>	TF → TF	Terres forestières (TF) restées terres forestières (TF)
<b>Perte forestière brute</b>	TF → TnF	Conversion des terres forestières (TF) en terres non forestières (TnF)
<b>Perte forestière nette</b>	(TF → TnF) - (TnF → TF)	La différence entre les terres forestières (TF) converties en terres non forestières (TnF) et les terres non forestières (TnF) converties en terres forestières (TF)
<b>Terres non forestières stables</b>	TnF → TnF	Terres non forestières restées terres non forestières (TnF)

### 3.1.3. Logique de l'évaluation : période, résolution et approche de détection des changements

#### Images de haute et moyenne résolution

L'évaluation a couvert la période de 2000 à 2022, soit 22 ans. La résolution des images satellitaires disponibles varie en fonction de l'évolution dans le temps. En effet, les images satellitaires les plus récentes présentent une résolution plus élevée et permettent une meilleure interprétation de la couverture terrestre contrairement aux images plus anciennes qui présentent une résolution moyenne et n'offrent pas la même qualité d'informations par unité d'échantillonnage. Le tableau 4 et la figure 2 présente les sources et niveaux de résolution des images.

Tableau 4: Niveau de résolution par source d'images

<b>Résolution</b> <b>Source</b>	<b>Haute Résolution</b>	<b>Moyenne Résolution</b>
<b>Google Earth</b>	Présent et passé	Présent et passé
<b>Bing Maps</b>	Seulement le présent	-
<b>Google Earth Engine App</b>	-	Présent et passé
<b>Planet</b>	A partir de 2015	-



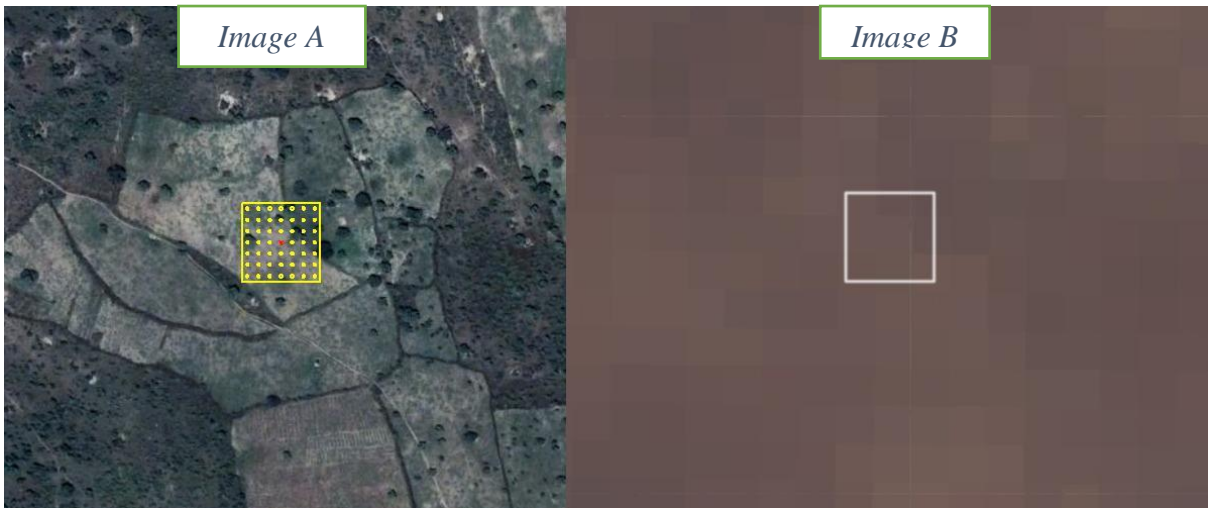


Figure 2 : Image HR CNES/Airbus (A) et MR Landsat 8 (B) de la même parcelle

### **Détection de changements**

La détection de changements a été faite en se basant sur l'évaluation de la dernière image de haute résolution disponible dans l'unité d'échantillonnage. Les changements possibles d'utilisation des terres sont recherchés à travers les différents référentiels d'images dans le passé (figure 3).

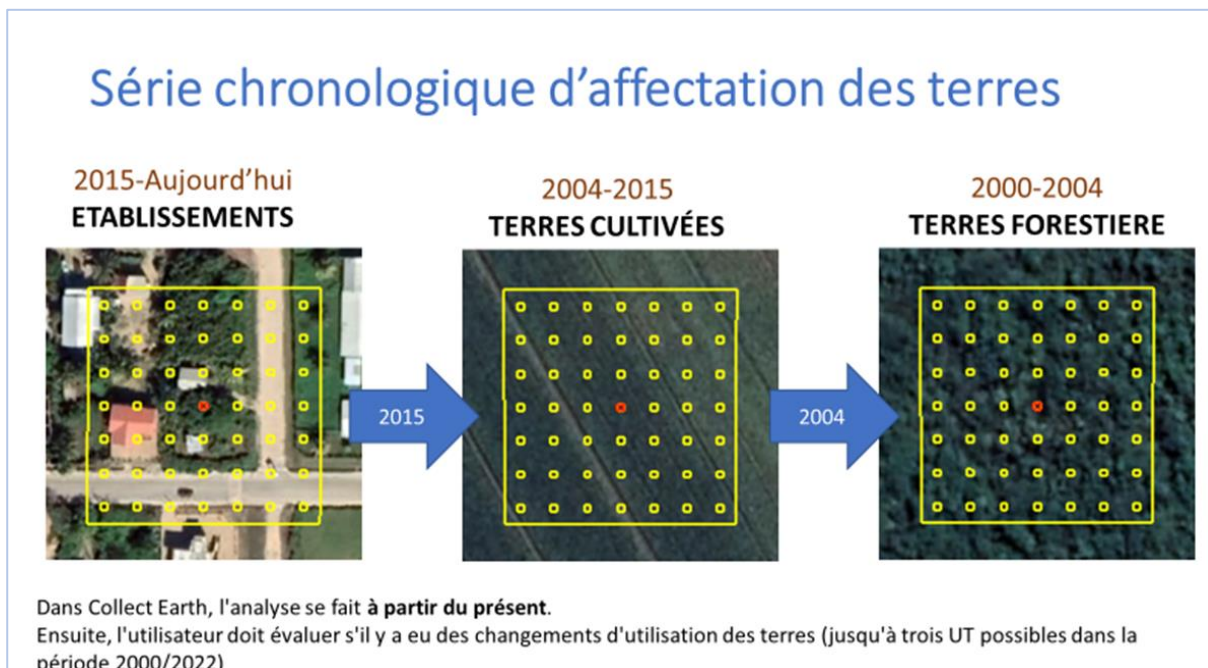


Figure 3 : Illustration d'une série chronologique d'affectation des terres

En règle générale, l'impact anthropique a tendance à augmenter avec le temps : il est rare que les terres cultivées redeviennent des terres forestières, donc généralement, lorsque l'utilisation actuelle des terres est une forêt, l'hypothèse fort probable est que ça l'était aussi dans le passé. Quoiqu'il en soit, cela n'est pas toujours certain, d'où la nécessité de l'étayer par des preuves. Ce n'est qu'en



l'absence de preuves claires que ce principe est utilisé comme guide pour la classification de l'utilisation des terres passées.

### **Années d'évaluation**

A partir de l'évaluation de la dernière image, l'exploitation des images historiques de Google Earth et les autres sources de données disponibles dans Collect Earth a permis de spécifier l'année à laquelle la conversion s'est produite en cas de changement d'affectation des terres. L'utilisation antérieure des terres est évaluée lorsque les preuves de changement sont confirmées. En l'absence d'image d'une année spécifique, l'évaluation a été faite sur l'image de l'année la plus proche. Cette information engendre la génération automatique de la représentation annuelle des terres pour la placette (catégorie d'utilisation des terres, subdivision d'utilisation des terres, changement d'affectation des terres) entre 2000, l'année de changement et 2022 comme le montre l'image ci-dessous :

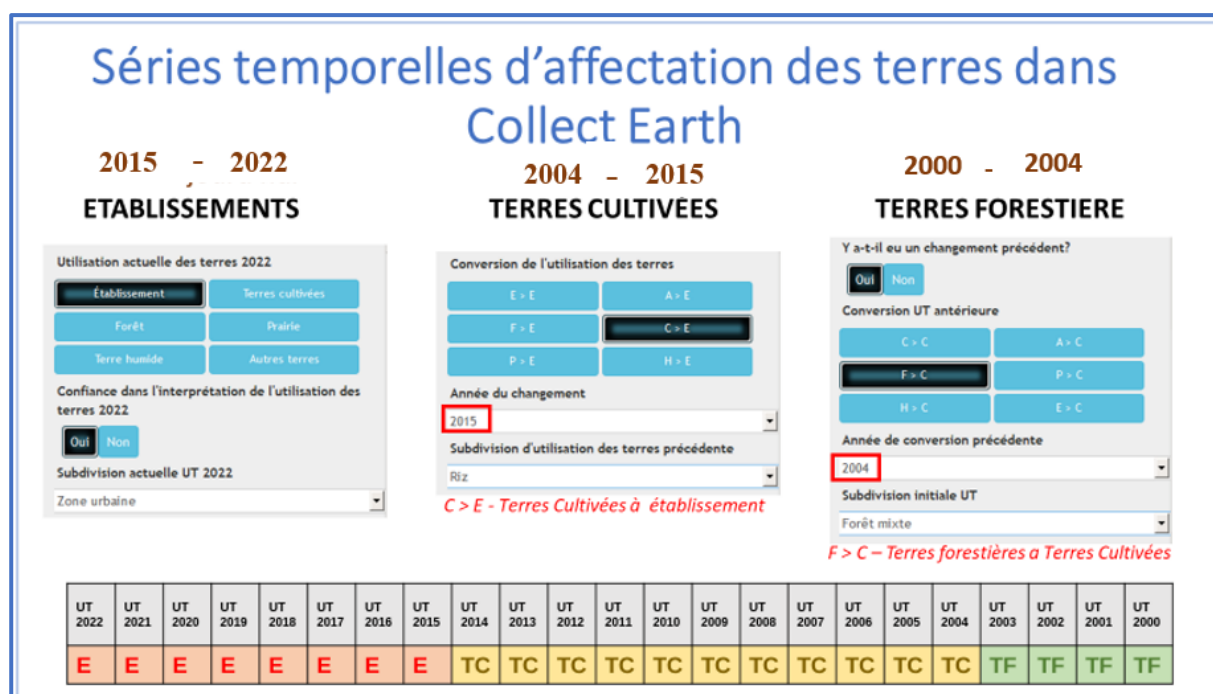


Figure 4 : Illustration d'une série temporelle d'affectation des terres dans Collect Earth

### **Système national de classification de l'occupation des terres**

Le système de classification utilisé est une révision de celui de la BDOT 2012, visant à simplifier la classification des images satellitaires à haute et moyenne résolution pour un opérateur. Un seuil d'hierarchisation des catégories proposées par FAO (2017) a été adapté pour tenir compte de la définition de la forêt dans le cadre de la REDD+ au Burkina Faso. Les classes MNV/REDD+ ont été organisées selon les six (06) catégories du GIEC (tableau 5).

Tableau 5: Système national de classification de l'occupation des terres

Seuil de couverture	Catégorie GIEC (Moyenne résolution)	Classe MNV/REDD+ (Haute résolution)
20%	Etablissement humain	Habitat
20%	Terre cultivée	Culture annuelle
		Culture permanente
		Parc agroforestier
		Rizière
		Verger
10%	Terre forestière	Forêt galerie
		Plantation forestière
		Forêt claire
		Savane arborée
		Steppe arborée
		Savane arbustive
20%	Prairie	Savane herbeuse
		Steppe arbustive
		Steppe herbeuse
20%	Terres humides	Zone humide
		Surface en eau
20%	Autres terres	Sol nu
		Cuirasse
		Roche nue
		Dune de sable

Source : adapté de FAO (2017).

### Evaluation de la parcelle d'échantillonnage

Pour l'évaluation de la parcelle à partir des images de haute résolution, les éléments de couverture terrestre ont été identifiés sur la base du seuil défini dans le système national de classification des terres. Afin de faciliter l'évaluation visuelle des images, chaque parcelle a été subdivisée en 49 (7x7) sous-parcelles, chacune représentant environ 2% de l'unité d'échantillonnage. Cette subdivision a été utilisée pour évaluer le pourcentage de couverture des différents éléments de la parcelle (figure 5).

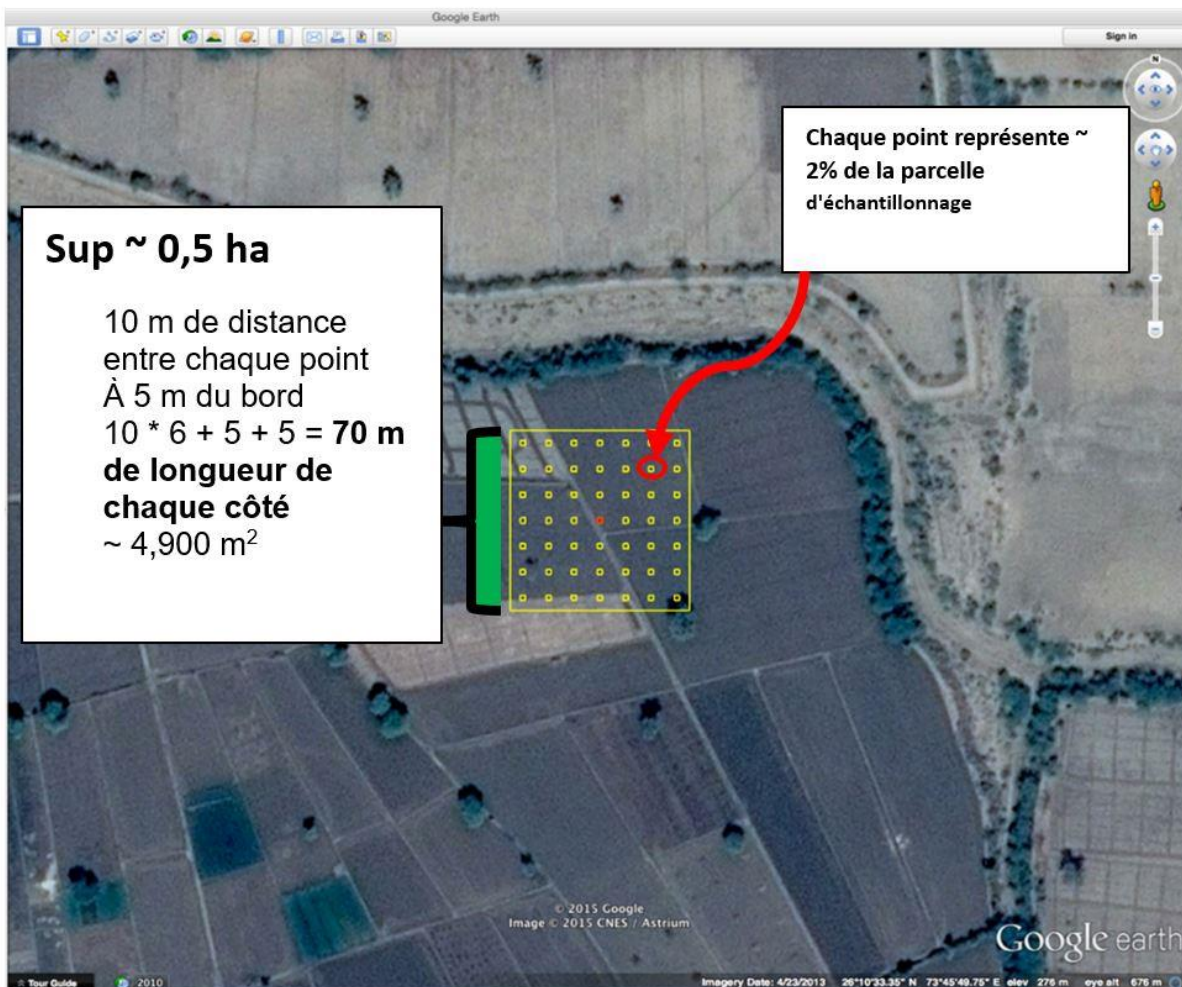


Figure 5: Structure de la parcelle d'échantillonnage

Chaque élément d'un type spécifique (par exemple, arbres ou arbustes) qui se trouve sous le point central d'une sous-parcelle (identifié par un petit carré) représente 2% de couverture de ce type d'élément. Les arbres sont généralement identifiés par une ombre reconnaissable. Les arbustes ne projettent pas d'ombre reconnaissable. Les arbres qui coïncident avec les petits carrés sont comptabilisés dans l'évaluation.

Quant à l'évaluation des images à moyenne résolution, elle a consisté à discerner un changement dans la parcelle à partir de la dernière classification haute résolution. Pour ce faire, les étapes suivantes ont été appliquées :

- **Observation du paysage**

Un zoom arrière a permis de comprendre le paysage de la zone et donc d'évaluer la classification de la parcelle d'échantillonnage (figure 6).



Figure 6: Parcelle d'échantillonnage à différents agrandissements, image à résolution moyenne

- **Comparaison des images fausses couleurs entre les années**

Les images en composition fausses couleurs sont une représentation d'une image multispectrale créée à l'aide de plages autres que le rouge, le vert et le bleu visibles. Ce type d'image en fausse couleur a permis d'apprécier par exemple l'activité chlorophyllienne de la végétation et d'identifier clairement les occupations du paysage. Par ailleurs, la comparaison de l'image de différentes années donne des informations sur les changements de couverture terrestre intervenus dans le temps. La composition colorée fausse couleur est obtenue de la combinaison NIR–SWIR1–Rouge soit les bandes 4-5-3 pour Landsat 7/5 et 5-6-4 pour Landsat 8 (figures 7 et 8).

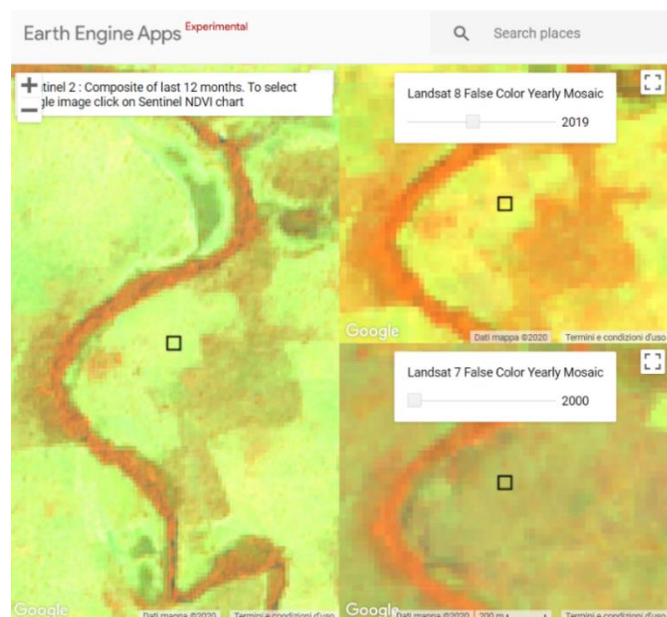


Figure 7: Différentes images satellites de la même parcelle d'échantillonnage : Sentinel 2 (12 derniers mois, bandes 8-11-4) ; Landsat 8 (2019, bandes 5-6-4) ; Landsat 7 (2000, bandes 4-5-3).

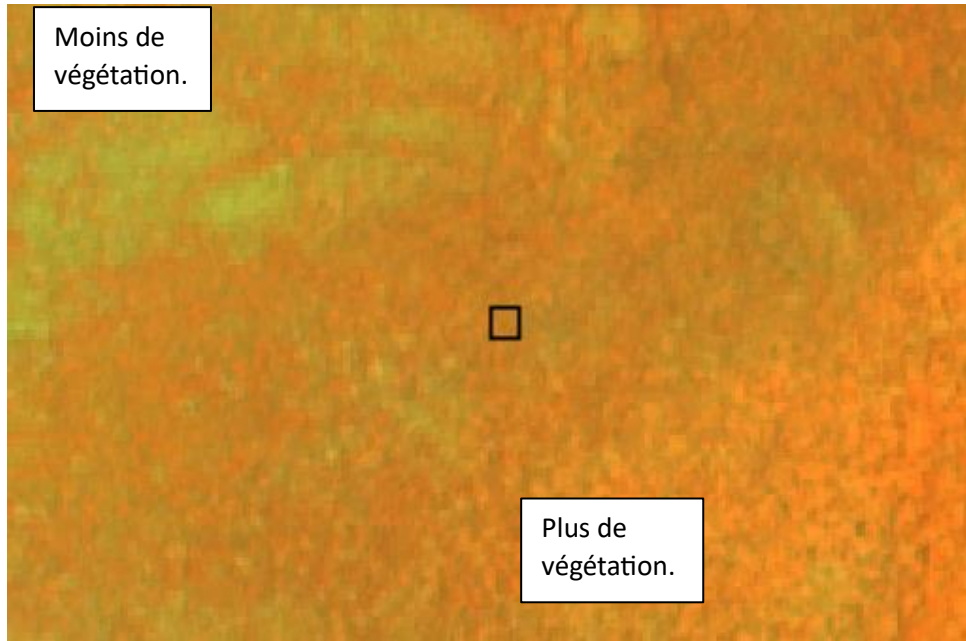


Figure 8: Exemple d'image à résolution moyenne en fausses couleurs (Sentinel 2, bandes 8-11-4).

- **Visualisation du NDVI**

La courbe de NDVI fournit une mesure de la santé de la végétation et des changements de la biomasse. Cette ressource a permis d'identifier les changements possibles dans l'utilisation des terres intervenus pendant une période donnée. Le NDVI est basé sur des images (Landsat, Modis et Sentinel 2) prises à différents moments (figure 9).



Figure 9: Exemple de courbes NDVI



Les valeurs élevées signifient une activité chlorophyllienne élevée d'où une présence probable de la végétation (orange sur l'image de fausses couleurs). Les valeurs faibles représentent celles des périodes sèches ou des zones sans végétation (vert pâle sur l'image de fausses couleurs).

### 3.1.4. Estimation des changements d'occupation des terres

L'estimation des superficies correspondant aux catégories d'affectation des terres et des changements d'affectation des terres est basée sur des évaluations des proportions de superficie comme le recommande les lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, dans son Volume 4, Chapitre 3, Section 3.33. En effet, la proportion ( $p_i$ ) de chaque catégorie d'affectation des terres ou des changements d'affectation des terres ( $n_i$ ) est calculée en divisant le nombre de points situés dans la catégorie spécifique par le nombre total de points. Les estimations de superficie pour chaque catégorie d'affectation des terres ou de changement d'affectation des terres sont obtenues en multipliant la proportion de chaque catégorie par la superficie totale.

$$S_i = S \sqrt{(p_i \cdot (1 - p_i)) / (n - 1)}$$

$p_i = n_i/n$  est la proportion de points dans la catégorie d'utilisation des terres particulière ;  
 $n_i$  = nombre de placettes situées dans une affectation des terres  $i$  ;  
 $n$  = nombre total de placettes échantillonnées ;  
 $S$  = superficie totale connue

$$\text{Facteur d'expansion} = \frac{\text{superficie totale}}{\text{nombre de placettes}}$$

$$\text{Facteur d'expansion} = 273\,410,11 \text{ km}^2 / 17\,580 = 15,55 \text{ km}^2$$

Chaque placette représente une superficie équivalente de 15,55 km<sup>2</sup>.

Pour rester en cohérence avec la période de référence de ce NRF, les résultats sur les données d'activités ont été générés sur la période de 2000 à 2013. La matrice de transition des changements d'utilisation des terres entre 2000 à 2013 obtenue est présentée dans le tableau 6.

Tableau 6: Matrice de transition entre 2000-2013

CATEGORIES	Terres forestières	Terres cultivées	Prairies	Autres terres	Terres humides	Etablissements	Total 2000
Terres forestières	8 110 046,58	1 515 375,03	20 188,35	1 571,38	1 544,52	4 653,93	9 653 379,79
Terres cultivées	84 218,75	14 101 427,32	10 844,93	1 547,83	6 197,63	43 497,43	14 247 733,89
Prairies	12 392,23	182 726,63	2 632 030,10	1 544,52	0,00	7 738,82	2 836 432,31
Autres terres	0,00	0,00	1 544,52	200 947,20	0,00	0,00	202 491,72
Terres humides	0,00	1 560,26	0,00	0,00	187 952,15	0,00	189 512,41
Etablissements	0,00	3 122,83	0,00	0,00	0,00	208 337,68	211 460,51
Total 2013	8 206 657,56	15 804 212,07	2 664 607,90	205 610,93	195 694,29	264 227,87	27 341 010,63

 : Gain       : Perte       : Stable

L'analyse de l'occupation des terres entre 2000 et 2013 montre une perte moyenne annuelle de 111 286,33 ha de superficies forestières. Cette perte a entraîné une baisse de 14,99 % des superficies forestières par rapport à la superficie initiale en 2000. Les terres cultivées quant à elles connaissent une augmentation annuelle nette de 119 729,09 ha. Sur la période d'analyse, la superficie des terres cultivées a connu une hausse de 10,92% par rapport à la superficie initiale. Les superficies des prairies ont par contre diminué dans cet intervalle de temps. En effet, on note une régression annuelle nette de 13 217,26 ha entraînant ainsi une baisse de la superficie des prairies de 6,06 % par rapport à sa superficie de 2000. Le tableau 7 donne les détails sur l'évolution des superficies de l'occupation des terres entre 2000 et 2013.

Tableau 7 : Evolution des superficies de l'utilisation des terres

Unités	Sup (ha) 2000	Sup (ha) 2013	Variation annuelle 2000-2013
<b>Terres forestières</b>	<b>9 653 379,79</b>	<b>8 206 657,56</b>	<b>-111 286,33</b>
Forêt galerie	157 387,98	138 612,98	-1 444,23
Plantation forestière	6 226,82	6 226,82	0,00
Forêt claire	135 944,32	123 455,74	-960,66
Steppe arborée	1 040 077,73	970 383,49	-5 361,10
Savane arborée	5 616 994,61	4 599 855,30	-78 241,49
Savane arbustive	2 696 748,32	2 368 123,24	-25 278,85
<b>Terres cultivées</b>	<b>14 247 733,89</b>	<b>15 804 212,07</b>	<b>119 729,09</b>
Culture annuelle	10 516 983,18	11 591 239,06	82 635,07
Culture permanente	4 699,94	4 699,94	0,00
Rizière	12 490,35	17 171,97	360,12
Parc agroforestier	3 546 034,68	3 970 312,03	32 636,72

Verger	167 525,73	220 789,06	4 097,18
<b>Prairies</b>	<b>2 836 432,31</b>	<b>2 664 607,90</b>	<b>-13 217,26</b>
Steppe arbustive	952 708,07	861 409,97	-7 022,93
Steppe herbeuse	1 315 287,83	1 253 440,80	-4 757,46
Savane herbeuse	568 436,41	549 757,12	-1 436,87
<b>Etablissement</b>	<b>211 460,51</b>	<b>264 227,87</b>	<b>4 059,03</b>
Habitat	211 460,51	264 227,87	4 059,03
<b>Terres humides</b>	<b>189 512,41</b>	<b>195 694,29</b>	<b>475,53</b>
Surface en eau	68 404,64	77 700,80	715,09
Zone humide	121 107,76	117 993,50	-239,56
<b>Autres terres</b>	<b>202 491,72</b>	<b>205 610,93</b>	<b>239,94</b>
Sol nu	162 275,04	166 938,77	358,75
Cuirasse	4 649,44	4 649,44	0,00
Roche nue	7 765,91	7 765,91	0,00
Dune de sable	27 801,32	26 256,81	-118,81

Parmi les différentes catégories d'occupation des terres, celles qui présentent un intérêt particulier pour le NRF sont les terres forestières. Celles-ci sont soumises à des changements dynamiques, qui peuvent être dus à des facteurs naturels ou anthropiques. Le tableau 8 fait l'état des principaux changements intervenus entre 2000 et 2013 en termes de superficie.

Tableau 8 : Changements intervenus dans les terres forestières

	Changement	Superficie (ha)
<b>Afforestation</b>	TnF>TF	96 610,98
<b>Terres forestières stables</b>	TF >TF	8 110 046,58
<b>Perte forestière brute</b>	TF > TnF	1 543 333,21
<b>Perte forestière nette</b>	(TF > TnF) -(TnF>TF)	1 446 722,23
<b>Terres non forestières stables</b>	TnF > TnF	17 330 694,46

Selon les données analysées, la dégradation des forêts a affecté 45 316,53 ha entre 2000 et 2013. Cette dégradation est observée principalement dans les forêts galeries (1 571,38 ha) et les forêts claires (4 674,52 ha) qui sont devenues des savanes arborées. Également, des savanes arborées (39 070,62 ha) ont été dégradées en savanes arbustives. Cette dégradation induit une réduction de la densité et de la diversité des arbres ainsi qu'une modification du microclimat et du cycle hydrologique. La dégradation des forêts entraîne des conséquences négatives sur le fonctionnement des écosystèmes et sur les services qu'ils rendent aux populations locales.

En ce qui concerne le renforcement des stocks de carbone, les données montrent deux situations distinctes :

- 🌳 l'accroissement de stock de carbone dans les terres forestières restant terres forestières, qui occupent une superficie de 24 898,54 ha. Ce gain est dû à la conversion des savanes arborées en forêts galeries et des savanes arbustives en savanes arborées.



Ces conversions traduisent une amélioration de la qualité des terres forestières, qui deviennent plus denses et plus diversifiées, et donc plus aptes à stocker du carbone et à abriter la biodiversité ;

- l'accroissement de stock de carbone résultant de la conversion de terres non forestières en terres forestières dont la superficie s'élève à 96 610,98 ha. Les unités d'occupation des terres qui se sont transformées en terres forestières sont les cultures annuelles, les parcs agroforestiers, les vergers, les steppes arbustives et les savanes herbeuses. Ces conversions témoignent d'une expansion du couvert forestier aux dépens des terres agricoles ou pastorales, qui sont généralement moins efficaces pour séquestrer le carbone et préserver la biodiversité.

Le tableau 9 synthétise les transitions observées entre les différentes classes d'occupation du sol entre 2000 et 2013, en mettant l'accent sur la dégradation et le renforcement des stocks de carbone dans les terres forestières.

Tableau 9 : Dégradation des forêts et renforcement de stock de carbone

Utilisation / Occupation des terres	Terres forestières					
	Forêt galerie	Plantation forestière	Forêt claire	Steppe arborée	Savane arborée	Savane arbustive
Forêt galerie	133 972,40	,00	,00	,00	1 571,38	,00
Plantation forestière	,00	6 226,82	,00	,00	,00	,00
Forêt claire	,00	,00	123 455,74	,00	4 674,52	,00
Steppe arborée	,00	,00	,00	950 246,52	,00	,00
Savane arborée	1544,665 71	,00	,00	,00	4 524 924,15	39 070,62
Savane arbustive	,00	,00	,00	,00	23353,871 92	2 301 005,88
Culture annuelle	,00	,00	,00	6 213,17	31 232,68	23 363,90
Parc agroforestier	3 095,92	,00	,00	4 656,10	12 545,54	1 554,01
Verger	,00	,00	,00	,00	,00	1 557,44
Steppe arbustive	,00	,00	,00	9 267,70	,00	,00
Savane herbeuse	,00	,00	,00	,00	1 553,15	1 571,38

	Dégradation dans les terres forestières
	Renforcement de stock dans les terres forestières
	Conversion des terres non forestières en terres forestières

### 3.1.5. Calcul des incertitudes

A l'issue de la collecte des données, les incertitudes associées aux superficies des catégories d'affectation des terres et aux conversions des superficies ont été calculées conformément à la méthode du GIEC par strate sur la base de l'erreur type (1,96) et l'intervalle de confiance à 95% de précision. L'incertitude globale annuelle est obtenue à partir du quotient de la somme des intervalles de confiance par strate  $A_i$  sur la superficie totale des strates. L'intervalle de confiance étant de 95% de précision pour  $S_i$ , l'estimation de la superficie de la catégorie d'utilisation des terres  $i$ , sera approximativement  $\pm 2$  fois l'erreur type (1,96).

Les incertitudes ont été estimées pour les années 2000 et 2013 (figure 10). Elles sont de l'ordre de 2,28% pour l'année 2000 et 2,24% pour l'année 2013. La moyenne des incertitudes associée aux données d'activités est donc de 2,26%.

Utilisation des terres initiale (2000)										Incertitude globale
IPCC Land Use Category	Nombre de placettes	Area (ha)	pi	Area [AI] (h)	Erreur type (proportion)	Erreur type (ha)	Confidence Intervals (ha)	Incertitude %		
Terres forestières	6 196	9653379,791	0,35	9636228,8	0,00360	98515	+193 089,13	+2,00%	2,28%	
Terres cultivées	9 163	14247733,89	0,52	14250608	0,00377	103014	+201 907,38	+1,42%		
Prairies	1 832	2836432,308	0,10	2849188,4	0,00230	63005	+123 489,52	+4,35%		
Autres terres	131	202491,7192	0,01	203735,63	0,00065	17735	+34 759,67	+17,17%		
Terres humides	122	189512,4065	0,01	189738,53	0,00063	17119	+33 553,04	+17,70%		
Etablissements	136	211460,5129	0,01	211511,8	0,00066	18067	+35 411,73	+16,75%		
<b>Total</b>		<b>17 580</b>		<b>27 341 011</b>						

Utilisation des terres actuelle (2013)										Incertitude globale
IPCC Land Use Category	Nombre de placettes	Area (ha)	pi	Area [AI] (h)	Erreur type (proportion)	Erreur type (ha)	Confidence Intervals (ha)	Incertitude %		
Terres forestières	5 268	8 206 657,56	0,30	8192971,8	0,00346	94468	+185 157,74	+2,26%	2,24%	
Terres cultivées	10 161	15 802 651,81	0,58	15802731	0,00372	101845	+199 616,11	+1,26%		
Prairies	1 721	2 664 607,90	0,10	2676557,4	0,00224	61281	+120 111,06	+4,51%		
Autres terres	133	205 610,93	0,01	206846,1	0,00065	17868	+35 022,00	+17,03%		
Terres humides	126	195 694,29	0,01	195959,46	0,00064	17395	+34 094,74	+17,42%		
Etablissements	171	265 788,12	0,01	265944,98	0,00074	20239	+39 667,94	+14,92%		
<b>Total</b>		<b>17 580</b>		<b>27 341 011</b>						

Figure 10: Incertitude liée aux données d'activités

### 3.1.6. Procédure d'AQ/CQ des données d'activités

L'AQ/CQ a été réalisée à deux niveaux (rapport de collecte des données):

- pendant la production, les parcelles à confusion sont identifiées et des échanges sont menés en plénière entre les opérateurs de collecte pour déterminer l'occupation de la parcelle. Si le consensus n'est pas trouvé, les opérateurs font appel aux superviseurs qui en décident tout en s'appuyant sur des exemples plus clairs.
- à l'issue de la collecte, une expertise internationale a été mobilisée pour assurer la vérification de la conformité et de la cohérence des données collectées. Dans la pratique, il s'est agi de constituer une base unique à partir du format XML des bases de données individuelles des opérateurs de collecte et de procéder à des analyses sur l'application Saiku pour déceler les inconsistances et isoler les placettes à évaluer ou à réévaluer.

Un exemple de contrôle qualité à partir de l'outil SAIKU est présenté dans le tableau suivant :

VARIABLE	CONDITION ERRONEE	MISE A JOUR PROPOSEE
Terres forestières	Taux de couverture arborée < 10%	Filtrer et vérifier exactitude
Autres terres	Taux de couverture arborée ou arbustive > = 4%	Filtrer et vérifier exactitude
Terres cultivées / Vergers	Taux de couverture arborée=na ou Taux de couverture arborée <10%	Filtrer et vérifier exactitude
Terres cultivées / Parc agroforestier	Taux de couverture arborée =na ou Taux de couverture arborée <10%	Filtrer et vérifier exactitude
Terres cultivées /Cultures annuelle	Arbres en forêts ou prairie != 0%	Filtrer et vérifier exactitude
Terres cultivées /Cultures annuelle	Taux de couverture des cultures < 10%	Filtrer et vérifier exactitude
Terres humide	Taux de couverture des surfaces en eau <20%	Filtrer et vérifier exactitude

Cette analyse a permis d'examiner le nombre de placettes collectées conformément au plan d'échantillonnage pour s'assurer de l'exhaustivité de la collecte. A la fin du contrôle, 370 placettes non renseignées ont été identifiées, isolées et corrigées. Aussi, 609 placettes portant la mention « non confiant » c'est – à – dire des placettes pour lesquelles l'opérateur n'était pas sûr de sa classification ont été identifiées et réévaluées en équipe.

### **Moyens humains**

La réalisation de cette activité a mobilisé une équipe de coordination, une équipe de collecte, une équipe de superviseurs et un comité technique de suivi. L'activité a bénéficié aussi d'une assistance technique internationale qui a accompagné l'équipe de production dans la conception du protocole de collecte, l'élaboration du formulaire, le traitement et l'analyse des données ainsi que dans le processus du contrôle et de l'assurance de la qualité des données.

### **Coordination de l'activité**

Le Secrétariat Permanent pour la REDD+ (SP/REDD+) a assuré la coordination technique et opérationnelle de l'activité. A cet effet, il a conduit la planification et la mise en œuvre de l'activité en collaboration avec les structures impliquées dans le dispositif MNV/REDD+.

### **Equipe de collecte**

La collecte proprement dite des données a été assurée par huit (08) opérateurs, tous du ministère en charge de l'environnement. Ce sont des cadres forestiers disposant d'une bonne expérience en système d'information géographique et en interprétation des images satellitaires. Aussi, ont-ils été formés en conception de formulaire de collecte, en collecte et en analyse des données d'activités à l'aide des outils Collect-Earth et de SAIKU.

### **Equipe de supervision**








Elle a été chargée de s'assurer du bon déroulement de la collecte des données. Cette équipe était composée de trois (03) spécialistes et thématiciens très expérimentés en système d'information géographique, en télédétection, en foresterie et en détermination des types d'occupation des terres. Ils ont assuré le contrôle-qualité interne des données.

### **Assistance technique internationale**

Deux experts internationaux ont été recrutés pour accompagner le Burkina Faso dans la mise en œuvre de cette activité. Ils ont coordonné la conception du formulaire de collecte, l'assurance de la qualité (AQ) des données et le renforcement des capacités des acteurs nationaux.

### **Comité technique de suivi**

Afin d'assurer la bonne exécution de l'activité, un comité technique de suivi (CTS) a été mis en place par note *n°22-178 MEEEA/SG portant création, attribution, composition, organisation et fonctionnement d'un comité technique de suivi de la production des données d'activités avec COLLECT EARTH du 16 mai 2022*. Il avait pour rôle de :

-  examiner et approuver le protocole et la méthodologie de collecte des données ;
-  suivre la collecte et la production des données d'activités ;
-  orienter de manière continue l'équipe de production vers l'atteinte des résultats attendus ;
-  contrôler la qualité des données d'activités produites ;
-  examiner et valider les rapports d'étapes produits ;
-  valider la base de données d'activités provisoire ;
-  exécuter toutes autres activités entrant dans le cadre de l'accompagnement de la production des données avec l'outil Collect Earth et la révision du niveau de référence des forêts.

## **3.2. Estimation des superficies brûlées**

Les superficies affectées par les feux de brousse ont été produites par l'Observatoire National du Développement Durable (ONDD) à partir de la station MESA.

Il s'agit d'une série historique de 2000 à 2013 et concerne la catégorie des terres forestières ("forêts restant forêts" et "terres non forestières transformées en forêts").

### 3.2.1. Etapes de cartographie des feux

La cartographie des feux de la période historique 2000 à 2013 a consisté à :

- 🌍 acquérir des images satellitaires MODIS à partir de la station MESA de l'ONDD ;
- 🌍 traiter les images acquises. Le traitement a consisté à réaliser des opérations méthodiques avec un logiciel SIG en vue d'obtenir les résultats escomptés. Il s'est agi notamment :
  - ✓ assemblage des couches suivant les types de feux avec la fonction « Union » ;
  - ✓ assemblage des communes suivant les zones phytogéographiques
  - ✓ découpage des couches assemblées selon des limites des zones phytogéographiques à travers la fonction « Clip » ;
  - ✓ intersection des couches suivant « feux précoces » et « feux tardifs » avec les couches des communes suivant les zones phytogéographiques ;
  - ✓ calculs statistiques dans les tables attributaires avec la fonction « Sumrize ».
- 🌍 l'issue du traitement, d'effectuer des opérations sur le tableur Excel afin d'estimer les superficies brûlées.

### 3.2.2. Estimation des superficies brûlées cartographiées

Le tableau 10 présente les superficies brûlées de la catégorie des terres forestières ("forêts restant forêts" et "terres non forestières transformées en forêts").

*Tableau 10 : Superficies brûlées dans les terres forestières restant terres forestières et dans les terres non forestières converties en terres forestières*

Superficies totales			
Année	TF >TF	TnF >TF	Total (ha)
2001	1 975 662	25 429	2 001 091
2002	2 492 460	35 242	2 527 702
2003	2 245 624	34 898	2 280 522
2004	2 317 694	37 973	2 355 667
2005	2 560 995	45 941	2 606 936
2006	2 001 110	38 790	2 039 900
2007	1 705 319	38 696	1 744 015
2008	2 146 672	45 329	2 192 001
2009	1 959 109	46 992	2 006 101
2010	2 079 387	53 130	2 132 517
2011	2 043 486	56 172	2 099 658
2012	1 475 765	43 778	1 519 543
2013	1 686 424	52 711	1 739 135

Source : ONDD, 2024

La procédure d'AQ/CQ des données d'activités liées aux feux de brousse n'a pas été développée dans la présente version du NRF. Des échanges sont en cours avec la structure productrices de ces données et elle sera prise en compte dans la version future.

### 3.3. Estimation des facteurs d'émissions

#### 3.3.1. Données du second inventaire forestier national

En ce qui concerne le deuxième pilier du NRF, notamment les facteurs d'émissions, les résultats du second inventaire forestier national (l'IFN 2) ont été utilisés.

La méthodologie et les résultats sont présentés de façon exhaustive dans le rapport final de l'IFN 2 (*MEEVCC, 2020*). Pour les besoins de calcul des facteurs d'émissions, une synthèse de la méthodologie et des résultats a été faite.

Le nombre initial de placettes a été fixé en tenant compte du niveau de précision souhaitée sur la valeur moyenne estimée de la surface terrière à l'hectare et du coefficient de variation (CV) déterminés à partir des données du pré-inventaire. L'erreur d'échantillonnage maximum à ne pas dépasser sur le volume moyen de bois à l'hectare à l'échelle nationale a été fixée a priori à 5 %. Le coefficient de variation étant connu, le nombre de placettes (n) à inventorier a été déterminé en appliquant la formule statistique correspondante :

$$n = t^2 \frac{CV\% ^2}{E\% ^2}$$

où :

n = nombre de placettes (n) à inventorier ;

t = Student Fisher ;

CV% = coefficient de variation ;

E % = erreur d'échantillonnage maximum.

Il faudrait donc inventorier 2 053 placettes pour atteindre des niveaux de précision de 5 % sur les valeurs moyennes du volume de bois sur pied, toutes catégories de pieds confondues, à l'échelle nationale. Toutefois, les erreurs d'échantillonnage sur les paramètres dendrométriques devant être calculées pour les différentes classes d'utilisation des produits issus des espèces ligneuses et compte tenu du fait que les résultats seront présentés à d'autres niveaux de planification (régional, provincial et communal), il a été décidé de rehausser de manière significative le nombre d'échantillons. 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 2014.

La taille de la maille a été fixée à 3 km x 3 km. Une population de 30 061 points a été générée. Les points correspondants aux centres des placettes ont été tirés de manière aléatoire simple par secteur phytogéographique (stratification a priori) parmi la population totale de points générés.

En fonction de leur nature, les unités d'échantillonnage implantées sont réparties en placettes temporaires et en placettes permanentes.

**Placettes permanentes** : Ces unités d'échantillonnage feront l'objet de suivi biennal par le Service Forestier en vue de renseigner un certain nombre d'indicateurs clés de l'état des ressources forestières au niveau national. Une partie des placettes permanentes (20 %) a été implantée dans des espaces forestiers d'intérêt majeur. Il s'agit des aires classées de l'Etat (forêts classées, parcs nationaux, réserves partielles et totales de faune), des forêts aménagées (y compris les espaces pastoraux), des zones abritant des dispositifs de recherche forestière mis en place par différentes structures partenaires.

**Placettes temporaires** : Ces unités d'échantillonnage circulaires de 25 m de rayon, sont destinées à la collecte des données sur le peuplement principal (strate ligneuse supérieure). Dans la perspective d'intégrer certaines placettes temporaires dans le dispositif de suivi permanent des ressources forestières mis en place et de reconduire le même plan de sondage lors du prochain inventaire forestier national, des piquets métalliques ont été également enfouis au centre de la presque totalité des placettes temporaires.

La collecte des données sur le peuplement principal a pris en compte les pieds de diamètre supérieur ou égal à 5 cm ( $d_{1,30\text{ m}} \geq 5\text{ cm}$ ). Ce diamètre minimum tient compte de la variable explicative des équations allométriques utilisées pour le calcul des volumes de bois sur pied.

L'IFN 2 a collecté aussi des données sur la biomasse herbacée à l'intérieur des sous – placettes de 1 m<sup>2</sup> implantées au niveau des placettes permanentes à l'aide de cadres métalliques confectionnés à cet effet. La biomasse récoltée dans chaque carré de rendement a été mise en 4 tas distincts : les graminées, les cyperaceae, les légumineuses et les autres espèces. La masse de chaque tas a été relevée à l'aide d'un 18 peson électronique. La majeure partie de la biomasse herbacée récoltée était à l'état sec au moment de la collecte des données. L'IFN 2 a produit aussi des estimations du bois mort sur pied et de la biomasse des feuilles.

Le plan d'échantillonnage mis en place pour la collecte de données est présenté à la figure 11.

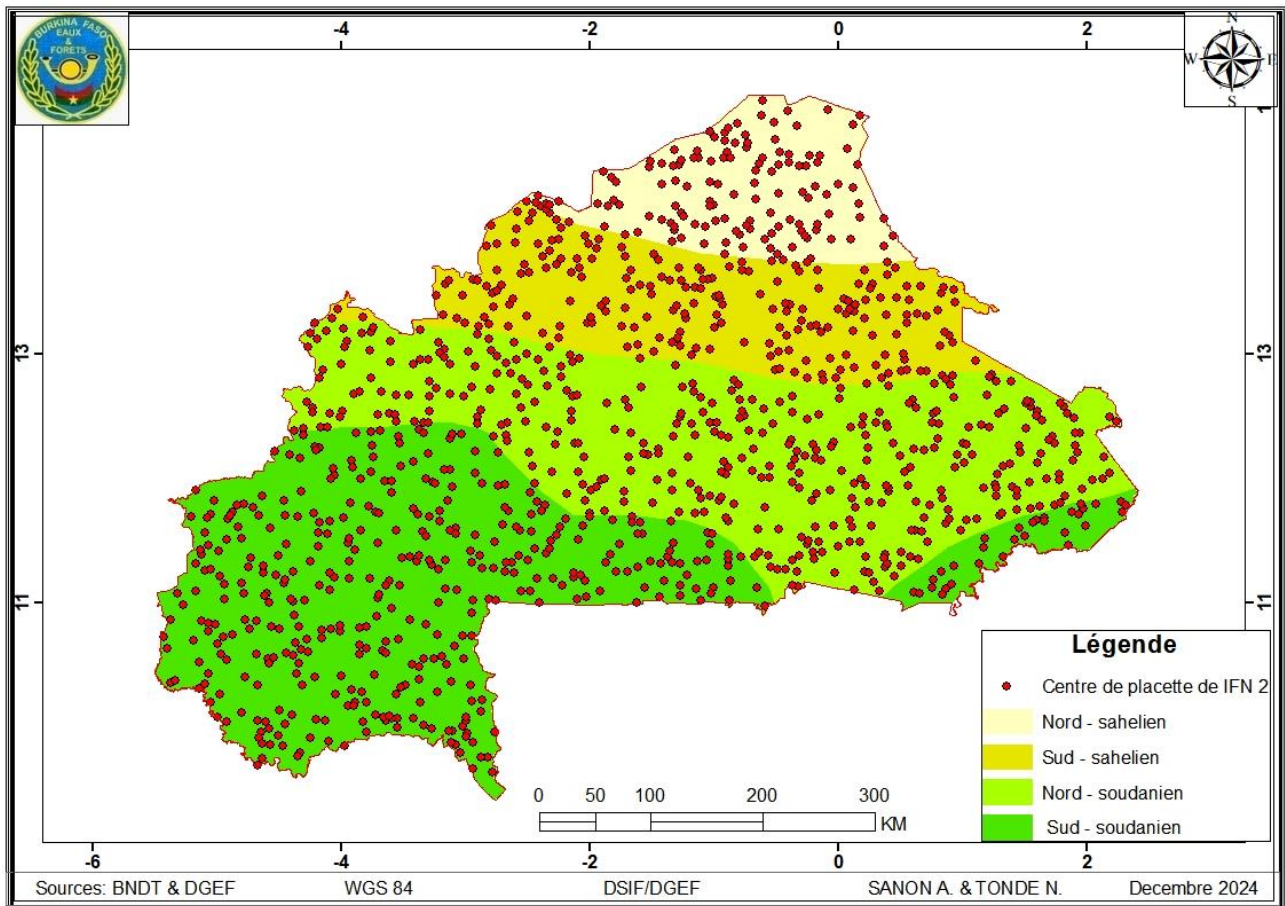


Figure 11: Géolocalisation des placettes de l'IFN 2

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

- (i) l'état sanitaire des populations des 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.

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

Le volume total sur pied a été estimé à travers les équations allométriques développées dans le cadre du *Projet BKF/015 « Second Inventaire Forestier National » (IFN 2)*.

Dans le cadre de l'élaboration du NRF, les équations allométriques pour le bois-énergie (découpage minimum de 2 cm) et celles pour l'estimation de la biomasse foliaire sont les plus appropriées. L'échantillon utilisé a été important, car il a porté sur 4 800 arbres, ce qui a permis de développer des équations allométriques individuelles et multi-espèces pour les 4 secteurs phytogéographiques.



Les résultats de l'étude révèlent une densité moyenne à l'hectare au niveau national à 110,19 pieds vivants et à 3,02 sujets morts. La surface terrière moyenne à l'hectare est de 2,47 m<sup>2</sup>. Le volume moyen de bois sur pied à l'hectare est évalué à 17,62 m<sup>3</sup> dont 17,29 m<sup>3</sup> de bois vert et 0,33 m<sup>3</sup> de bois mort.

Le volume total de bois sur pied au niveau national pour le diamètre de pré-comptage fixé à 5 cm ( $d_{1,30\text{ m}} \geq 5\text{ cm}$ ), est estimé à 470,9 millions de m<sup>3</sup> (valeur arrondie).

Concernant le niveau de précision sur les valeurs moyennes à l'hectare des différents paramètres dendrométriques estimés, il est satisfaisant. Pour les volumes moyens de bois à l'hectare, le paramètre le plus couramment utilisé dans le cadre de la gestion forestière, l'écart type relative commise (valeur arrondie) sur les résultats au niveau national est de 5 % au seuil de probabilité  $p = 0,05$ .

Ce potentiel est réparti ainsi qu'il suit :

- 208,7 millions de m<sup>3</sup> de bois de feu potentiel ;
- 213,2 millions de m<sup>3</sup> de bois des espèces pourvoyeuses des principaux PFNL ;
- 3,4 millions de m<sup>3</sup> de bois de service et de bois d'œuvre potentiel (bois d'œuvre d'avenir) ;
- 1,9 millions de m<sup>3</sup> de bois d'œuvre exploitable ;
- 4,8 millions de m<sup>3</sup> de bois des fruitiers domestiques ;
- 38,9 millions de m<sup>3</sup> de bois des « autres espèces » constituées des espèces totémiques et de celles dont le pouvoir calorifique du bois est très faible.

L'évaluation de la tendance évolutive du potentiel ligneux entre 1980 (IFN1) et 2014 (IFN2) donne une régression du volume total de bois sur pieds de 7,742 millions de m<sup>3</sup> l'an. Soit un taux moyen de diminution du volume total de bois de 1,1% l'an.

### **3.3.2. Estimation de la biomasse ligneuse aérienne**

La conversion des volumes de bois sur pied en biomasse obtenue lors de l'IFN 2 a utilisé la relation suivante :  $M = V \times \rho$  ; où M représente la biomasse sèche en kg, V le volume en m<sup>3</sup> et  $\rho$  la densité ou masse volumique en kg/m<sup>3</sup>.

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'ayant pas été rapportées dans les résultats de l'IFN 2, la littérature a été l'alternative pour les données de densité.

Pour avoir une estimation moyenne du facteur densité des bois, il a été considéré les 10 espèces ligneuses d'importance majeure selon les IVI calculés dans le cadre de l'IFN 2. Les valeurs de densité ont été pondérées en fonction des volumes totaux par espèce calculés dans le cadre de l'IFN 2. Les résultats sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11: Densité moyenne des 10 espèces plus importantes

Espèces	Masse volumique en kg/m <sup>3</sup>	Volume total en m <sup>3</sup>	Masse en Kg
<i>Vitellaria paradoxa</i>	950	114 257 967	108 545 068 650
<i>Combretum nigricans</i>	870	10 655 380	9 270 180 600
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	980	28 019 155	27 458 771 900
<i>Detarium microcarpum</i>	770	6 502 493	5 006 919 610
<i>Combretum glutinosum</i>	900	5 570 508	5 013 457 200
<i>Balanites aegyptiaca</i>	780	9 666 303	7 539 716 340
<i>Lannea microcarpa</i>	540	19 301 639	10 422 885 060
<i>Lannea acida</i>	540	7 985 522	4 312 181 880
<i>Piliostigma thonningii</i>	700	3 468 445	2 427 911 500
<i>Terminalia avicennioides</i>	800	6 020 433	4 816 346 400
<i>Combretum micranthum</i>	870	2 572 780	2 238 318 600
<i>Parkia biglobosa</i>	610	22 718 307	13 858 167 270
<i>Acacia dudgeonii</i>	770	2 920 243	2 248 587 110
<i>Terminalia laxiflora</i>	650	5 285 159	3 435 353 350
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	700	3 955 502	2 768 851 400
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	800	11 029 776	8 823 820 800
<i>Burkea africana</i>	940	6 402 915	6 018 740 100
<b>Sommes</b>		<b>266 332 527 (1)</b>	<b>224 205 277 770 (2)</b>

La moyenne pondérée de la masse volumique = (2) / (1) = 841 kg/m<sup>3</sup>

Les estimations de la masse volumique moyenne sont confirmées par les mensurations directes faites par l'étude de la biomasse racinaire où la moyenne pondérée de la masse volumique de la biomasse ligneuse aérienne sèche, jusqu'à la découpe de diamètre de 2 cm, toutes espèces étudiées, est de 843 kg/m<sup>3</sup>. De plus, la biomasse ligneuse devant s'exprimer en poids de matière sèche après étuvage, les facteurs de conversion exprimés par Reyes, 1992 ont été utilisés.

$$Y = 0,0134 + 0,800X (r^2 = 0,988)$$

Y=densité du bois sec après étuvage/volume du bois vert ; g/cm<sup>3</sup>

X=densité du bois sec à l'air libre/volume à 12% d'humidité ; g/cm<sup>3</sup>

L'application de cette équation à la densité moyenne pondérée donne un poids sec moyen après étuvage de 0,689873.

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. Procédure d'AQ/CQ des données de l'IFN 2

La méthodologie de l'IFN 2 a bénéficié du visa statistique de l'INSD sous le numéro AP2012001CNSCS4. Par ailleurs, un comité technique et scientifique de suivi a été mis en place pour assurer le contrôle qualité des données. Aussi, une assistance technique nationale et internationale a été mobilisée pour appuyer le processus de production des données.

### 3.3.4. Estimation de la biomasse ligneuse racinaire

Une étude sur la mesure du carbone de la biomasse racinaire des ligneux au Burkina Faso a été conduite en 2020 par la Direction Générale des Eaux et Forêts (DGEF) à travers la Division du Système d'Information Forestier (DSIF). La collecte des données a porté sur 146 sujets (tableau 12). Les sujets ont été prélevés dans les parcs agro forestiers (40,8 %) et au niveau de 5 types d'occupation des terres : savane arborée (29,9 %), savane arbustive (26,5 %), steppe arborée (1,4 %), savane boisée (0,7 %) et forêt galerie (0,7 %). L'échantillon d'arbres étudié est composé de 18 espèces dont les principales sont (tableau 14) : *A. leiocarpus*, *D. microcarpum*, *V. paradoxa* et *Combretum sp.* ; elles représentent 89 % des sujets sondés. Les autres espèces couvertes par l'étude sont : *A. dudgeonii*, *B. aegyptiaca*, *D. mespiliformis*, *L. acida*, *L. microcarpa*, *P. biglobosa*, *P. thonningii*, *S. birrea*, *T. indica* et *T. laxiflora*.

Tableau 12 : Répartition des sujets étudiés par classe de diamètre, par espèce et groupes d'espèces

Espèces	Nombre de sujets par classe de diamètre (cm)							Total
	[5 – 10 [	[10 – 15 [	[15 – 20 [	[20 – 25 [	[25 – 30 [	[30 – 35 [	≥35	
<i>A. leiocarpus</i>	3	5	4	3	4	3	2	24
<i>Combretum sp.</i>	4	3	4	3	3	0	0	17
<i>D. microcarpum</i>	5	4	5	2	4	6	2	28
<i>V. paradoxa</i>	4	6	4	13	6	16	12	61
Autres espèces	1	0	2	2	3	6	2	16
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>146</b>

L'échantillon d'arbres a couvert, à des degrés variables, les différents secteurs phytogéographiques et régions administratives du pays dans lesquelles la collecte des données a pu être réalisée (figure 13). Les régions des Cascades, de la Boucle du Mouhoun, des Hauts-Bassins, du Centre-Ouest et du Sud-Ouest disposent du plus grand nombre d'arbres échantillonnés. Ces régions renferment plus de ressources forestières et par conséquent ont un fort potentiel de séquestration du carbone (MEEVCC, 2020).

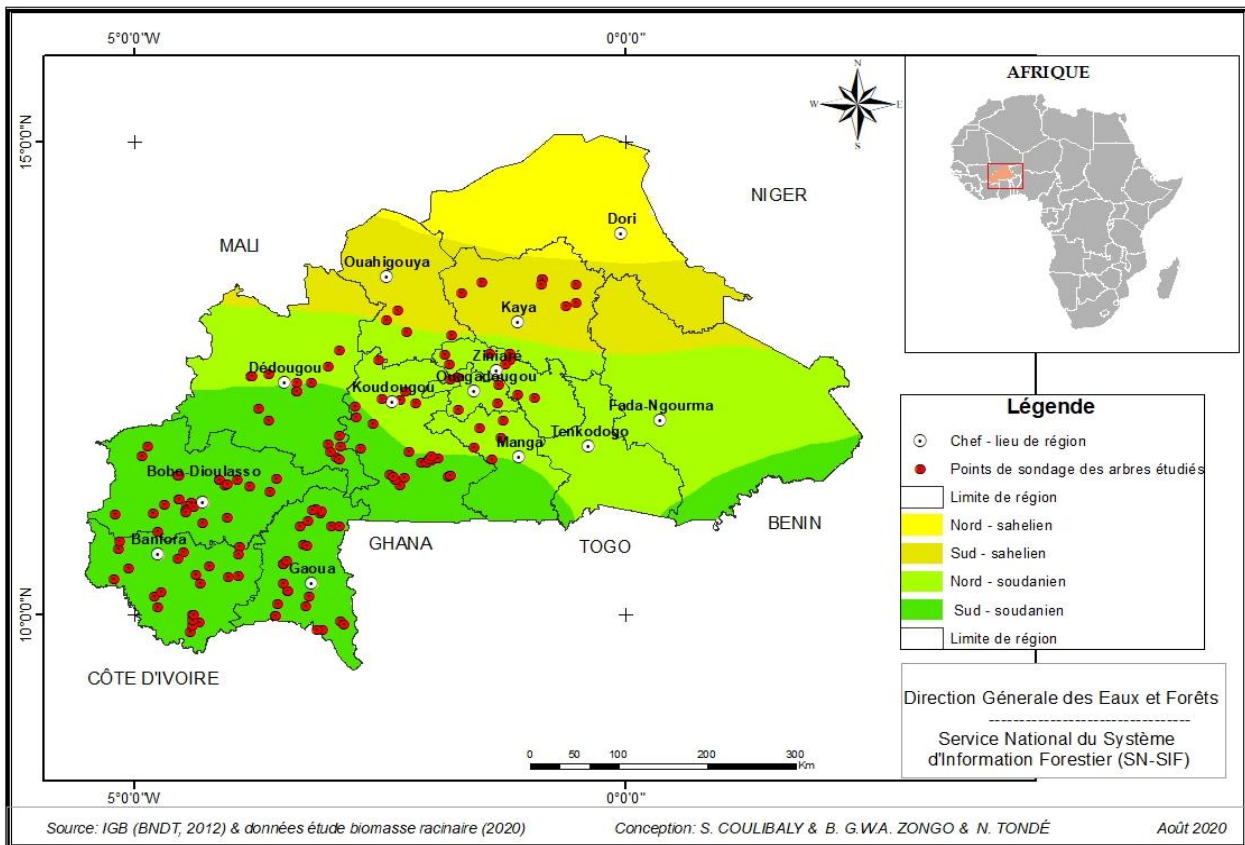


Figure 12: Carte de répartition des points de localisation des sites des arbres échantillonnés

Les résultats obtenus portent sur les équations allométriques d'estimation de la biomasse racinaire et du contenu en carbone de la biomasse racinaire.

### **Equations allométriques d'estimation de la biomasse racinaire**

Le tableau 13 présente les équations allométriques élaborées.

Tableau 13 : Equations allométriques de prédiction de la biomasse racinaire retenues

Espèces et groupes d'espèces	Equations allométriques	RSE	R <sup>2</sup> ajusté	p-value (niveau de significativité)				
				Constante	a	b	c	d
<i>V. paradoxa</i>	Biomasse = expo(0,2077865 × d <sub>1,30 m</sub> - 0,0017290 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> )	0.776	0.97		***	*		
<i>A. leiocarpus</i>	Biomasse = expo(0,965654 + 0,247700 × d <sub>1,30 m</sub> - 0,002858 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> + 1,274 × Htot - 0,1013 × d <sub>1,30 m</sub> × Htot + 0,002084 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> × Htot)	0.599	0.84	**	**	*	**	*
<i>D. microcarpum</i>	Biomasse = expo(0,16014 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> )	69.4	0.74		***			
<i>Combretum sp.</i>	Biomasse = expo(0,295285 × d <sub>1,30 m</sub> - 0,006387 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> )	0.8653	0.91		***	*		
Autres espèces étudiées	Biomasse = expo(0,2419598 × d <sub>1,30 m</sub> - 0,0032483 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> )	0.7742	0.96		***	***		
Toutes espèces étudiées	Biomasse = expo(0,2321626 × d <sub>1,30 m</sub> - 0,0026099 × d <sub>1,30 m</sub> <sup>2</sup> )	0.7863	0.96		***	***		

Significativité codes : 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Biomasse (kg)

d<sub>1,30 m</sub> = diamètre à 1,30 m au - dessus du sol (cm) ou DHP

Htot = Hauteur totale (m)

### **Ratio biomasse souterraine / biomasse aérienne ligneuse**

Le ratio biomasse souterraine / biomasse aérienne ligneuse est élevé pour *A. leiocarpus* avec une moyenne de 0,559 et moins élevé pour *D. microcarpum* qui présente une valeur de 0,290 (tableau 14).

Tableau 14 : Ratio biomasse racinaire (BR) sur biomasse aérienne (BA) ligneuse

Valeur de la découpe de la biomasse ligneuse aérienne	<i>A. leiocarpus</i>	<i>Combretum sp.</i>	<i>D. microcarpum</i>	<i>V. paradoxa</i>	Autres espèces	Moyenne globale pondérée
2 cm	0,250	0,374	0,509	0,333	0,320	0,357
0,5 cm	0,290	0,395	0,559	0,375	0,344	0,393

La variabilité constatée au niveau des ratios dépend en partie de la morphologie du système racinaire des espèces. Selon Pardé (1977), la biomasse racinaire est influencée par plusieurs variables comme l'espèce, le type de sol, sa compacité, l'alimentation en eau et en éléments minéraux mais également la densité du peuplement.

Les moyennes pondérées des ratios BR/BA, toutes espèces confondues, varient entre 0,357 et 0,393 pour les différents niveaux de coupes considérées pour la biomasse ligneuse aérienne. Celles-ci sont comparées avec les valeurs du Tier 1 des lignes directrices du GIEC pour les forêts tropicales sèches et les steppes subtropicales qui peuvent être considérées au Burkina (tableau 15).

Tableau 15 : Ratio biomasse racinaire sur biomasse aérienne ligneuse – Tier 1 -GIEC

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

La moyenne pondérée du ratio biomasse racinaire sur biomasse aérienne ligneuse obtenue de l'étude est de 0,393. Cette moyenne représente une valeur intermédiaire entre 0,28 pour les forêts sèches avec une biomasse supérieure à 20 tonnes/ha ; 0,56 pour les forêts sèches avec une biomasse inférieure à 20 tonnes/ha et 0,32 pour les steppes.

En appliquant les facteurs spécifiques du pays en lieu et place des valeurs du Tier 1 pour les calculs de la biomasse racinaire on a obtenu des valeurs supérieures des émissions liées à la biomasse racinaire (Tableau 16).

Tableau 16 : Comparaison des valeurs du carbone racinaire du GIEC à celles du pays

<b>Strate</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Biomasse aérienne (t/ha)</b>	<b>Biomasse racinaire GIEC (t/ha)</b>	<b>Biomasse racinaire spécifique au pays (t/ha)</b>	<b>Contenu de Carbone racinaire GIEC (t/ha)</b>	<b>Contenu de Carbone racinaire spécifique au pays (t/ha)</b>
Terres cultivées SAHELIEN STRICT	6,53	4,83	2,70	1,90	1,27	1,05
Terres cultivées NORD SOUDANIEN	16,96	12,18	6,82	4,79	3,21	2,64
Terres cultivées SUD SAHELIEN	14,39	10,29	5,76	4,04	2,71	2,23
Terres cultivées SUD SOUDANIEN	18,54	13,41	7,51	5,27	3,53	2,91
Autres terres	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Forêt claire SUD SOUDANIEN	42,81	31,43	8,80	12,35	4,14	6,82
Forêt galerie NORD SAHELIEN	19,13	15,03	8,42	5,91	3,96	3,26
Forêt galerie NORD SOUDANIEN	51,42	37,51	10,50	14,74	4,94	8,14
Forêt galerie SUD SAHELIEN	32,39	24,16	6,76	9,49	3,18	5,24
Forêt galerie SUD SOUDANIEN	56,59	41,36	11,58	16,25	5,44	8,97
Habitat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parc agroforestier SAHELIEN STRICT	6,53	4,83	2,70	1,90	1,27	1,05

<b>Strate</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Biomasse aérienne (t/ha)</b>	<b>Biomasse racinaire GIEC (t/ha)</b>	<b>Biomasse racinaire spécifique au pays (t/ha)</b>	<b>Contenu de Carbone racinaire GIEC (t/ha)</b>	<b>Contenu de Carbone racinaire spécifique au pays (t/ha)</b>
Parc agroforestier NORD SOUDANIEN	16,92	12,15	6,81	4,78	3,20	2,64
Parc agroforestier SUD SAHELIEN	11,29	8,15	4,57	3,20	2,15	1,77
Parc agroforestier SUD SOUDANIEN	22,72	16,29	9,12	6,40	4,29	3,53
Plantation forestières et vergers	28,69	20,72	5,80	8,14	2,73	4,50
Rizières	3,93	2,70	1,51	1,06	0,71	0,59
Savane arborée NORD SOUDANIEN	24,46	18,43	10,32	7,24	4,85	4,00
Savane arborée SUD SAHELIEN	15,41	11,61	6,50	4,56	3,06	2,52
Savane arborée SUD SOUDANIEN	34,27	25,64	7,18	10,08	3,37	5,56
Savane arbustive NORD SOUDANIEN	23,52	17,19	9,63	6,76	4,52	3,73
Savane arbustive SUD SAHELIEN	6,81	5,70	3,19	2,24	1,50	1,24
Savane arbustive SUD SOUDANIEN	28,20	20,71	5,80	8,14	2,73	4,49
Savane herbeuse NORD SOUDANIEN	15,01	11,34	6,35	4,46	2,98	2,46
Savane herbeuse SUD SAHELIEN	9,46	7,52	4,21	2,95	1,98	1,63
Savane herbeuse SUD SOUDANIEN	20,42	15,06	8,43	5,92	3,96	3,27



<b>Strate</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Biomasse aérienne (t/ha)</b>	<b>Biomasse racinaire GIEC (t/ha)</b>	<b>Biomasse racinaire spécifique au pays (t/ha)</b>	<b>Contenu de Carbone racinaire GIEC (t/ha)</b>	<b>Contenu de Carbone racinaire spécifique au pays (t/ha)</b>
Steppe arborée SAHELIEN STRICT	19,83	14,57	4,66	5,73	2,19	3,16
Steppe arborée NORD SOUDANIEN	45,01	32,02	10,25	12,58	4,82	6,95
Steppe arborée SUD SAHELIEN	22,94	16,84	5,39	6,62	2,53	3,65
Steppe arbustive SAHELIEN STRICT	9,05	6,54	2,09	2,57	0,98	1,42
Steppe arbustive NORD SOUDANIEN	15,02	10,83	3,47	4,26	1,63	2,35
Steppe arbustive SUD SAHELIEN	11,96	8,73	2,79	3,43	1,31	1,89
Steppe herbeuse SAHELIEN STRICT	2,05	1,72	0,55	0,68	0,26	0,37
Steppe herbeuse NORD SOUDANIEN	10,26	7,37	2,36	2,90	1,11	1,60
Steppe herbeuse SUD SAHELIEN	6,86	5,03	1,61	1,98	0,76	1,09
Zones humides	7,05	5,82	3,26	2,29	1,53	1,26
<b>Moyenne</b>	<b>18,28</b>	<b>13,45</b>	<b>5,34</b>	<b>5,29</b>	<b>2,51</b>	<b>2,92</b>

Bien que la différence entre les données du Tier 1 et les données nationales peut apparaître modeste, l'impact des différentes approches doit être pondéré en fonction des surfaces affectées par les changements d'utilisation des terres. Il a été remarqué une augmentation significative des émissions liées à la biomasse racinaire en utilisant les données spécifiques au pays.

## Procédure d'AQ/CQ des mesures du carbone de la biomasse racinaire

Des experts pertinents ont participé au développement de la méthodologie de l'étude qui a associé des cadres forestiers, des chercheurs du Département Environnement et Forêts (DEF) de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), des experts nationaux et internationaux intervenant dans la mise en place du système de Mesure, de Notification et de Vérification (MNV) / REDD+ avec l'appui du Programme d'Investissement Forestier (PIF) et de personnes - ressources dont un statisticien-informaticien. Des publications, thèses et d'autres ouvrages scientifiques d'intérêt pour l'étude, ont été exploités.

**L'assurance - qualité (A/Q)** de l'étude a été réalisée avec pour but de requérir l'avis de tiers experts sur la fiabilité des méthodes utilisées tant pour la collecte et la compilation des données que sur les résultats obtenus et les incertitudes associées.

Ceux - ci ont défini les activités et les procédures A/Q à mettre en œuvre dans le cadre de la mission. Avant son examen par de tiers experts, le rapport provisoire de l'étude a été soumis pour validation à un groupe technique de haut niveau.

**Le contrôle - qualité (C/Q)** de l'étude du carbone racinaire est assurée par le Service National du Système d'Information Forestier (SN-SIF), les experts du PIF en charge du dossier et des personnes-ressources, selon les activités et procédures définies à cet effet (tableau 17).

*Tableau 17: Activités et procédures d'AQ/CQ des mesures du carbone de la biomasse racinaire*

Activités CQ	Procédures
1. Vérification de la fiabilité de la méthode adoptée pour la collecte des données de l'étude	<ul style="list-style-type: none"><li>• s'assurer de la qualité de l'échantillon d'arbres mesurés (représentativité basée sur l'indice de valeur d'importance des différentes espèces couvertes par les mesures, distribution spatiale et par classe de grosseur des arbres mesurés par espèce mesurée). Le document de la méthodologie et de l'étude ainsi que le guide pratique à l'usage des agents de terrain pour la collecte des données abordent ces différents aspects ;</li><li>• comparer la méthode utilisée avec celles mise en œuvre dans le cadre d'études similaires.</li></ul>

<p><b>2. Vérification de la rigueur dans l'application de la méthode de collecte des données de terrain par les équipes de travail</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vérifier la fiabilité et la précision des appareils de mesure utilisés ; leur liste est présentée dans le document de la méthodologie et de l'étude et dans le guide pratique à l'usage des agents de terrain pour la collecte des données ;</li> <li>• vérifier le respect des différentes étapes de repérage, d'excavation des arbres et de mesures de la biomasse ;</li> <li>• s'assurer du respect des normes en matière de mesures dendrométriques ;</li> <li>• s'assurer de la bonne tenue des fiches de collecte des données ;</li> <li>• s'assurer du bon conditionnement et acheminement des échantillons de biomasse prélevés pour l'analyse de la teneur en carbone</li> </ul>
<p><b>3. Vérification de l'exhaustivité et de la conformité des données encodées par rapport aux fiches remplies par arbre mesuré</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• s'assurer de l'existence d'une application de détection des valeurs extrêmes (erronées) ou manquantes par arbre mesuré ;</li> <li>• s'assurer de la cohérence des données encodées par pied en faisant un lien entre les mesures du diamètre, la hauteur totale et la biomasse mesurée.</li> </ul>
<p><b>4. Vérification de la qualité des produits/résultats (output) de l'étude</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la cohérence des algorithmes développés pour les calculs ;</li> <li>• vérifier la qualité des équations allométriques ;</li> <li>• comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres études similaires dans les mêmes domaines phytogéographiques et discuter les résultats obtenus;</li> <li>• Vérifier que les qualifications des personnes apportant une opinion d'experts sur l'estimation de la qualité des équations élaborées sont appropriées.</li> </ul>

### 3.3.5. Estimation du carbone organique du sol

Le carbone organique du sol a été estimé par le Bureau National des Sols (BUNASOLS) du Burkina Faso. La base de données utilisée comprend des cartes des sols et des données sur la teneur du sol en carbone organique. De nombreux profils représentatifs des unités cartographiques ont fait l'objet de prélèvement d'échantillons pour des analyses de laboratoire y compris le carbone organique du sol. Aussi, 42 provinces sur 45 (92% de la surface du Burkina Faso) ont été cartographiées à l'échelle 1:100.000 et presque 160.000 ha constitués de 13 forêts classées ont été étudiés.

L'échantillon de terrain est constitué de 1 383 points géoréférencés 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 un point échantillonné (tableau 18).

Tableau 18: Exemple de 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	

La représentation spatiale des points d'échantillonnage du BUNASOLS est la suivante (figure 13) :

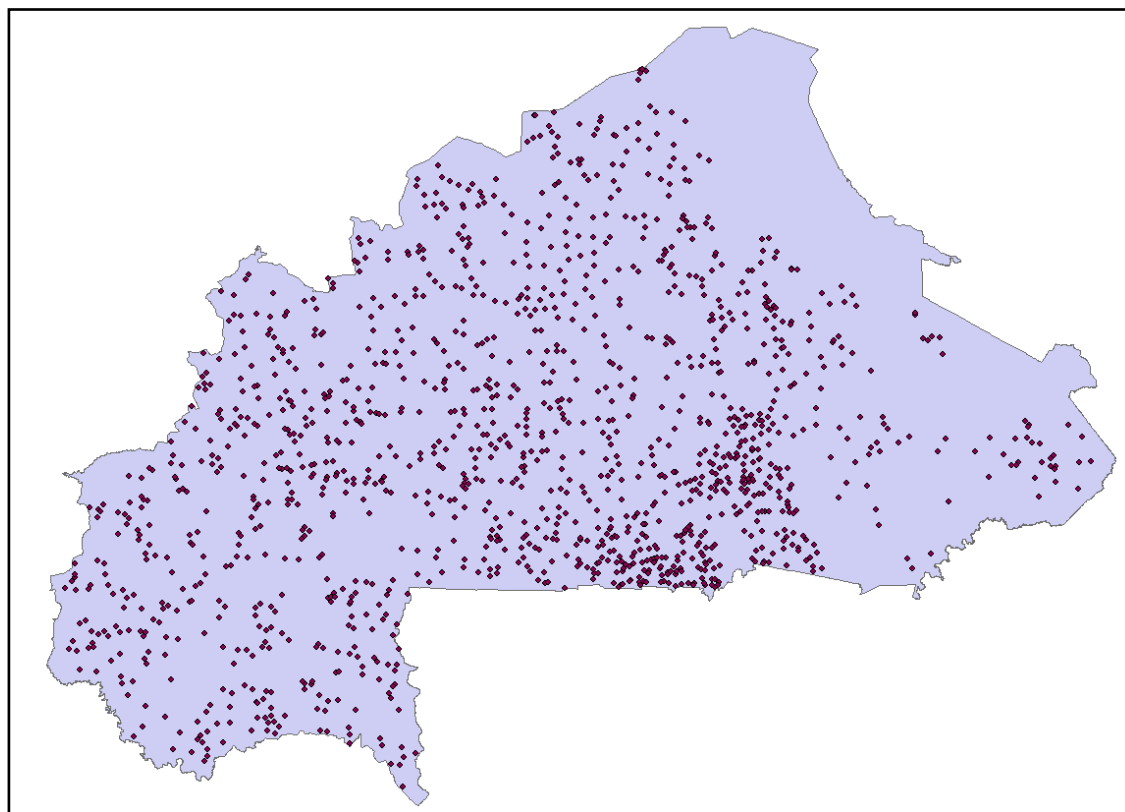


Figure 13: Localisation des données ponctuelles de BUNASOLS

La distribution de l'échantillon suivant les classes d'utilisation des terres est présentée dans le tableau 19

*Tableau 19: Répartition des échantillons en fonction des classes de végétation*

Classe de végétation	Échantillons
Agriculture mixte	9
Forêt claire	2
Plantation forestière	2
Savane arborée	252
Savanes arbustive et herbeuse	271
Steppes arbustive et herbeuse	82
Terres cultivées	332
Territoire agroforestier	392
Vergers	5
Zones humides	36
Total	1 383

La méthodologie suivie pour la collecte, le traitement des données et l'analyse des résultats de terrain est celle qui est décrite dans les manuels IPCC/GIEC (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU).

L'équation de référence utilisée pour l'analyse des variations du stock de COS est :

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(COS_0 - COS_{0-T})}{D}$$

La variation annuelle de stock de COS ( $\Delta C$ ) dérive de la **différence des quantités de COS entre deux périodes** ( $0$  et  $0-T$ ), divisée par le nombre d'années ( $D$ ) passées entre les changements dans l'utilisation des terres.

Enfin, pour chaque utilisation des terres de la BDOT et pour chaque secteur phytogéographique, la teneur en carbone organique du sol a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$C.O. = \sum_1^n c.o. * d.a. * sp * \frac{(100 - sk)}{100}$$

Où,

C.O.= teneur en carbone organique (t/ha) ;

c.o.= concentration en carbone organique 0-30 cm (%) ;

d.a.= densité apparente (g/cm<sup>3</sup>) ;

sp = épaisseur d'horizon (30 cm) ;

sk = éléments grossiers (%).

Les détails de la méthodologie pour le calcul du COS se trouvent dans les documents suivants :

- 🌱 Procédures standard d'opération (SOPs) pour la collecte des données du terrain, analyse et traitement, PIF 2017 ;
- 🌱 Développement d'un modèle de pertes du COS cohérent avec la méthodologie du NRF, PIF 2018.

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 les informations sur les éléments grossiers des sols. Ces éléments qui n'étaient pas indiqués dans les données fournies par le BUNASOLS, sont très importants 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>.

### Informations sur la densité apparente des sols

Cet élément ne figure pas dans les données fournies par le BUNASOLS, pourtant 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 qui ont été effectuées sur toutes les données fournies, les valeurs du carbone organique du sol ont été déterminées 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 avec la composante sol.

Parallèlement, la création d'un seul niveau pour la cartographie morpho pédologique a permis de croiser et de 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, pourcentage (%) de carbone, densité apparente et quantité d'éléments grossiers.

En appliquant aux données ainsi organisées la formule universelle 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. Cela a été fait pour chaque classe de végétation de la BDOT MNV/REDD+ et de la BDOT 2012 utilisée lors de l'IFN 2 et pour chaque secteur phytogéographique.

L'attribution du COS aux différentes catégories d'utilisation des terres a été faite en tenant compte des critères de stratification adoptés. Ces critères sont les mêmes qui sont ressortis de l'analyse statistique des volumes de l'IFN 2, notamment :

-  les classes de végétation de la BDOT MNV/REDD+ et de la BDOT 2012 ;
-  les secteurs phytogéographiques.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 20.

Tableau 20: Carbone Organique du Sol t/ha

Classe de végétation	Domaine (*)	C Organique du Sol t/ha
Autres terres	NSH	0
Etablissements humains	NSH	0
Forêt galerie	NSH	14,248
Savanes 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	12,62
Vergers	NSH	12,62
Zones humides	NSH	24,833
Autres terres	SSH	0
Etablissements humains	SSH	0
Forêt galerie	SSH	21,966
Savane arborée	SSH	22,78
Savanes arbustive et herbeuse	SSH	21,56
Sols nus	SSH	9,356
Steppe arborée	SSH	21,966
Steppes arbustive et herbeuse	SSH	19,932
Terres cultivées	SSH	21,56
Territoire agroforestier	SSH	21,56
Vergers	SSH	19,526
Zones humides	SSH	25,221
Autres terres	NSD	0
Etablissements humains	NSD	0
Forêt claire	NSD	19,258
Forêt galerie	NSD	26,223
Plantation forestière	NSD	15,57
Savane arborée	NSD	29,092



Classe de végétation	Domaine (*)	C Organique du Sol t/ha
Savanes 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
Etablissements humains	SSD	0
Forêt claire	SSD	19,836
Forêt galerie	SSD	27,123
Plantation forestière	SSD	17,003
Savane arborée	SSD	29,147
Savanes 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	24,29
Vergers	SSD	24,29
Zones humides	SSD	37,649

### Procédure d'AQ/CQ de l'estimation du carbone organique du sol

La méthodologie d'estimation du carbone organique du sol a fait l'objet d'une validation par un comité technique de suivi de l'étude lors d'une session tenue le 04 octobre 2019. Cette session avait pour objectifs :

- d'analyser et valider les données disponibles obtenues du BUNASOLS ;
- d'examiner les méthodes de calcul du COS à partir des données d'échantillonnage du BUNASOLS ;

- d'attribuer des valeurs de COS aux classes d'occupation des terres de la BDOT 2002 et aux domaines phytogéographiques, pour conformer le modèle du COS au calcul des émissions forestières ;
- de transformer les valeurs du COS en pourcentages aux valeurs en t/ha en utilisant les informations de densité apparente et éléments grossiers du ISRIC (paragraphe 3.2).

### 3.3.6. Facteurs d'émissions liés aux feux de brousse

La valeur de  $MB \cdot Cf$  et les facteurs d'émissions par défaut ont été utilisés pour l'estimation des émissions liées aux feux de brousse.

#### La valeur par défaut de $M_B \cdot C_f$

Les valeurs de MB et Cf propres au pays n'étant pas disponibles, une valeur par défaut correspondant à la quantité de combustible réellement brûlée (le produit de MB et de Cf) a été utilisée (tableau 21).

Tableau 21: Valeur par défaut de  $M_B \cdot C_f$

TABLEAU 2.4 (SUITE)				
VALEURS DE CONSOMMATION DE LA BIOMASSE (MATIERE ORGANIQUE MORTE PLUS BIOMASSE VIVANTE) (TONNES MATIERE SECHE HA <sup>-1</sup> ) POUR LES FEUX DANS DIVERS TYPES DE VEGETATION				
(À utiliser à l'équation 2.27, pour estimer le produit des quantités ' $M_B \cdot C_f$ ', soit une quantité absolue)				
Type de végétation	Sous-catégorie	Moyenne	SE	Références
Terres arbustives	Terres arbustives (générales)	26,7	4,2	43
	Lande <i>Calluna</i>	11,5	4,3	26, 39
	Armoise	5,7	3,8	66
	Fynbos	12,9	0,1	70, 66
<b>Toutes les terres arbustives</b>		<b>14,3</b>	<b>9,0</b>	
Savanes arborées (feux de début de saison sèche)*	Savane arborée	2,5	-	28
	Savane-prairie	2,7	-	57
<b>Toutes les savanes arborées (feux de début de saison sèche)</b>		<b>2,6</b>	<b>0,1</b>	
Savanes arborées (feux de mi-saison/fin de saison sèche)*	Savane arborée	3,3	-	57
	Savane-prairie	4,0	1,1	57, 6, 51
	Savane tropicale	6,0	1,8	52, 73

#### Les valeurs par défaut du $G_{ef}$

Tableau 22 : Facteurs d'émissions par défaut du GIEC pour les estimations liées aux feux de brousse

**TABLEAU 2.5**  
**FACTEURS D'ÉMISSIONS (g kg<sup>-1</sup> MATIÈRE SECHE BRULEE) POUR DIFFÉRENTS TYPES DE BRULAGE. LES VALEURS SONT DES MOYENNES DE ± SD BASEES SUR L'ÉTUDE EXHAUSTIVE MENEÉ PAR ANDREAE ET MERLET (2001)**  
 (À utiliser comme quantité 'G<sub>ef</sub>' à l'équation 2.27)

Catégorie	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
Savanes et prairies	1613 ± 95	65 ± 20	2,3 ± 0,9	0,21 ± 0,10	3,9 ± 2,4
Résidus agricoles	1515 ± 177	92 ± 84	2,7	0,07	2,5 ± 1,0
Forêt tropicale	1580 ± 90	104 ± 20	6,8 ± 2,0	0,20	1,6 ± 0,7
Forêt extra tropicale	1569 ± 131	107 ± 37	4,7 ± 1,9	0,26 ± 0,07	3,0 ± 1,4
Brûlage de biocombustible	1550 ± 95	78 ± 31	6,1 ± 2,2	0,06	1,1 ± 0,6

Note : La catégorie « forêt extra tropicale » comprend tous les autres types de forêts.  
 Note : Pour la combustion de biomasse non ligneuse dans les prairies et les terres cultivées, les émissions de CO<sub>2</sub> ne doivent pas nécessairement être estimées et notifiées, parce qu'on suppose que les absorptions annuelles (par la croissance) et les émissions (soit par la décomposition soit par le feu) de CO<sub>2</sub> par la biomasse sont à l'équilibre (lire ci-dessus les explications sur la synchronie, à la section 2.4).

 **Potentiel de réchauffement global des gaz à effet de serre**

Tableau 23: Valeurs de PRG

Gaz à effet de serre	Pouvoir de réchauffement global à 100 ans					D'après le 6 <sup>e</sup> rapport (= AR6 =) de 2021
	D'après le 1 <sup>er</sup> rapport (= FAR =) de 1990	D'après le 2 <sup>e</sup> rapport (= SAR =) de 1995	D'après le 3 <sup>e</sup> rapport (= TAR =) de 2001	D'après le 4 <sup>e</sup> rapport (= AR4 =) de 2007	D'après le 5 <sup>e</sup> rapport (= AR5 =) de 2014	
CO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1
CH <sub>4</sub>	21	21	23	25	28	En cours de définition
N <sub>2</sub> O	290	310	296	298	265	
HFC*	140 à 2 900	140 à 11 700*	12 à 12 000*	124 à 14 800*	<1 à 12 400*	
PFC*	n.e.	6 500 à 9 200*	5 700 à 11 900*	7 390 à 12 200*	<1 à 11 100*	
SF <sub>6</sub>	n.e.	23 900	22 200	22 800	23 500	
NF <sub>3</sub>	n.e.	n.e.	n.e.	17 200	16 100	
Utilisation dans l'inventaire	Jamais	Référence obligatoire dans les inventaires publiés jusqu'en 2015	Jamais	Obligatoire / valeurs de référence actuelles	Utilisation prévue pour la réalisation de l'inventaire 2021	

**3.3.7. Estimation du carbone total**

Pour l'estimation du présent NRF, les réservoirs de carbone qui sont pris en compte sont les suivants :

 **Carbone contenu dans la biomasse**

La biomasse totale a été calculée à partir de la formule :  $BT = BLA + BF + BRA$

BT = Biomasse totale en tonne/ha ;

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

BF = Biomasse des feuilles en tonne/ha ;

BRA = Biomasse racinaire en tonne/ha.

Pour le calcul de la teneur en carbone de la biomasse, les résultats de l'étude sur la biomasse racinaire ont été exploités. La teneur en carbone a été déterminée par le laboratoire d'analyse des plantes du BUNASOLS à travers la méthode dite des cendres (Loss-On-Ignition : LOI). Celle-ci consiste à brûler des échantillons de biomasse à haute température (550°C) dans un four à moufle et à mesurer la perte de masse. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Teneur en carbone de la biomasse racinaire et aérienne ligneuse

<i>A. leiocarpus</i>	<i>Combretum sp.</i>	<i>D. microcarpum</i>	<i>V. paradoxa</i>	<i>Autres espèces</i>	Moyenne globale pondérée
55,6 %	56,1 %	56,4 %	56,2 %	55,2 %	55,2 %

La fraction de carbone par défaut de la matière sèche recommandée par le GIEC (2006) pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre (GES) est de 0,47. En plus de cette valeur par défaut, beaucoup d'auteurs utilisent un coefficient de 0,5 pour la fraction de carbone de la matière sèche. Toutes ces valeurs par défaut sont inférieures à celles obtenues pour les espèces et groupes d'espèces étudiées qui est de 0,552.

Les facteurs nationaux spécifiques du pays étant disponibles pour la teneur en carbone, la formule suivante a été utilisée :

$$C\_BT = BT * 0,552 ; C\_BT : \text{carbone contenu dans la biomasse}$$

#### **Carbone organique du sol**

Comme signalé plus haut, les données sur le COS proviennent du BUNASOLS (cf. tableau 18).

#### **Carbone total**

Le carbone total (C\_TOT) a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$C\_TOT = C\_BT + COS$$

Les contenus en carbone des différents types d'occupation des terres sont présentés dans le tableau 23.

Tableau 25: Base des données pour le calcul des facteurs d'émissions

Secteur	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches ( $\geq 2$ cm) et le bois mort sur pied (m <sup>3</sup> /ha)	Biomasse ligneuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse totale (t/ha)	Contenu de Carbone Biomasse totale (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
Nord sahélien	Forêt galerie	19,13	13,15	1,88	15,03	5,91	20,94	11,56	14,25	25,81
	Steppe arborée	19,83	13,64	0,93	14,57	5,73	20,29	11,20	14,25	25,45
	Parc agroforestier	6,53	4,49	0,34	4,83	1,90	6,73	3,71	12,62	16,33
	Steppe arbustive	9,05	6,22	0,31	6,54	2,57	9,11	5,03	10,99	16,02
	Habitat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Culture annuelle	6,53	4,49	0,34	4,83	1,90	6,73	3,71	13,03	16,74
	Culture permanente	6,53	4,49	0,34	4,83	1,90	6,73	3,71	13,03	16,74
	Verger	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Zone humide	7,05	4,85	0,97	5,82	2,29	8,10	4,47	30,53	35,00
	Surface en eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Steppe herbeuse	2,05	1,41	0,31	1,72	0,68	2,40	1,32	10,99	12,32	

Secteur	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse totale (t/ha)	Contenu de Carbone Biomasse totale (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
	Sol nu (érodé, dénudé)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cuirasse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Dune de sable	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Roche nue	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nord soudanien	Forêt galerie	51,42	35,37	2,14	37,51	14,74	52,25	28,84	26,22	55,07
	Plantation forestière	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Savane arborée	24,46	16,83	1,61	18,43	7,24	25,68	14,17	29,09	43,26
	Steppe arborée	45,01	30,96	1,06	32,02	12,58	44,60	24,62	26,22	50,84
	Parc agroforestier	16,92	11,64	0,52	12,15	4,78	16,93	9,35	25,40	34,75
	Savane arbustive	23,52	16,18	1,01	17,19	6,76	23,94	13,22	29,09	42,31
	Steppe arbustive	15,02	10,33	0,50	10,83	4,26	15,09	8,33	23,76	32,09
	Habitat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Secteur	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse totale (t/ha)	Contenu de Carbone Biomasse totale (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
	Culture annuelle	16,96	11,67	0,52	12,18	4,79	16,97	9,37	24,58	33,95
	Rizière	3,93	2,70	0,00	2,70	1,06	3,76	2,08	21,37	23,45
	Culture permanente	16,96	11,67	0,52	12,18	4,79	16,97	9,37	24,58	33,95
	Verger	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Zone humide	7,05	4,85	0,97	5,82	2,29	8,10	4,47	30,53	35,00
	Surface en eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Savane herbeuse	15,01	10,33	1,01	11,34	4,46	15,79	8,72	29,09	37,81
	Steppe herbeuse	10,26	7,06	0,31	7,37	2,90	10,27	5,67	23,76	29,43
	Sol nu (érodé, dénudé)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cuirasse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Roche nue	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Forêt galerie	32,39	22,28	1,88	24,16	9,49	33,65	18,58	21,97	40,54

Secteur	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse totale (t/ha)	Contenu de Carbone Biomasse totale (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
Sud sahélien	Plantation forestière	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Savane arborée	15,41	10,60	1,01	11,61	4,56	16,18	8,93	22,78	31,71
	Steppe arborée	22,94	15,78	1,06	16,84	6,62	23,45	12,95	21,97	34,91
	Parc agroforestier	11,29	7,77	0,39	8,15	3,20	11,36	6,27	21,56	27,83
	Savane arbustive	6,81	4,68	1,01	5,70	2,24	7,93	4,38	21,56	25,94
	Steppe arbustive	11,96	8,23	0,50	8,73	3,43	12,16	6,71	19,93	26,64
	Habitat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Culture annuelle	14,39	9,90	0,39	10,29	4,04	14,33	7,91	21,56	29,47
	Culture permanente	14,39	9,90	0,39	10,29	4,04	14,33	7,91	21,56	29,47
	Verger	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Zone humide	7,05	4,85	0,97	5,82	2,29	8,10	4,47	30,53	35,00
	Surface en eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Secteur	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse totale (t/ha)	Contenu de Carbone Biomasse totale (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
	Savane herbeuse	9,46	6,50	1,01	7,52	2,95	10,47	5,78	21,56	27,34
	Steppe herbeuse	6,86	4,72	0,31	5,03	1,98	7,01	3,87	19,93	23,80
	Sol nu (érodé, dénudé)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cuirasse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Roche nue	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sud soudanien	Forêt claire	42,81	29,44	1,98	31,43	12,35	43,78	24,17	19,84	44,00
	Forêt galerie	56,59	38,92	2,44	41,36	16,25	57,61	31,80	27,12	58,93
	Plantation forestière	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Savane arborée	34,27	23,57	2,08	25,64	10,08	35,72	19,72	29,15	48,87
	Parc agroforestier	22,72	15,63	0,66	16,29	6,40	22,69	12,52	24,29	36,81
	Savane arbustive	28,20	19,40	1,32	20,71	8,14	28,86	15,93	27,12	43,05
	Habitat	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Secteur	Occupation des terres	Volume Inclus les futs, les branches (>=2 cm) et le bois mort sur pied (m3/ha)	Biomasse ligneuse aérienne (t/ha)	Biomasse des feuilles (t/ha)	Total Biomasse aérienne (t/ha)	Biomasse racinaire (t/ha)	Biomasse totale (t/ha)	Contenu de Carbone Biomasse totale (t/ha)	COS (t/ha)	Carbone Total (t/ha)
	Culture annuelle	18,54	12,75	0,66	13,41	5,27	18,68	10,31	26,31	36,63
	Rizière	3,93	2,70	0,00	2,70	1,06	3,76	2,08	21,37	23,45
	Culture permanente	18,54	12,75	0,66	13,41	5,27	18,68	10,31	26,31	36,63
	Verger	28,69	19,73	0,99	20,72	8,14	28,87	15,94	16,92	32,85
	Zone humide	7,05	4,85	0,97	5,82	2,29	8,10	4,47	30,53	35,00
	Surface en eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Savane herbeuse	20,42	14,04	1,01	15,06	5,92	20,97	11,58	27,12	38,70
	Sol nu (érodé, dénudé)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cuirasse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Les résultats obtenus sur le contenu de carbone total de chaque secteur phytogéographique et classe de végétation seront utilisés en combinaison avec les données d'activités dérivées des statistiques d'occupation/utilisation des terres produites avec l'outil Collect Earth pour calculer le niveau des émissions.

### 1.3.7 Incertitude liée aux facteurs d'émissions

#### Incertitude liée au volume du bois

La moyenne pondérée du volume moyen à l'hectare est de 19,83 m<sup>3</sup> avec une limite de confiance de ±8,01%. Le tableau 26 présente les détails d'estimation des incertitudes.

Tableau 26 : Détails des incertitudes liées aux volumes du bois

Type d'occupation et secteur phytogéographique	Moyenne générale (m <sup>3</sup> )	Erreur relative (SE)	Nombre d'observations (n)	ddl (n-1)	Facteur de ddl à 95%	Incertitude (U) à 95%
<b>NORD SAHELIEN</b>	<b>7,79</b>	<b>8,05</b>	<b>583,00</b>	<b>582,00</b>	<b>1,65</b>	<b>13,24</b>
Steppe arborée	19,83	5,47	32,00	31,00	1,70	9,28
Parc agroforestier	6,53	8,59	184,00	183,00	1,69	14,54
Steppe arbustive et herbeuse	5,55	12,37	254,00	253,00	1,65	20,35
Zone humide	7,05	4,63	14,00	13,00	1,77	8,20
Zones érodées, dénudées ou cuirassées	0,00	55,52	99,00	98,00	1,66	92,16
<b>SUD SAHELIEN</b>	<b>15,97</b>	<b>3,52</b>	<b>1067,00</b>	<b>1066,00</b>	<b>1,65</b>	<b>5,79</b>
Forêt galerie	32,39	1,65	17,00	16,00	1,75	2,88
Plantation forestière et vergers	28,69	4,54	2,00	1,00	6,31	28,67
Steppe arborée	22,94	2,16	67,00	66,00	1,67	3,61
Parc agroforestier	11,29	4,10	540,00	539,00	1,65	6,74
Steppe arbustive et herbeuse	9,41	4,87	351,00	350,00	1,65	8,01
Zone humide	7,05	2,81	10,00	9,00	1,83	5,15
Zones érodées, dénudées ou cuirassées	0,00	37,38	80,00	79,00	1,66	62,20
<b>NORD SOUDANIEN</b>	<b>24,63</b>	<b>2,14</b>	<b>2032,00</b>	<b>2031,00</b>	<b>1,65</b>	<b>3,52</b>
Forêt galerie	51,42	1,17	25,00	24,00	1,71	2,00
Plantation forestière et vergers	28,69	4,54	9,00	8,00	1,86	8,44
Savane arborée	24,46	1,49	174,00	173,00	1,65	2,46
Parc agroforestier	16,92	2,47	1203,00	1202,00	1,65	4,06
Savane arbustive et herbeuse	19,27	2,43	571,00	570,00	1,65	4,00
Zone humide	7,05	5,79	17,00	16,00	1,75	10,11
Zones érodées, dénudées ou cuirassées		11,85	33,00	32,00	1,69	20,07
<b>SUD SOUDANIEN</b>	<b>30,92</b>	<b>1,59</b>	<b>2168,00</b>	<b>2167,00</b>	<b>1,65</b>	<b>2,62</b>
Forêt claire	42,81	4,25	4,00	3,00	2,39	10,17
Forêt galerie	56,59	0,98	51,00	50,00	1,67	1,64

Plantation forestière et vergers	28,69	2,55	50,00	49,00	1,67	4,26
Savane arborée	34,27	1,10	528,00	527,00	1,65	1,81
Parc agroforestier	22,72	2,16	963,00	962,00	1,65	3,55
Savane arbustive et herbeuse	24,31	1,87	530,00	529,00	1,65	3,08
Zone humide	7,05	3,00	32,00	31,00	1,70	5,09
Zones érodées, dénudées ou cuirassées		12,12	10,00	9,00	1,83	22,22
<b>TOTAL</b>	<b>19,83</b>	<b>4,87</b>	<b>5850,00</b>	<b>5849,00</b>	<b>1,65</b>	<b>8,01</b>

### Incertitude liée au COS

La moyenne pondérée pour le COS à l'hectare est de 24,3 tonnes avec une limite de confiance de  $\pm 2,8\%$ . Le tableau 27 présente les détails d'estimation des incertitudes.

Tableau 27 : Détails des incertitudes liées au COS

	Nord Sahélien	Sud Sahélien	Nord Soudanien	Sud Soudanien	Total
Strates					
Forêt Galerie	0,3 (20,2%)	0,6 (7,6%)	0,5 (11,3%)	0,6 (8,5%)	0,6 (5,0%)
Forêt Claire	-----	0,5 (426,7%)	-----	-----	0,5 (426,7%)
Prairie	-----	0,6 (6,4%)	0,5 (6,4%)	0,6 (6,1%)	0,6 (3,7%)
Plantation Forestière	-----	0,4 (213,6%)	-----	-----	0,4 (213,6%)
Savane arbustive	0,3 (14,7%)	0,7 (7,9%)	0,5 (9,5%)	0,7 (8,1%)	0,7 (5,4%)
Savane arborée	-----	0,7 (13,3%)	0,6 (15,9%)	0,7 (8,1%)	0,7 (7,4%)
Etablissement	0,3 (14,7%)	0,5 (14,4%)	0,5 (26,8%)	0,7 (18,3%)	0,7 (14,9%)
Vergers	-----	0,5 (164,1%)	0,8 (603,8%)	-----	0,5 (96,4%)
Zone humide	0,6 (67,9%)	1,0 (22,3%)	0,6 (124,3%)	0,9 (14,0%)	0,9 (10,8%)
Somme					
<b>Total</b>	0,3 (10,1%)	0,6 (4,3%)	0,5 (9,6%)	0,7 (4,0%)	0,6 (2,8%)

L'incertitude globale liée aux facteurs d'émissions est alors calculée selon 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<sub>i</sub> = % d'incertitude associée à chaque paramètre

X = valeur du paramètre

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

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(19,83 * 8,01)^2 + (24,3 * 2,8)^2}}{19,83 + 24,3} = 1,54$$

### 3.4. Méthode de calcul des émissions du NRF

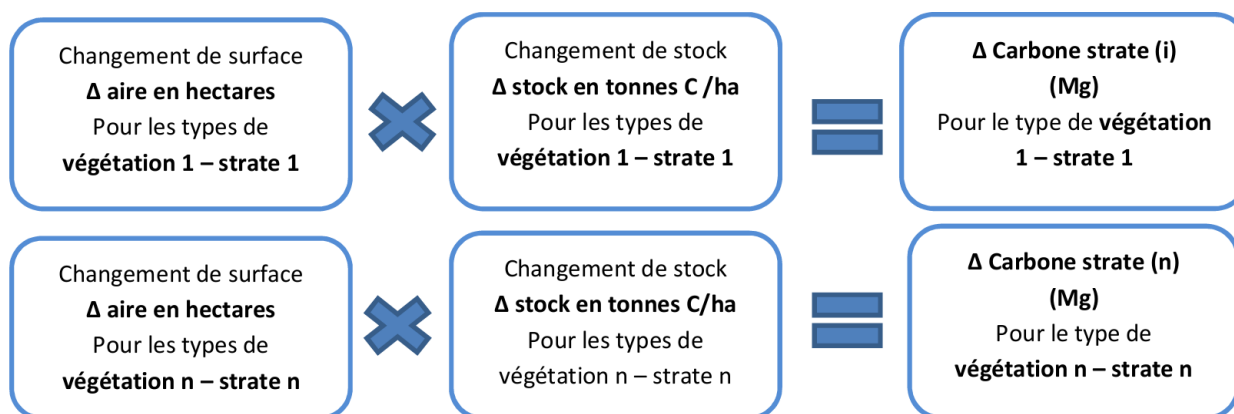
L'approche méthodologique établie par la CCNUCC envisage deux définitions et procédures pour le calcul du Niveau de Référence des Forêts, notamment :

- le Niveau d'Émissions de Référence des Forêts (NERF). Cette approche considère seulement les émissions de CO<sub>2</sub> 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. C'est une approche qui 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 ;
- le Niveau de Référence des Forêts (NRF). 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. Au Burkina Faso, il est estimé que la meilleure approche à adopter est cette dernière.

Dans le cas du Burkina Faso, l'analyse des données activités montre que les unités d'occupation qui contribuent plus au renforcement des stocks sont la régénération dans les unités de cultures annuelles, les parcs agroforestiers et les vergers. 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 calculs seront effectués en utilisant le schéma suivant :



La stratification se base sur une combinaison de types de végétation et domaines phytogéographiques.

Le changement total de contenu de Carbone est  $\Delta \text{ Carbone total} = \sum \text{ Carbone strate}$

Les valeurs des émissions sont ensuite transformées en équivalent dioxyde de carbone à l'aide de la formule suivante :  $\text{Équivalent CO}_2 = \Delta \text{ Carbone total} \times 44 / 12$

Suivant la méthodologie proposée par le GIEC, le calcul des émissions / absorptions de CO<sub>2</sub> est fait en multipliant les données d'activités par les Facteurs d'émissions.



Figure 14: Formule du calcul des émissions

## IV. RESULTATS DES EMISSIONS FORESTIERES DE 2000-2013

### 4.1. Estimation des émissions liées aux changements d'utilisation des terres

#### 4.1.1. Émissions par activité REDD+ de 2000-2013

La figure 15 ci-dessous met en exergue les émissions liées aux différentes activités REDD+ retenues que sont la déforestation, la dégradation des forêts et le renforcement des stocks de carbone forestier. Parmi ces trois activités, la déforestation se distingue comme étant la principale source d'émissions, avec un total cumulé de 60 313,48 GgCO<sub>2</sub>eq sur la période 2000-2013. Elle est suivie par la dégradation forestière avec 635,48 GgCO<sub>2</sub>eq émise sur la même période.

Parallèlement, des efforts sur le renforcement des stocks de carbone forestier ont permis de séquestrer 4 480,53 GgCO<sub>2</sub>eq sur l'ensemble de la période.

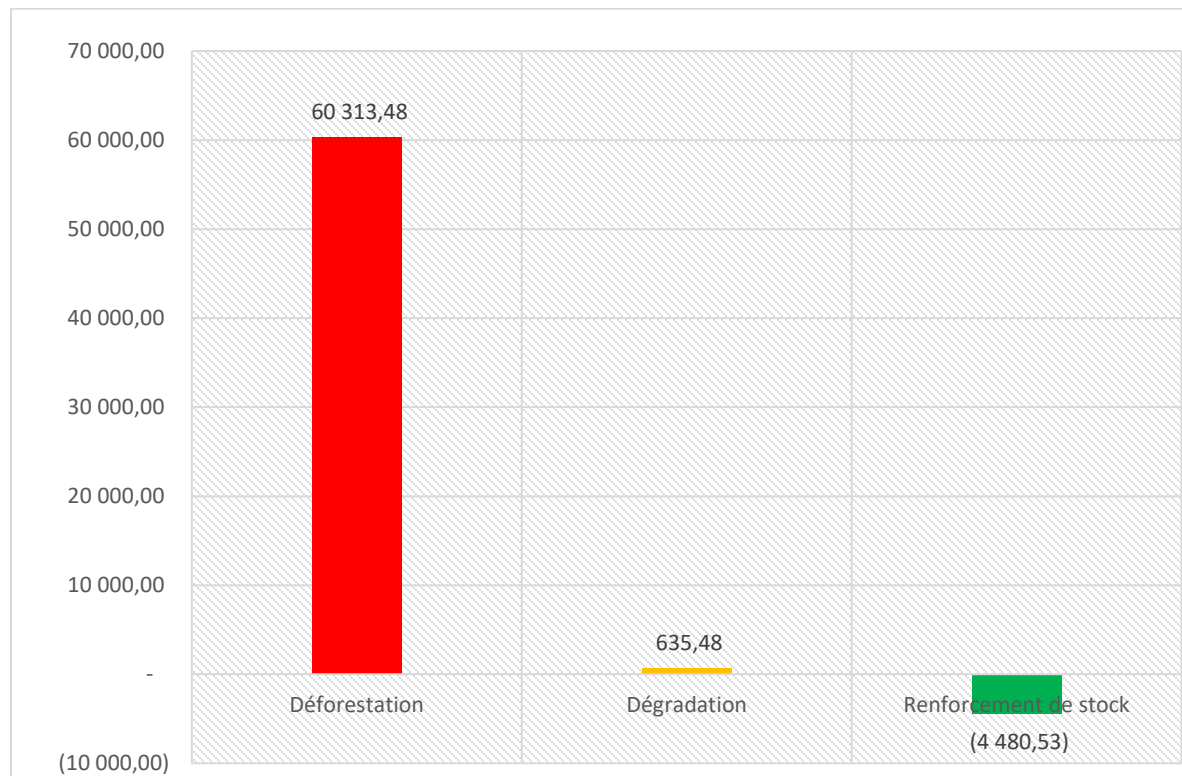


Figure 15 : Répartition des émissions en GgCO<sub>2</sub>eq par activité REDD+

La tendance évolutive de ces émissions par activité sur la période historique est présentée par la figure 16.



Figure 16: Evolution des émissions par activité REDD+ de 2000 à 2013

Le tableau 28 ci-dessous donne la situation des émissions liées aux changements dans les catégories du GIEC de 2000-2013 pour les trois activités REDD+. Les émissions liées à la déforestation sont principalement attribuées à la conversion des terres forestières en terres cultivées qui représente à elle seule 96,92% des émissions liées à cette activité. Cette observation corrobore les conclusions de l'étude sur les Facteurs de Déforestation et de Dégradation des Forêts au Burkina Faso (FDDF) de 2019 qui a identifié l'expansion agricole parmi les principaux moteurs de la déforestation du pays.

Quant à la dégradation forestière, elle est induite par les terres forestières restant terres forestières avec réduction de stock de carbone. Les émissions liées à cette activité sont de 635, 48 GgCO<sub>2</sub>eq. En revanche, le renforcement des stocks de carbone observé dans les terres forestières restant terres forestières et les terres non forestières converties en terres forestières ont entraîné respectivement la séquestration de 351, 36 GgCO<sub>2</sub>eq soit 7,79% et de 4 131, 54 GgCO<sub>2</sub>eq, soit 92,21% des stocks réalisés sur la période historique.



Tableau 28 : Emissions liées aux changements dans les catégories du GIEC

Activités	Changement dans les Catégories GIEC	Total (GgCO <sub>2</sub> eq)
Déforestation	TF-TC	58 455,20
	TF-P	795,33
	TF-E	669,57
	TF-TH	144,13
	TF-AT	249,25
	<b>Total déforestation</b>	60 313,48
Dégradation	TF-TF	635,48
	<b>Total dégradation</b>	635,48
Renforcement de stock	TF-TF	-348,99
	TC-TF	-3 780,18
	P-TF	-351,36
	E-TF	-
	TH-TF	-
	AT-TF	-
	<b>Total renforcement</b>	-4 480,53
	<b>Emissions nettes</b>	56 468,42

*Légende : TF : Terre Forestière ; TC : Terre Cultivée ; P : Prairie ; E : Etablissement ; TH : Terre Humide ; AT : Autres Terres*

#### 4.1.2. Émissions par pool de carbone

La figure 17 présente les émissions de gaz à effet de serre en GgCO<sub>2</sub>eq réparties entre les deux principaux pools de carbone que sont la biomasse ligneuse et le carbone organique du sol. Les résultats montrent que la biomasse ligneuse est la principale source d'émissions, représentant 36 900, 72 GgCO<sub>2</sub>eq sur la période historique soit 65 % des émissions totales. Les émissions provenant de ce pool augmentent fortement au fil du temps, atteignant un pic en 2013, avec une émission de 6 469, 37 GgCO<sub>2</sub>eq.

En ce qui concerne le carbone organique du sol, il contribue à 19 567, 70 GgCO<sub>2</sub>eq, soit environ 35 % des émissions totales. Les émissions liées à ce réservoir suivent une tendance similaire à celle de la biomasse, culminant en 2013 une émission totale estimée à 3 200, 49 GgCO<sub>2</sub>eq.

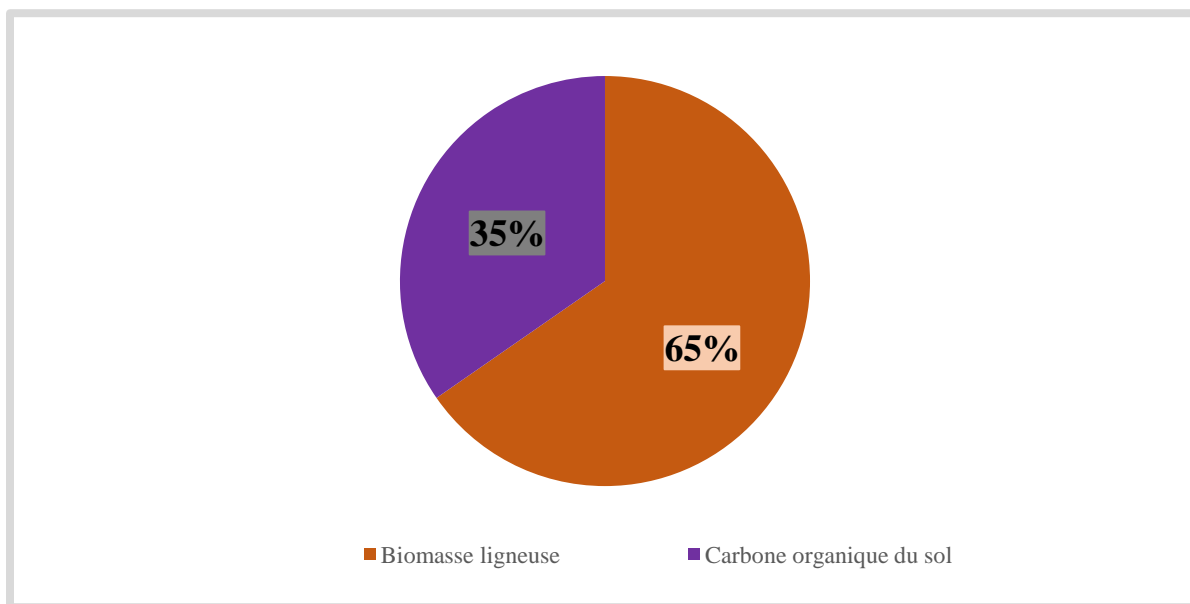


Figure 17: Emissions annuelles par pool de carbone

La figure 18 montre la tendance des émissions durant la période 2000-2013 dans les deux réservoirs de carbone.

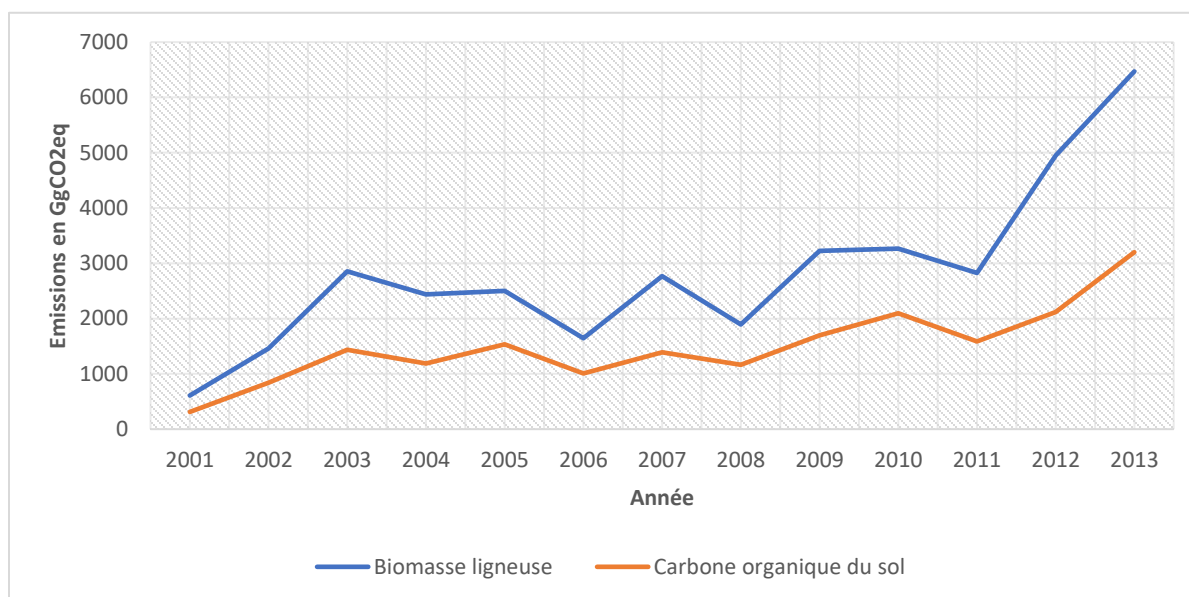


Figure 18 : Emissions durant la période 2000-2013 dans les deux réservoirs de carbone

#### 4.1.3. Émissions par secteur phytogéographique

Les figures 19 et 20 présentent respectivement les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> et l'évolution de ces émissions par secteur phytogéographique de 2000 à 2013. Ces résultats permettent d'analyser l'impact différencié des émissions selon les zones phytogéographiques du territoire national.

Les données permettent d'établir que le secteur Sud-Soudanien est de loin la zone phytogéographique qui contribue le plus aux émissions totales, avec 39 806, 76 GgCO<sub>2</sub>eq, représentant 70,5% des émissions totales. Les émissions annuelles associées à ce secteur montrent une variabilité annuelle en dents de scie avec un pic en 2013, atteignant 6 914, 54 GgCO<sub>2</sub>eq. Le secteur Nord-Soudanien est le second contributeur aux émissions globales, totalisant 14 821, 47 GgCO<sub>2</sub>eq, soit 26,2% des émissions totales. Au niveau de ce secteur, les émissions atteignent un pic de 2 376, 21 GgCO<sub>2</sub>eq en 2013. En ce qui concerne les secteurs Nord-Sahélien et Sud-Sahélien, on note des contributions marginales. Ces deux secteurs contribuent respectivement à 560, 55 GgCO<sub>2</sub>eq (1%) et 1 279, 65 GgCO<sub>2</sub>eq (2,3%) aux émissions totales. Ces secteurs, bien que moins émetteurs, montrent une variabilité annuelle modérée des émissions avec un pic en 2008.

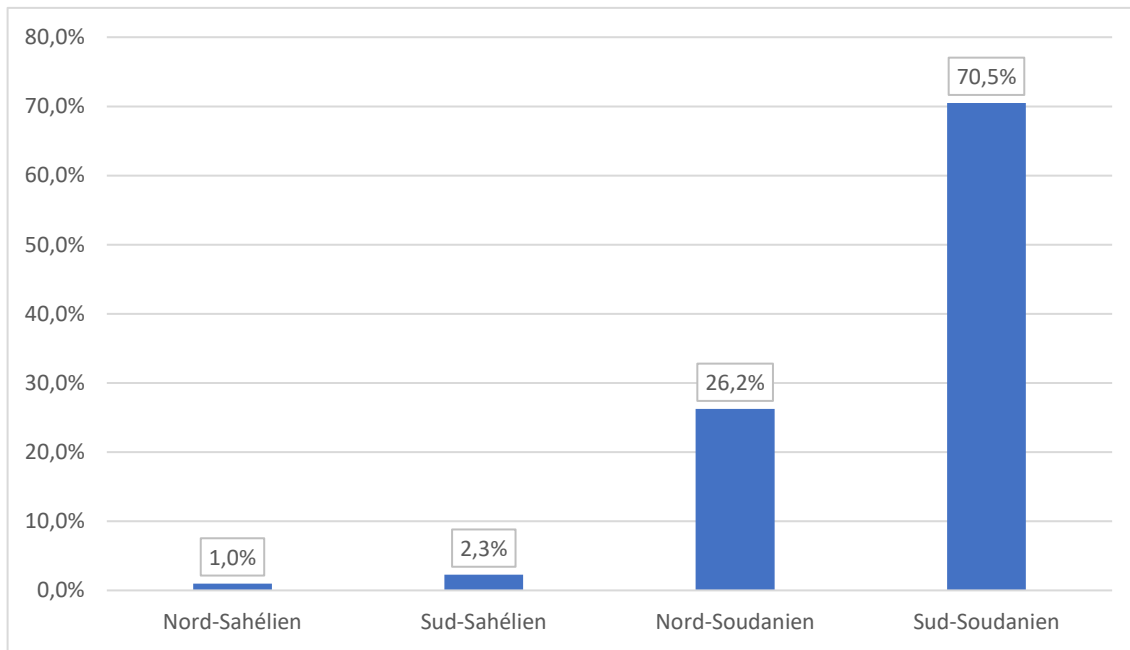


Figure 19 : Répartition des émissions par secteur phytogéographique

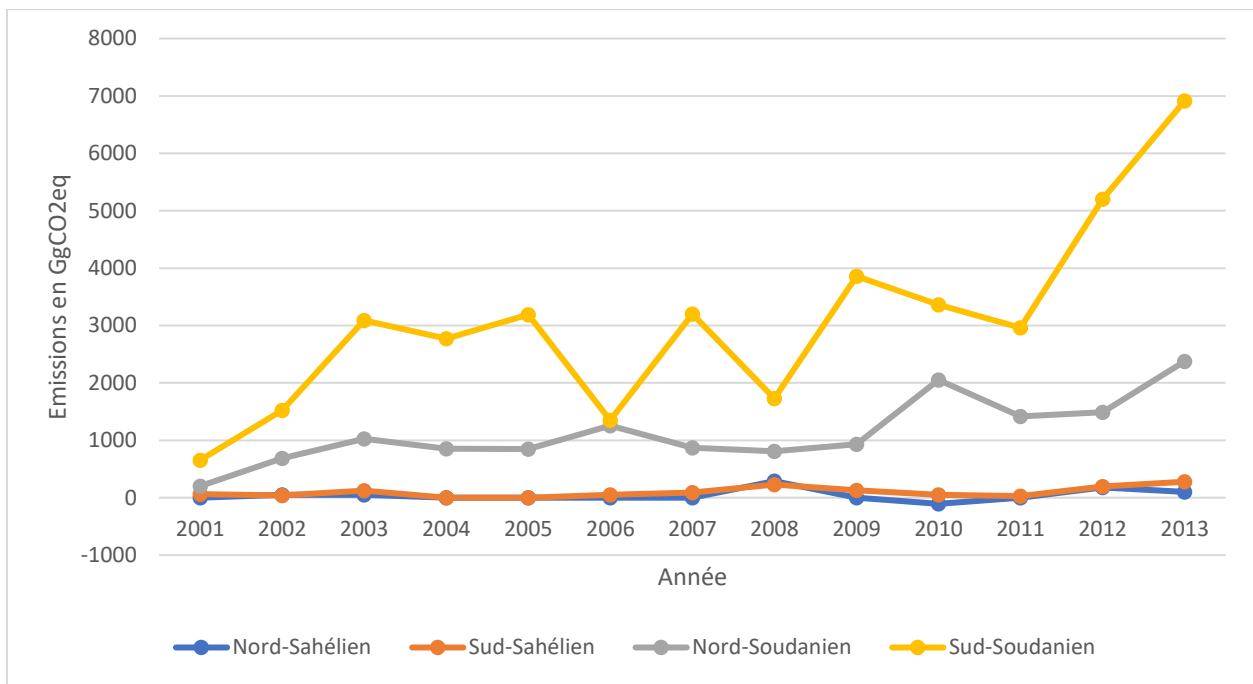


Figure 20 : Emissions annuelles par secteur phytogéographique en tCO<sub>2</sub> eq

#### 4.1.4. Émissions par région administrative

Outre les secteurs phytogéographiques, les émissions ont été désagrégées par région administrative. Les résultats de la figure 21 mettent en exergue une concentration des émissions dans les régions du Centre-Ouest (10 026,84 GgCO<sub>2</sub>eq), des Hauts-Bassins (9 427,82 GgCO<sub>2</sub>eq), de la Boucle du Mouhoun (8 738,39 GgCO<sub>2</sub>eq), des Cascades (7 969,69 GgCO<sub>2</sub>eq), de l'Est (7 846,41 GgCO<sub>2</sub>eq) et du Sud-Ouest (5 908,18 GgCO<sub>2</sub>eq).

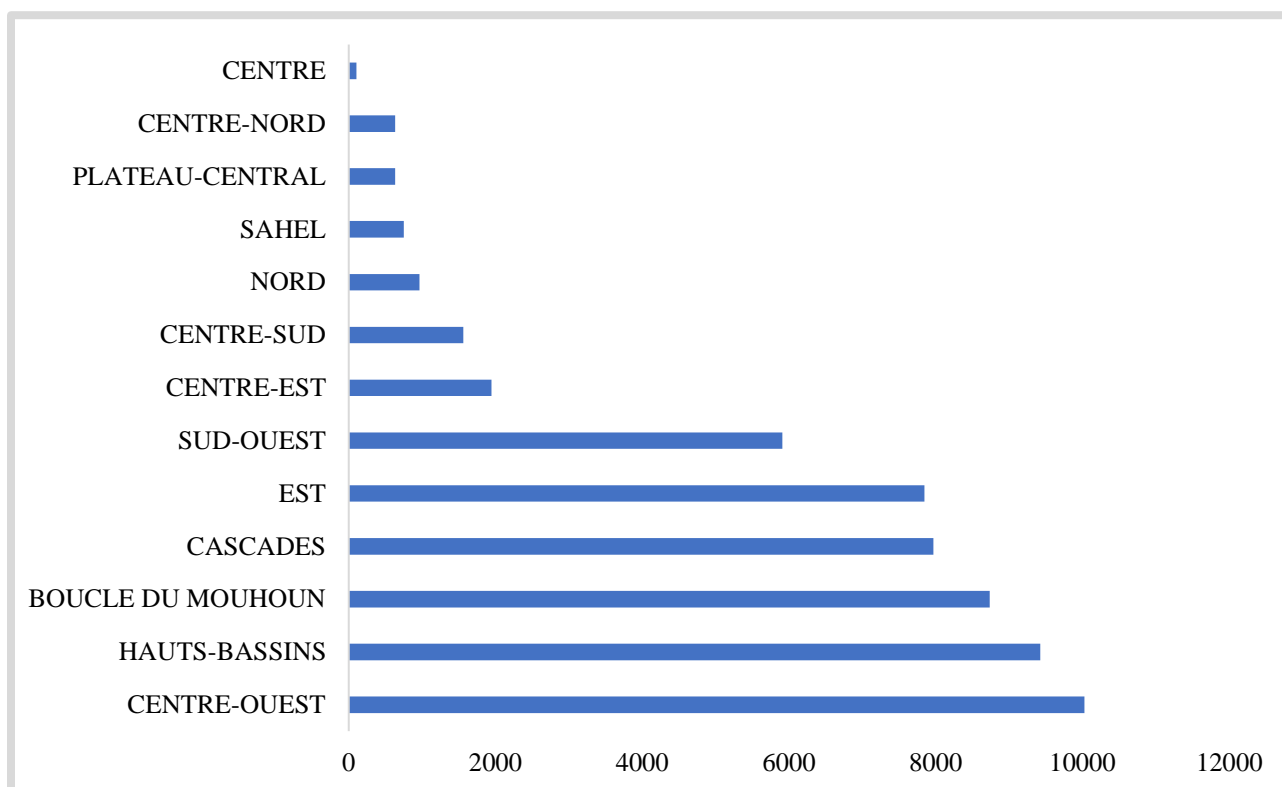


Figure 21 : Emissions en GgCO<sub>2</sub>eq par région administrative entre 2000 et 2013

#### 4.2. Emissions forestières liées aux feux de brousse

Les émissions liées aux feux de brousse ont été estimées dans les terres forestières restant terres forestières et dans les autres terres converties en forêts. La moyenne annuelle pour la période 2000-2013 est de 9 443, 33 GgCO<sub>2</sub>eq. Ces résultats montrent que les feux de brousse constituent une importante source d'émissions de GES pour le secteur forestier.

Les émissions ont été également estimées suivant la répartition des superficies brûlées dans les terres forestières selon les différents secteurs phytogéographiques du pays. Les résultats montrent que les émissions sont plus importantes dans les secteurs nord soudanien et sud soudanien qui correspondent aux zones où la biomasse combustible est importante. Ces secteurs ont enregistré en moyenne respectivement 17 016,42 Gg CO<sub>2</sub>eq et 105 715,19 GgCO<sub>2</sub>eq d'émissions entre 2000 et 2013. À l'inverse, les secteurs nord sahélien et sud sahélien où la biomasse combustible est faible et discontinue sont les moins touchés par les feux de brousse. Ils enregistrent respectivement une émission annuelle de 0,02 GgCO<sub>2</sub>eq et de 31, 47 GgCO<sub>2</sub>eq sur la même période (figure 22).

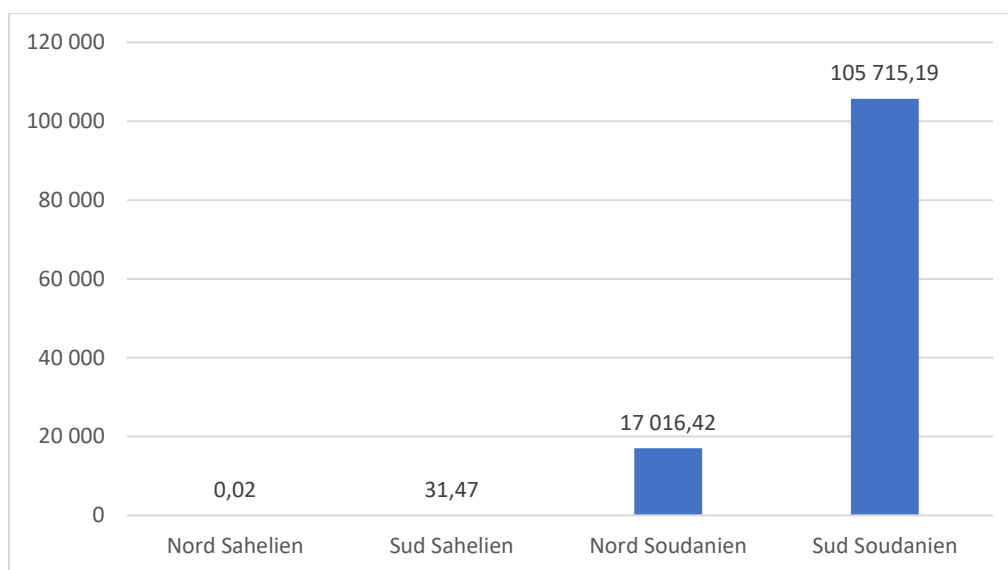


Figure 22 : Emissions liées aux feux de brousse par secteur phytogéographique

### 4.3. Synthèse des émissions forestières

La moyenne du NRF incluant les feux de brousse s'élève à 179 231,53 GgCO<sub>2</sub>eq soit 13787,04 GgCO<sub>2</sub>eq par an (tableau 29).

Tableau 29 : Synthèse des émissions forestières entre 2000 et 2013 en GgCO<sub>2</sub>eq

Année	Biomasse ligneuse (BL)	Carbone organique du sol (COS)	Total BL+COS	Feux de brousse	Total général
<b>2000</b>					
<b>2001</b>	608,45	311,71	920,16	9 016,78	<b>9 936,93</b>
<b>2002</b>	1461,30	841,69	2 302,99	11 389,65	<b>13 692,64</b>
<b>2003</b>	2856,09	1433,58	4 289,67	10 275,87	<b>14 565,55</b>
<b>2004</b>	2437,97	1188,92	3 626,89	10 614,47	<b>14 241,36</b>
<b>2005</b>	2503,30	1535,63	4 038,93	11 746,67	<b>15 785,60</b>
<b>2006</b>	1642,52	1010,10	2 652,61	9 191,65	<b>11 844,26</b>
<b>2007</b>	2767,27	1387,59	4 154,86	7 858,41	<b>12 013,27</b>
<b>2008</b>	1892,64	1162,40	3 055,04	9 877,00	<b>12 932,04</b>
<b>2009</b>	3223,87	1694,59	4 918,47	9 039,35	<b>13 957,82</b>
<b>2010</b>	3266,17	2096,28	5 362,45	9 608,97	<b>14 971,43</b>
<b>2011</b>	2822,66	1585,73	4 408,39	9 460,91	<b>13 869,30</b>
<b>2012</b>	4949,11	2118,97	7 068,09	6 846,95	<b>13 915,04</b>
<b>2013</b>	6469,37	3200,49	9 669,86	7 836,42	<b>17 506,28</b>
<b>Total</b>	<b>36 900,72</b>	<b>19 567,70</b>	<b>56 468,42</b>	<b>122 763,11</b>	<b>179 231,53</b>
<b>Moyenne</b>	<b>2 838,52</b>	<b>1 505,21</b>	<b>4 343,72</b>	<b>9 443,32</b>	<b>13 787,04</b>

## V. ESTIMATION DE L'INCERTITUDE GLOBALE

Les données disponibles pour le calcul des incertitudes sont :

### *Données d'activités*

L'incertitude totale des données d'activité est estimée comme la moyenne des discordances entre les unités d'occupation des terres de 2000 et 2013. La valeur de l'incertitude estimée est de **2,26%**.

### *Facteurs d'émissions*

L'incertitude estimée des facteurs d'émissions est de **1,54%**.

### *Incertitude totale du NRF*

L'incertitude totale liée au NRF est de **2,74 %**. Elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

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

Où :

$U_i$  = % d'incertitude associée à chaque paramètre

$U_{total}$  = % d'incertitude de la somme des paramètres

$$U_{total\ NRF} = \sqrt{2,26^2 + 1,54^2}$$

$$U_{total\ NRF} = 2,74 \%$$

## VI. PROCEDURE D'AQ/CQ DU NRF

Les différentes données utilisées dans le processus de calcul du NRF ont été préalablement validées en amont par les structures responsables de ces données, puis en aval lors d'ateliers nationaux de validation impliquant plusieurs autres parties prenantes. Le NRF a été validé par un comité technique de suivi mis en place à cet effet par une note de service du Secrétaire Général du Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement. Cela a été précédé par un processus participatif d'élaboration du NRF. Les fichiers Excel de calculs sont annexés au présent rapport.

## VII. AMELIORATIONS FUTURES

Le Burkina Faso suit une approche par étape comme suggéré par la Décision 12/CP 17, paragraphe 10. Dans cette dynamique, les insuffisances sont relevées dans cette soumission et seront comblées au fur et à mesure selon la disponibilité des données. Les améliorations futures attendues sont les suivantes :

- améliorer le niveau de précision du Carbone Organique du Sol (COS) en prenant en compte les éléments grossiers et la densité apparente ;
- développer les facteurs d'émissions spécifiques liés aux feux de brousse ;
- inclure les produits ligneux récoltés, la litière et le bois mort gisant au sol ;
- prendre en compte la conservation des stocks de carbone forestier et la gestion durable des forêts dans le calcul des émissions ;
- décrire les procédures d'AQ/CQ de l'ensemble des données utilisées pour le NRF.



## CONCLUSION

Le présent document a été élaboré en tenant compte des modalités et des lignes directrices établies dans la décision 12/CP.17, section II, de la CCNUCC et de son annexe, ainsi que des lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2006). Les données utilisées pour l'estimation du NRF sont (i) les statistiques sur l'occupation/utilisation des terres produites à l'aide de l'outil Collect Earth ; (ii) les données sur le volume de bois ; (iii) les données de Tier 2 pour la biomasse racinaire ; (iv) la base de données sur le Carbone Organique du Sol et (v) les données sur les feux de brousse de la station MESA de l'ONDD.

La moyenne du NRF incluant les feux de brousse s'élève à 179 231,53 GgCO<sub>2</sub>eq soit 13 787,04 GgCO<sub>2</sub>eq par an. Les détails de ces résultats montrent que parmi les activités REDD+ considérées, les émissions proviennent principalement de la conversion des terres forestières en terres cultivées. Au regard de ces résultats, des actions sont à entreprendre, notamment la gestion des feux de brousse, la promotion de la gestion durable des terres agricoles pour conserver le potentiel forestier existant et par conséquent diminuer considérablement les émissions forestières. Ainsi, le Gouvernement à lancer plusieurs initiatives de reforestation dans le but de restaurer la couverture forestière dégradée et de récupérer les terres agricoles dégradées.

## REFERENCES

**FAO, 2017.** Arbres, forêts et utilisation des terres dans les zones arides.

**FAO, 2016.** Considérations techniques relatives à l'établissement de niveaux d'émissions de référence pour les forêts et/ou niveaux de référence pour les forêts dans le contexte de la REDD+ au titre de la CCNUCC.

**GIEC, 2006.** Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (éds). Publié : IGES, Japon. Volume 1, 2, 3, 4 et 5.

**GIEC, 2000.** Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Penman, J. α al (Eds), Publie : IGES, Japon. [http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum\\_fr.htm](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.htm).

**GIEC, 2003.** Recommandations du GIEC en matière des bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux.

**GIEC, 1997.** Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, version révisée 1996. Houghton, J.T. α al (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France. <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/french.htm>

**MEEA, 2023.** Statistiques sur l'occupation/utilisation des terres produites à l'aide de l'outil Collect Earth, Rapport d'étude.

**MEEA, 2024.** Quatrième communication nationale, rapport sectoriel AFAT.

**MEEVCC, 2017.** Procédures standard d'opération (SOPs) pour la collecte des données du terrain, analyse et traitement.

**MEEVCC, 2019.** Développement d'un modèle de pertes du COS cohérent avec la méthodologie du NRF.

**MEEVCC, 2020.** Second Inventaire Forestier National (IFN 2) du Burkina Faso ; rapport final, 289 p.

**MEEVCC, 2020.** Niveau de référence des forêts du Burkina Faso

**MEEVCC, 2021.** Mesure du carbone de la biomasse racinaire et détermination de la masse volumique du bois au Burkina Faso. Rapport final 50P

## I. ANNEXES

### **FACTEUR D'EMISSION :**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1206594178#gid=1206594178](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1206594178#gid=1206594178)

### **NRF\_2000-2013\_BF:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1468444937#gid=1468444937](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1468444937#gid=1468444937)

### **SYNTHESE GLOBALE EMISSION:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=910417083#gid=910417083](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=910417083#gid=910417083)

*NB : les feuilles des émissions annuelles comprennent : les matrices de transition par secteur phytogéographique, la synthèse des résultats par activité, par pool et par secteur phytogéographique*

### **EMISSIONS\_2000-2001:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=11405160#gid=11405160](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=11405160#gid=11405160)

### **EMISSIONS\_2001-2002:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1710092039#gid=1710092039](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1710092039#gid=1710092039)

### **EMISSIONS\_2002-2003:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=665594855#gid=665594855](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=665594855#gid=665594855)

### **EMISSIONS\_2003-2004:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=2068134354#gid=2068134354](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=2068134354#gid=2068134354)

### **EMISSIONS\_2004-2005:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=937086178#gid=937086178](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=937086178#gid=937086178)

### **EMISSIONS\_2005-2006:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1514939110#gid=1514939110](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1514939110#gid=1514939110)

### **EMISSIONS\_2006-2007:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=2021328814#gid=2021328814](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=2021328814#gid=2021328814)

### **EMISSIONS\_2007-2008:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1999936749#gid=1999936749](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0IXDOq/edit?gid=1999936749#gid=1999936749)

### **EMISSIONS\_2008-2009:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1402482001#gid=1402482001](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1402482001#gid=1402482001)

**EMISSIONS\_2009-2010:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=399453663#gid=399453663](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=399453663#gid=399453663)

**EMISSIONS\_2010-2011:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1939151793#gid=1939151793](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1939151793#gid=1939151793)

**EMISSIONS\_2011-2012:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=918839248#gid=918839248](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=918839248#gid=918839248)

**EMISSIONS\_2012-2013:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1894014707#gid=1894014707](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1894014707#gid=1894014707)

**EMISSIONS\_2000-2013:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1612783099#gid=1612783099](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1612783099#gid=1612783099)

**EMISSIONS\_Boucle-Mouhoun:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=201091699#gid=201091699](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=201091699#gid=201091699)

**EMISSIONS\_Cascades:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1468309548#gid=1468309548](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1468309548#gid=1468309548)

**EMISSIONS\_Centre:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=907828806#gid=907828806](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=907828806#gid=907828806)

**EMISSIONS\_Centre-Est:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1665574317#gid=1665574317](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1665574317#gid=1665574317)

**EMISSIONS\_Centre-Ouest:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=51046743#gid=51046743](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=51046743#gid=51046743)

**EMISSIONS\_Centre-Nord:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1465311893#gid=1465311893](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1465311893#gid=1465311893)

**EMISSIONS\_Centre-Sud:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1170209273#gid=1170209273](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1170209273#gid=1170209273)

**EMISSIONS\_Est:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=310550921#gid=310550921](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=310550921#gid=310550921)

**EMISSIONS Hauts-Bassins:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=587403482#gid=587403482](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=587403482#gid=587403482)

**EMISSIONS Nord:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1465629598#gid=1465629598](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1465629598#gid=1465629598)

**EMISSIONS Plateau-Central:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1385375384#gid=1385375384](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1385375384#gid=1385375384)

**EMISSIONS Sahel:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1196173141#gid=1196173141](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1196173141#gid=1196173141)

**EMISSIONS Sud-Ouest:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=780809599#gid=780809599](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=780809599#gid=780809599)

**DA Feux:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=882082596#gid=882082596](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=882082596#gid=882082596)

**EMISSION FEUX:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1484626966#gid=1484626966](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1484626966#gid=1484626966)

**Incertitude:**

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU\\_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1797266278#gid=1797266278](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11naCZKjeN6KVBQdoJ1AU_x5Xwp0lXDOq/edit?gid=1797266278#gid=1797266278)