



# Rapport **OMINEA** | UTCATF

## Ed. 2026

Organisation et méthodes des  
inventaires nationaux des émissions  
atmosphériques en France

# Rapport **OMINEA** | UTCATF Ed. 2026

## Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France

Avril 2026

Rédaction	
Contributeurs	Mélanie JUILLARD, Quentin BEDRUNE, Etienne DELORT, Etienne MATHIAS

Coordination, Vérification et Approbation finale		
Coordination et Vérification	Mélanie JUILLARD, Responsable de l'unité UTCATF	19/02/2026
Approbation finale	Etienne MATHIAS, Responsable de département AFOLU	29/04/2026

**Pour citer ce document :**

Citepa, 2026. Rapport OMINEA | UTCATF – 23ème édition

© Citepa 2026

Ce Rapport a été réalisé avec la participation financière du Ministère de la transition écologique, de la biodiversité et des négociations internationales sur le climat et la nature.

Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d’inventaire.

Rapport n°2731omi/ 2026 | OMINEA\_Edition2026.docm

Ce rapport national d’inventaire est disponible sur le site Internet du Citepa, à la page suivante :

<https://www.citepa.org/methodologie-de-linventaire-omine/>

@ Citepa

42, rue de Paradis – 75010 PARIS – Tel. 01 44 83 68 83 – Fax 01 40 22 04 83

[www.citepa.org](http://www.citepa.org) | [contact@citepa.org](mailto:contact@citepa.org)



# Sommaire

Table des illustrations.....	3
Table des tableaux.....	4
Préambule .....	7
Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)   Introduction .....	8
Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)   Général .....	9
Terres Forestières (Forestland) .....	30
Terres Cultivées (Cropland) .....	66
Prairies (Grassland) .....	73
Zones humides (Wetlands) .....	79
Zones artificialisées ou établissements (settlements).....	85
Autres terres (Other land) .....	90
Produits ligneux récoltés (harvested wood products) .....	94
Barrage de Petit-Saut (Guyane) .....	101
Crédit des illustrations .....	103

## Table des illustrations

Figure 6 : Représentation des 3 strates d'échantillonnage pour le suivi des terres en Guyane français .....	18
Figure 7 : Présentation schématique des différents compartiments carbone considérés pour le calcul	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 8 : Stocks de carbone (tC/ha) en biomasse vivante aérienne de type forêt pour les principaux types de peuplements par sylvoécorégion (Source : Citepa à partir des données IGN campagne 2016-2020 [594]).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 9 : Résultats méthode Citepa haies, flux moyens pour la période inventaire (1990-2022)..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 10: Stocks bois mort (tC/ha) pour les principaux types de peuplements par sylvoécorégion (Source : Citepa à partir des données IGN campagne 2016-2020 [594]) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 11 : Stocks litière (tC/ha) pour les principaux types de peuplements par sylvoécorégion (Source : stocks par essence Renecofor [1275] et surfaces par type d'essence IGN campagne 2018-2022 [594]) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 12 : Cartographie des zones pédologiques (basée sur la texture des sols) complétée [719]	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 13 : Cartographie des zones climatiques [722] .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 14 : Cartographie des zones pédoclimatiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 15 : Schéma récapitulatif des flux et stocks de carbone pour la forêt.....	33
Figure 16 : Carte des interrégions IGN .....	35
Figure 17 : Evolution des trois composantes principales du puits forestiers : accroissement, mortalité et prélèvements en forêt totale (France hexagonale) (Source : voir détail parties précédentes) .....	40
Figure 18: Représentation schématique de la méthode (dite « modèle ») d'estimation des émissions liées aux récoltes de bois).....	49
Figure 19 : Conversion de volumes de bois commercialisés en carbone .....	50
Figure 20 : Représentation de l'ajustement sur la base des données de prélèvement direct issues de l'IFN (en ktC aérien et racinaire) .....	51
Figure 21 : Explications recalage Récoltes Citepa sur les prélèvements IGN .....	52

Figure 22 : Représentation de l'évolution des stocks de carbone suite à une tempête .....	54
Figure 23 : Méthodologie utilisée pour la reconstitution des surfaces incendiées en forêt depuis 1990. ....	55
Figure 24 : Synthèse des compartiments carbone estimés dans le calcul feux de forêt .....	57
Figure 25 : Exemple de conversion d'un maquis en forêt et flux de carbone estimés par le modèle de variation de stock à la maille pour l'ensemble des compartiments.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 26 : Exemple d'évolution du stock de référence liés aux pratiques culturales pour les cultures de blé tendre	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 27 : Evolution du stock de référence liés aux pratiques culturales pour les prairies .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 28 : Vision d'ensemble des flux utilisés dans la méthode .....	100
Figure 29 : Emissions de CH4 et de CO2 dues au barrage de Petit-Saut en Guyane .....	102

## Table des tableaux

Tableau 1 : Détails relatifs au suivi des terres (land representation) .....	12
Tableau 2: Détails sur la méthode utilisée selon les types de terres et les compartiments carbone pour le CO <sub>2</sub> (France hexagonale).....	13
Tableau 3 : Lien entre le niveau de détail du modèle et les exigences de tier .....	14
Tableau 4: Détails sur la méthode utilisée selon les types de terres et les compartiments carbone pour l'Outre-Mer (inclus dans l'UE).....	15
Tableau 5 : Catégories du secteur UTCATF estimées (O = Oui / N = Non) dans l'inventaire français .....	15
Tableau 6 : Sources d'information utilisées pour le suivi des terres en fonction du territoire .....	17
Tableau 11 : Représentativité d'un point d'enquête dans chaque strate [673] .....	18
Tableau 12 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha) .....	20
Tableau 13 : Matrice 2008-2012 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha) .....	20
Tableau 14 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guadeloupe (ha) .....	20
Tableau 15 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Martinique (ha) .....	20
Tableau 16 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation pour La Réunion (ha) .....	20
Tableau 17 : Matrice 1989-2009 produite en combinant plusieurs sources d'information pour Mayotte (ha) .....	21
Tableau 18 : Matrice 1989-2009 produite sur la base de données ESA CCI-LC pour Saint Martin (ha) .....	21
Tableau 19 : Catégories d'utilisation des terres pour la Nouvelle-Calédonie .....	22
Tableau 20 : Catégories d'utilisation des terres pour Wallis et Futuna .....	22
Tableau 21 : Catégories d'utilisation des terres pour la Polynésie française .....	22
Tableau 22 : Informations sur les changements d'usage des terres pour les territoires d'Outre-Mer hors UE.....	22
Tableau 23 : Compartiments carbone pris en compte .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 24 : Illustration de la routine de calcul du modèle de variation de stock par maille. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 25 : Rappel des types de biomasse pris en compte pour le calcul.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 26: Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne (peuplements forestiers) .....	25
Tableau 27 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante racinaire (peuplements forestiers) .....	25
Tableau 28 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne hors forêt (Outre-Mer).....	25
Tableau 29 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante type forêt (France hexagonale) ..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 30 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante type cultures pérennes (France hexagonale).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 31 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante herbacée (type cultures annuelles et type herbe) (France hexagonale) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 32 : Stocks de carbone (tC/ha) dans le bois mort des terres forestières .....	27
Tableau 33 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment bois mort (France hexagonale) .	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 34: Stocks de carbone dans les couches hologaniques (réseau de mesure Renecofor) .	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 35 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la litière des terres forestières .....	28
Tableau 36 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment litière (France hexagonale).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 37 : Flux appliqués aux différentes catégories d'usage dans le modèle de variation par maille	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 38 - Stocks de carbone de référence pour les sols par région ou zone pédoclimatique ..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>



Tableau 39 : Facteurs d'ajustement liés à l'utilisation des terres par type d'usage et zone climatique (Giec 2019) ... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 40: Facteurs d'ajustement liés au régime de gestion et aux apports par zone climatique (Giec 2019) **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 41 : Paramètres de calcul pour les sols organiques (histosols) drainés. .... 29

Tableau 42 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Terres Forestières ..... 33

Tableau 43 : Rappel des stocks de référence pour les différentes sous-catégories de terres forestières, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille (France hexagonale) ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 44 : Rappel des flux de gains de référence pour les différentes sous-catégories de terres forestières, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille (France hexagonale) ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 45 : Rappel des flux de pertes de référence pour les différentes sous-catégories de terres forestières, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille (France hexagonale) ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 46 : Campagnes de l'inventaire forestier national fournies par l'IGN utilisées dans l'inventaire UTCATF (France hexagonale) ..... 35

Tableau 47 : Mortalité annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007) ..... 38

Tableau 48 : Paramètres et bilan pour la biomasse forestière totale en France hexagonale (ktC/an)..... 38

Tableau 49 : Récoltes de bois matériau et bois énergie en France hexagonale depuis 1990 fournies par le SSP [200] et le bilan de l'énergie [1] ..... 47

Tableau 50 : Facteurs d'expansion utilisés pour les prélèvements de bois matériau ..... 49

Tableau 51 : Infradensité utilisées pour les principales essences [598] ..... 50

Tableau 52 : Données forestières pour les départements d'Outre-mer ..... 53

Tableau 53 : Surfaces incendiées en France depuis 1990 ..... 56

Tableau 54: Stocks par compartiment et type de surface brûlée utilisés pour le calcul des émissions liées aux feux de forêts ..... 57

Tableau 55 : Facteurs de combustion par compartiment carbone en fonction des surfaces incendiées ..... 57

Tableau 56 : Stocks de bois mort issus utilisés pour le calcul des flux en forêt restant forêt – transmission spécifique de l'IGN à partir de la méthodologie IGD 4.5 [1350]..... 59

Tableau 57 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Terres Cultivées ..... 67

Tableau 58 : Rappel des stocks de référence pour les différentes sous-catégories de terres cultivées, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 59 : Rappel des flux de gains de référence pour les différentes sous-catégories de terres cultivées, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 60 : Rappel des flux de pertes de référence pour les différentes sous-catégories de terres cultivées, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 61 : Part du régime de gestion (%RG<sub>i,x</sub>) issu des pratiques culturales pour les différents types de cultures [485] ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 62 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 63 : Part du régime d'apport (%A<sub>i,x</sub>) issu des pratiques culturales pour les différents types de cultures [485] ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 64: Extrait de la nomenclature pour la catégorie Prairies ..... 74

Tableau 65 : Rappel des stocks de référence pour les différentes sous-catégories de prairies, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 66 : Rappel des flux de gains de référence pour les différentes sous-catégories de prairies, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 67 : Rappel des flux de pertes de référence pour les différentes sous-catégories de prairies, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 68 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 69 : Part du régime de gestion et d'apport issu des pratiques culturales pour les prairies [485] **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 70 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Zones humides ..... 80

Tableau 71 : Rappel des stocks de référence pour les différentes sous-catégories de terres humides, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 72 : Rappel des flux de gains de référence pour les différentes sous-catégories de terres humides, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 73 : Rappel des flux de pertes de référence pour les différentes sous-catégories de terres humides, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 74 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Etablissements ..... 86

Tableau 75 : Rappel des stocks de référence pour les différentes sous-catégories de zones artificialisées, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille (France hexagonale) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 76 : Rappel des flux de gains de référence pour les différentes sous-catégories de zones artificialisées, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 77 : Rappel des flux de pertes de référence pour les différentes sous-catégories de zones artificialisées, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 78 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Autres Terres .....	91
Tableau 79 : Rappel des stocks de référence pour les différentes sous-catégories des Autres terres, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille (France hexagonale) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 80 : Rappel des flux de pertes de référence pour les différentes sous-catégories des Autres terres, utilisées dans le modèle de variation de stock à la maille .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 81 : Principales sources de données pour les Produits Ligneux Récoltés .....	96
Tableau 82 : Durées de demi-vie des produits bois .....	97
Tableau 83 : Production de produits bois issus des prélèvements intérieurs .....	97
Tableau 84 : Fin de vie des produits bois issus des prélèvements intérieurs .....	98

# Préambule

Le rapport OMINEA comprend une description détaillée, par secteur émetteur, des méthodologies utilisées pour estimer les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques (approche utilisée, données sources, hypothèses, facteurs d'émissions, etc.).

Le présent document s'attache à décrire les méthodologies utilisées pour estimer les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques du secteur Autres sources naturelles.

En parallèle, les méthodologies détaillées des autres secteurs sont disponibles sur le site internet du Citepa. Les volumes sont structurés comme suit :

0. Parties générales
  - OMINEA. Parties générales
  - OMINEA. Références & Annexes
1. Energie
  - OMINEA. Énergie. Éléments généraux
  - OMINEA. Industrie de l'énergie
  - OMINEA. Industrie manufacturière
  - OMINEA. Transports
  - OMINEA. Autres secteurs
  - OMINEA. Non spécifiés
  - OMINEA. Émissions fugitives des combustibles
2. Procédés industriels & usages de produits (IPPU)
  - OMINEA. Produits minéraux
  - OMINEA. Chimie
  - OMINEA. Métallurgie
  - OMINEA. Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants
  - OMINEA. Industrie électronique
  - OMINEA. Consommation d'halocarbures et SF6
  - OMINEA. Autres usages et fabrication de produits
  - OMINEA. Autres procédés
3. Agriculture
  - OMINEA. Agriculture
4. Déchets
  - OMINEA. Déchets
5. UTCTAF
  - OMINEA. UTCATF
6. Autres
  - OMINEA. Autres

Toutes les références et annexes citées dans le présent document font références au document OMINEA. Références & Annexes évoqué ci-dessus. **Il est conseillé de télécharger ce document en parallèle dans le cadre d'une consultation du présent guide méthodologique.**





# Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) | Introduction

Cette section concerne les activités relatives à l'utilisation des terres, aux changements d'affectation des terres et à la foresterie. Elle concerne les variations de stock de carbone liées à ces changements d'usage ou aux changements de pratiques de gestion de ces terres, ainsi que les autres flux de gaz à effet de serre associés. Elle inclut l'estimation des émissions et absorptions des forêts, se traduisant par le puits de carbone forestier.

La description du modèle de suivi des terres haute résolution et le calculateur carbone associé sont décrits dans un document annexe (UTCATF\_suividesterres.pdf).

Le présent document détaille, au sein d'une section par type d'usage des terres (forêts, cultures, prairies, zones humides, zones artificielles et autres terres), les spécificités des calculs d'émissions et absorptions de chaque catégorie. Enfin, les méthodes relatives aux estimations de puits dans les produits bois, et les émissions liées au barrage de Petit-Saut en Guyane sont présentées.

Rédaction : **Mélanie JUILLARD, Quentin BEDRUNE, Etienne DELORT, Etienne MATHIAS**

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

# Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) | Général

Cette section concerne les émissions et absorptions liées à l'utilisation des terres, aux changements d'affectation des terres et à la forêt. Dans les lignes directrices 2006 du GIEC, ce secteur est inclus dans une grande catégorie nommée AFOLU (Agriculture, forêt et autres utilisations des terres) mais la Convention Climat a préféré scinder le rapportage en deux secteurs pour des raisons historiques et de comptabilité différenciée. Les inventaires d'émission rapportent donc toujours deux secteurs distincts : le secteur UTCATF et le secteur Agriculture. Les méthodes spécifiques liées à chaque type de terre sont présentées dans des parties séparées.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.11.04 à 11.12.15, 11.31.01 à 11.31.16, 11.03.01 et 11.03.02
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

## Niveau de méthode :

Variable selon les sous-catégories, voir plus bas (paragraphe Définition du secteur)

## Références utilisées :

- [1] MEDDTL / CGDD / SoeS et anciennement Observatoire de l'Énergie – Les bilans de l'Énergie (données non corrigées du climat). Communication annuelle
- [202] IGN/IFN – Données spéciales d'après l'inventaire terrain
- [204] GICC 2001 – Gestion des impacts du changement climatique, rapport CARBOFOR, juin 2004
- [327] IFN- Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire – Rapport final, janvier 2008

- [328] ONF/CIRAD/CNRS- Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour la forêt guyanaise –Rapport final, juin 2006
- [382] IFN – Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire – Premiers résultats transmis le 16/11/2009
- [383] IFN – Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 1 – Guadeloupe – Rapport final août 2009
- [384] IFN – Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 2 – Martinique – Rapport final août 2009
- [385] IFN – Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 3 – Réunion – Rapport final août 2009
- [386] ONF – Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour les forêts de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Réunion – Rapport final novembre 2008
- [493] IFN/FCBA/SOLAGRO – Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, Novembre 2009
- [594] IGN - <http://inventaire-forestier.ign.fr/>
- [610] INSEE ([www.insee.fr](http://www.insee.fr))
- [672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.
- [789] Agreste, L'essentiel du recensement agricole 2010 – Mayotte.
- [790] Schéma directeur de l'aménagement agricole et rural de Mayotte, 2009.
- [791] FAO, Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 – Mayotte.
- [923] Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC
- [976] ONFi Luc Durrieu de Madron Évaluation de la biomasse à St Pierre et Miquelon en Nouvelle Calédonie, à Wallis et Futuna Paris, 14 mai 2009].
- [977] Bélanger et al. 2008. Rapport de mission sur l'état des bois de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.
- [978] Marianne Rubio (ONF), Inventaire national des GES du secteur UTCF pour les territoires d'outre-mer – Polynésie française. Mai 2009]
- [979] Cartes relatives à l'occupation du sol à Wallis et Futuna, Service territorial des affaires rurales et de la pêche (STARP), 2008, <http://orioai.univ-nc.nc/search-gred/notice/view/univ-nc.nc-ori-15466>
- [993] Canaveira, P., Manso, S., Pellis, G., Perugini, L., De Angelis, P., Neves, R., Papale, D., Paulino, J., Pereira, T., Pina, A., Pita, G., Santos, E., Scarascia-Mugnozza, G., Domingos, T., and Chiti, T. (2018). Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. Final Report for Action A4 of Project MediNet.
- [994] Roux, A., Dhôte, J. F., Achat, D., Bastick, C., Colin, A., Bailly, A., & Schmitt, B. (2017). Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique. Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon, 2050, 101.
- [997] PUIG H., J.P. DELOBELLE (1988). Production de litière, nécromasse, apports minéraux au sol par la litière en forêt guyanaise, Revue écologie (Terre Vie). 43 : 3-22 p.
- [1054] ESA CCI-LC Climate Change Initiative land cover version 2.0.7
- [1201] Vancutsem, C., Achard, F., Pekel, J. F., Vieilledent, G., Carboni, S., Simonetti, D., ... & Nasi, R. (2021). Long-term (1990–2019) monitoring of forest cover changes in the humid tropics. Science Advances, 7(10), eabe1603.

- [1229] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use
- [1391] Stocks et prélèvements actuels de bois dans les haies bocagères, IGN, M. DASSOT, L. COMMAGNAC, F. LETOUZE, A. COLIN
- [1396] Données VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) - NASA S-NPP
- [1397] Évaluation du puits de carbone dans les sols forestiers français (Annexe T7.1.2 de l'étude Projection IGN FCBA 2024) - Augusto et al. 2024
- [1415] Note sur le stockage de carbone dans les forêts guyanaises. Géraldine Derroire. Juin 2025
- [1416] Cirad - Réseau de mesure Guyafor <https://dataverse.cirad.fr/dataverse/guyafor>
- [1417] Chave, Jérôme, Maxime Réjou-Méchain, Alberto Búrquez, Emmanuel Chidumayo, Matthew S. Colgan, Wellington B. C. Delitti, Alvaro Duque, et al. 2014. "Improved Allometric Models to Estimate the Aboveground Biomass of Tropical Trees." Global Change Biology
- [1418] MOKANY, KAREL, R. JOHN RAISON, and ANATOLY S. PROKUSHKIN. 2005. Critical Analysis of Root : shoot Ratios in Terrestrial Biomes. Global Change Biology 12 (1)

# Caractéristiques de la catégorie (uniquement pour le NID) :

## Plan du chapitre

Ce document méthodologique présente une section commune détaillée sur la représentation des terres, les réservoirs de carbone et les méthodes communes à l'ensemble des terres. Les méthodes spécifiques aux types de terres sont présentées dans les autres parties à la suite.

### UTCATF - Général

- Définition du secteur
- Vue d'ensemble de la méthodologie
- Méthode pour le suivi des surfaces d'utilisation des terres
- Méthodes d'estimation des réservoirs de carbone

### Forêts (4A)

### Terres cultivées (4B),

### Prairies (4C),

### Terres humides (4D),

### Zones urbanisées (4E),

### Autres terres (4F),

### Produits ligneux récoltés (4G),

### Autres (4H).

## Définition du secteur

L'UTCATF traite toutes les questions relatives au carbone, depuis la biomasse vivante jusqu'à la matière organique des sols, et quelques sources d'émissions associées (émissions du brûlage sur site non agricole, etc.). Ce secteur intègre aussi une catégorie à part : les produits ligneux récoltés (produits bois), pour lesquels des flux de carbone et donc de CO<sub>2</sub> sont rapportés.

De son côté, le secteur Agriculture conserve les émissions des sols liées à la fertilisation et à l'élevage ainsi que les émissions de particules liées au travail du sol. Avec l'application des lignes directrices du GIEC 2006, le secteur agricole intègre aussi les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la décarbonatation des amendements agricoles autrefois rapportés en UTCATF.

Ces deux secteurs excluent les émissions liées à l'utilisation énergétique aussi bien en sylviculture et en agriculture, ces dernières étant prises en compte dans la catégorie CRT 1A4c du secteur Énergie.

Le secteur UTCATF a la particularité de pouvoir constituer des puits de carbone, et de compenser ainsi une partie des émissions de CO<sub>2</sub>. Il se distingue également des autres secteurs de l'inventaire par le fait qu'il n'est pas centré sur des processus d'émission<sup>1</sup> mais sur des unités géographiques telles que les forêts, les cultures, les prairies, les zones humides, etc. Cette approche géographique permet de considérer de nombreux paramètres comme l'occupation, l'utilisation, l'historique des terres ou encore le climat dans le calcul des émissions et absorptions.

Les substances visées sont les gaz à effet de serre direct (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) et les polluants ayant un effet indirect (NO<sub>x</sub>, CO en particulier) car cette section est essentiellement concernée par l'impact de ces activités sur les changements climatiques. Toutefois, les émissions de COVNM biotiques sont également considérées.

**Tableau 1 : Détails relatifs au suivi des terres (land representation)**

Suivi des terres (land representation)		
Zone	France hexagonale	Outre-mer inclus dans l'UE

<sup>1</sup> Il est à noter que ce mode de comptabilisation date du guide des bonnes pratiques UTCATF 2003, il existait un autre mode de comptabilisation auparavant qui s'appuyait sur des processus (gestion forestière, conversion des terres, abandon de terres cultivées, etc.).

Approche	Approche 3 - spatialement explicite	Approche 3 (sauf Mayotte)
Unité minimale de suivi	0,25 ha	voir description par territoire
Surface minimale de définition de la forêt	0,5 ha	0,5 ha
% du territoire géré	100%	100%

**Tableau 2: Détails sur la méthode utilisée selon les types de terres et les compartiments carbone pour le CO<sub>2</sub> (France hexagonale)**

Catégorie de terres	Biomasse vivante			Bois mort			Litière			Sols			
	spat.	temp.	source	spat.	temp.	source	spat.	temp.	source	Sols minéraux			sols organiques
										spat.	temp.	source	
Forest Land remaining Forest Land	O	N	CS	O	O	CS	N	N	CS	O	N	CS	NO
	+ Flux additionnels			+ Flux additionnels									
Land converted to Forest Land	O	N	CS	O	N	CS	N	N	CS	O	N	CS	NO
	+ Flux additionnels												
Cropland remaining Cropland	N	N	CS	N*	N	H*	N	N	H*	O	O	CS	T2
	+ Flux additionnels												
Land converted to Cropland	N	N	CS	N	N	H	N	N	H	O	O	CS	NO
Grassland remaining Grassland	N	N	CS	N*	N	H*	N	N	H*	O	O	CS	T2
	+ Flux additionnels												
Land converted to Grassland	N	N	CS	N	N	H	N	N	H	O	O	CS	NO
Wetlands remaining Wetlands	N	N	H	N	N	H	N	N	H	N	N	CS	T2
Land converted to Wetlands	N	N	H	N	N	H	N	N	H	N	N	CS	NO
Settlements remaining Settlements	N	N	H*	N	N	H*	N	N	H*	N	N	CS	NO
Land converted to Settlements	N	N	H*	N	N	H*	N	N	H*	N	N	CS	NO
Other Land remaining Other Land	NA			NA			NA			NA			
Land converted to Other Land	N	N	H	N	N	H	N	N	H	N	N	H	NO

- Estimé via le modèle de variation de stock à la maille  
 Détail calibration modèle :  
 spat. Stock de référence spatialisé (par région, par sylvoécocorégion...) ? O : Oui, N : Non  
 temp. Stock de référence avec variation temporelle ? O : Oui, N : Non  
 source CS : Country specific, H : considéré nul par hypothèse  
 \*certaines sous-catégories sont assimilées à "Forêt mixte", se référer à la ligne forêt  
 Flux additionnel : récoltes, accroissement IFN, tempêtes...

Ci-après un exemple de lecture du tableau relatif à la méthode appliquée en France hexagonale : dans la catégorie Forêt restant Forêt (Forest Land remaining Forest Land), les émissions et absorptions liées au réservoir Bois mort sont estimées via le modèle de variation de stock par maille. Le stock de référence varie spatialement, mais il ne varie pas dans le temps. La source d'estimation des stocks provient d'une donnée nationale. Des flux additionnels sont calculés et s'ajoutent aux résultats du modèle de variation de stock à la maille.

Les cellules en bleu dans le tableau ci-dessus sont toutes estimées via un modèle de variation de stock par maille, ce qui les rend a priori compatibles avec des méthodes de niveau 3 (tier 3). Selon l'interprétation des méthodologies des lignes directrices du Giec 2006 [672], une traduction en termes de niveau de méthode (tiers) est présentée dans le tableau ci-



dessous, en fonction du type de stock de référence utilisé. Un stock spatialisé n'influence a priori pas le niveau de tier, mais c'est l'évolution de ce stock au sein d'une sous-catégorie au cours du temps qui est déterminant. Des subtilités d'interprétation existent, c'est pourquoi le descriptif du premier tableau a été retenu.

**Tableau 3 : Lien entre le niveau de détail du modèle et les exigences de tier**

Caractéristiques du stock de référence du modèle :	Compatible avec un tier...		
	T1	T2	T3
spat = N	✓	✓	
spat = O	✓	✓	✓
temp = N	✓		
temp = O	✓	✓	✓
source = CS	✓	✓	✓
source = H	✓	✓	

Pour les territoires d'Outre-Mer inclus dans l'UE, les niveaux de méthodes appliqués sont décrits ci-dessous.

**Tableau 4: Détails sur la méthode utilisée selon les types de terres et les compartiments carbone pour l’Outre-Mer (inclus dans l’UE)**

Niveaux méthodologiques (tiers)					
Catégorie de terres	Biomasse vivante	Bois mort	Litière	Sols	
				Sols minéraux	Sols organiques
Forest land remaining forest land	T2	NA	NA	NA	NO
Land converted to forest land	T2	T2	T2	T2	NO
Cropland remaining cropland	NA	NA	NA	NA	T2
Land converted to cropland	T2	T2	T2	T2	NO
Grassland remaining grassland	NA	NA	NA	NA	T2
Land converted to grassland	T2	T2	T2	T2	NO
Wetlands remaining wetlands	NA	NA	NA	NA	NO
Land converted to wetlands	T2	T2	T2	T2	NO
Settlements remaining settlements	NA	NA	NA	NA	NO
Land converted to settlements	T2	T2	T2	T2	NO
Other land remaining other land	NA	NA	NA	NA	NA
Land converted to other land	T2	T2	T2	T2	NO

NA : not applicable, or tier 1 equilibrium, T2 : tier 2, NO : not occurring

**Tableau 5 : Catégories du secteur UTCATF estimées (O = Oui / N = Non) dans l’inventaire français**

	Forêt	Cultures	Prairies	Zones humides	Artificiel	Autres terres	Produits ligneux récoltés	Autres
	4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4H
(I) Variation des stocks de différents réservoirs de carbone	O	O	O	O	O	N		
(II) Emissions directes de N <sub>2</sub> O liées à la fertilisation	N	O*	O*	N	N	N		
(III) Emissions de CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O liées au drainage ou à la remise en eau	N	O	O	N	N	N		
(IV) Emissions de N <sub>2</sub> O liées à la minéralisation des sols	O	O**	O**	N	O	N		
(V) Emissions indirectes de N <sub>2</sub> O	O	O**	O**	N	N	N		
(VI) Emissions de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O liées au brûlage sur site	O	O**	O**	O	O	N		
Produits ligneux récoltés							O	
Autres								O

O\* : Emissions intégralement rapportées dans le secteur agriculture

O\*\* : Emissions partiellement rapportées dans le secteur agriculture

## Méthode générale d’estimation des émissions (uniquement pour le NID)

### Vue d’ensemble de la méthodologie

La méthode utilisée pour estimer les émissions et absorptions de GES du secteur UTCATF se base sur les lignes directrices du Giec (2006, 2019). Les méthodes de calculs et les données utilisées sont différentes entre la France hexagonale, les territoires d’Outre-mer inclus dans l’UE et les autres territoires d’Outre-mer, mais les principes méthodologiques de base restent les mêmes. On peut résumer la méthode de calcul de ce secteur en quatre grands volets : l’estimation des surfaces d’utilisation des terres et de changement d’utilisation des terres ; l’estimation des flux de carbone liés aux changements d’utilisation des terres ; l’estimation des flux de carbone sur les terres sans changement d’utilisation, liés à la gestion de la biomasse et des sols ; et les autres flux, y compris les flux des autres GES que le CO<sub>2</sub>.

Pour la France hexagonale, le suivi des surfaces d'utilisation des terres est réalisé selon une approche spatialement explicite (dite approche 3). Un modèle multi source, basé sur un maillage régulier du territoire (grille de 50m sur 50m) vient intégrer des données cartographiques d'occupation des sols et d'utilisation des terres pour reconstituer une série temporelle cohérente d'évolution annuelle de l'utilisation des terres. Un modèle d'estimation de la variation des stocks de carbone par maille et par année permet d'estimer les gains et pertes de carbone pour chaque compartiment, reflétant les effets des changements d'utilisation ou les changements de gestion. Des données sur la variation de la biomasse forestière, issues d'observations fines du terrain par l'IGN, sont intégrées afin d'estimer, en forêt, la croissance, mortalité et les récoltes. Ces estimations sont complétées par l'estimation d'autres sources (feux de forêt, produits ligneux récoltés, drainage des sols organiques, etc.)

Pour les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE, le suivi des surfaces d'utilisation des terres est réalisé selon une approche statistique (dite approche 2). Les flux de carbone liés aux changements d'utilisation des terres sont estimés par variation de stock. Pour les terres sans changement, une hypothèse de neutralité est généralement appliquée (sauf, par exemple, pour les flux liés à la biomasse forestière en Guyane).

Pour les territoires d'Outre-mer hors UE, le suivi des surfaces d'utilisation des terres est réalisé selon une approche statistique (dite approche 2) ou bien une approche par défaut sans estimation des changements (approche 1). Sur ces territoires, les estimations se limitent généralement aux flux liés aux changements d'usages des terres et aux feux de forêt.

## Méthode pour le suivi des surfaces d'utilisation des terres

### **Suivi des terres : généralités**

#### Territoire géré et non géré

Dans le cadre du secteur UTCATF, actuellement, tout le territoire est considéré géré (managed land), en France hexagonale et en outre-mer inclus dans l'UE. Cette considération répond à la définition du Giec : « les terres gérées sont les terres subissant interventions et pratiques humaines à des fins productives, écologiques ou sociales » (Giec 2006, vol 4 ; 3.2). Certaines zones sont peu habitées, elles demeurent gérées à des fins écologiques notamment, sous les régimes des parcs nationaux (exemple : Parc Amazonien de Guyane ; Parc National de la Vanoise...). A noter cependant qu'une partie des autres territoires d'Outre-mer (hors UE), en particulier au sein des Terres Australes et Antarctiques Françaises, est considérée non-gérée.

#### Approche pour la représentation des terres

Pour la France hexagonale, la France applique une approche 3, spatialement explicite, pour la représentation des terres et le suivi des surfaces d'utilisation des terres et de changement d'utilisation des terres, telle que définie par le Giec (2006, vol.4, chap.2). Plusieurs données cartographiques sont mobilisées au sein d'un modèle d'intégration, sur la base d'un maillage régulier du territoire.

Pour l'Outre-mer, l'approche dépend des territoires. Pour les territoires d'outre-mer inclus dans l'UE une approche 3, spatialement explicite (avec une résolution moindre qu'en France hexagonale), est aussi utilisée avec des points d'échantillonnages permanents sauf pour Mayotte pour laquelle ces données n'existent pas et qui correspond plutôt à une approche 2. Pour les territoires d'outre-mer hors UE, une approche 1 est appliquée.

#### Critères de transparence, exactitude, exhaustivité, comparabilité, cohérence (TACCC)

L'approche multi-source et spatialement explicite respecte les principes de transparence, exactitude, exhaustivité, comparabilité, cohérence définis par la CCNUCC :

- Transparence : la méthodologie est décrite dans ce document (voir Annexe pour une description détaillée). Les données géographiques sont consultables lors d'une revue, et un outil de visualisation cartographique permet de repérer l'historique de l'usage de chaque maille du modèle. Par ailleurs, l'intégralité des matrices 1 an et 20 ans utilisées dans l'inventaire est disponible par région et par année dans le fichier LULUCF\_background.xlsx
- Exactitude : cette approche vise à s'approcher le plus possible de la réalité, en se basant sur des cartographies les plus pertinentes et précises possibles, et détectant des changements d'usage avérés, en évitant la détection d'artefacts.
- Exhaustivité : l'ensemble du territoire métropolitain est couvert par la méthodologie, et toutes les catégories d'usage des terres sont considérées.

- Comparabilité : Les résultats finaux sont disponibles avec un détail fin par compartiment carbone, région, catégorie d'usage, permettant une comparabilité avec d'autres estimations. Les résultats intermédiaires cartographiques facilitent encore plus cette comparabilité.
- Cohérence :
  - cohérence spatiale : l'approche utilisée est cohérente sur l'ensemble du territoire métropolitain. En revanche, faute de jeux de données homogènes pour les territoires d'Outre-mer, ces derniers sont estimés avec des approches et données sources différentes, mais en respectant les mêmes principes.
  - cohérence temporelle : une attention particulière est portée à la cohérence temporelle des résultats, malgré des données sources ne couvrant pas la totalité de la période de calcul.

#### Unité minimale de suivi

Pour la France hexagonale, l'approche spatialement explicite pour le suivi des terres permet un suivi dans le temps d'une unité minimale de 0,25ha, correspondant à la surface d'une maille de la grille utilisée. Les calculs des flux de carbone sont effectués, en partie à l'échelle de la maille, en partie à échelle régionale (22 anciennes régions administratives).

Pour l'Outre-mer, le suivi des surfaces d'utilisation des terres et le calcul des flux de carbone se fait à l'échelle de chaque territoire (6 territoires d'Outre-Mer inclus dans l'UE et 7 territoires d'Outre-mer non inclus dans l'UE).

#### Vue d'ensemble

**Tableau 6 : Sources d'information utilisées pour le suivi des terres en fonction du territoire**

Périmètre	Territoire	Superficie (ha)	Approche	Données source
France hexagonale	France hexagonale	54 920 010	3	Combinaisons de plusieurs données cartographiques (voir annexe UTCATF_suividesterres).
Outre-mer inclus dans l'UE	Guyane	8 553 400	3	ONF-IGN [327, 382, 673]
	Guadeloupe	162 800	3	ONF-IGN [383]
	Martinique	112 800	3	ONF-IGN [384]
	Réunion	250 400	3	ONF-IGN [385]
	Mayotte	37 400	2	RGA [389], SDGAGE [390], FRA [391]
	Saint-Martin	5 320	3	ESA CCI-LC [1054]
Autres territoires d'Outre-mer	St Barthélemy	2 400	3	ONF-IGN [383]
	Saint-Pierre-et-Miquelon	24 200	1	ONFi [976] et [977]
	Wallis et Futuna	12 420	1	STARP [979] et ONFi [976]
	Polynésie française	416 700	1	ONFi [976]
	Nouvelle-Calédonie	1 857 550	1	ONFi [976]
	TAAF* (dont Terre-Adélie)	43 967 200	1	Hypothèses
	Île de Clipperton	1 700	1	Hypothèses

\*TAAF : Terres australes et antarctiques françaises.

#### **Suivi des terres en France hexagonale**

Le modèle pour la France hexagonale est décrit en annexe (UTCATF\_suividesterres), section SURFACES.

#### **Suivi des terres en Outre-Mer (inclus dans l'UE)**

En Outre-mer, les systèmes de collecte de données diffèrent de ceux mobilisés pour la France hexagonale : des travaux spécifiques sont donc réalisés pour chacun des territoires couverts. Le suivi des territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE est réalisé à partir de travaux de télédétection.

#### Données

##### Guyane

Des travaux spécifiquement menés pour les besoins de l'inventaire [327, 382, 673] sont utilisés comme données sources. Ils permettent de quantifier les changements d'utilisation des terres entre 1989 et 2008, en particulier les défrichements liés aux abattis (culture itinérante sur brûlis) et à l'orpaillage. Ces travaux se basent sur la classification de points

d'échantillonnage par interprétation visuelle d'images satellitaires datées de 1989, 2008 et 2012, avec une stratification conforme aux recommandations du Giec. La nomenclature du Giec, en 6 catégories, est utilisée.

Le travail d'échantillonnage n'ayant pas été mis à jour après 2012, une nouvelle méthode est mise en place pour actualiser la donnée de déforestation sur la période récente. Cette dernière se base sur un produit satellite (Vancutsem et al. 2021 [1201]). Ce produit fournit des informations uniquement pour les surfaces forestières, grâce au renseignement de l'évolution nette du couvert forestier par sous-périodes de 5 ans entre 2000 et 2020. L'analyse de ce produit permet de déduire des taux de déforestation annuels moyens pour les différentes sous-périodes.

Le produit Vancutsem a été utilisé pour évaluer la déforestation pour la période 2010-2015, puis pour la période 2015-2020. La différence entre les deux tendances de déforestation a été conservée et appliquée aux taux de 2008-2012 (basés sur l'approche par photo interprétation). Le niveau global de déforestation est ainsi étalonné au niveau de la première approche, mais l'évolution de la tendance à la déforestation détectée par la seconde approche est utilisée.

#### Méthode de construction des données d'occupation du sol de la Guyane avant 2012

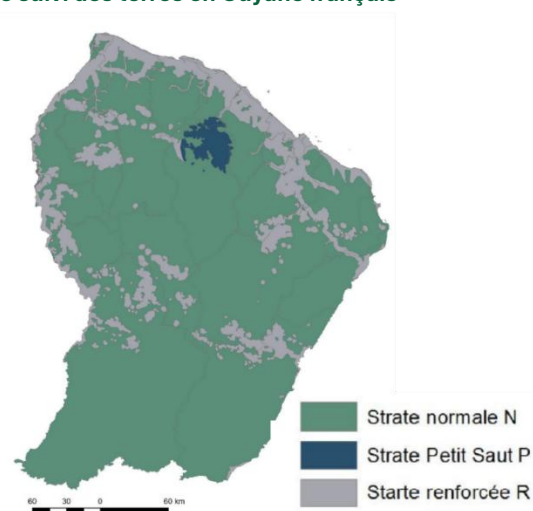
Ces études sont basées sur la photo-interprétation d'images LANDSAT et SPOT qui ont donc préalablement été acquises puis traitées (spatio-triangulation, orthorectification, dénuagement, mosaïquage). En raison de la petite taille des surfaces à observer (entre 0,5 et 1,5 ha) au vu de la surface forestière guyanaise et de la définition des images satellitaires, une **stratification** a également été réalisée. Trois strates ont ainsi été créées [673] :

- Une strate dite « renforcée » (R) qui réunit l'ensemble des zones où la pression anthropique est forte et où la probabilité d'une modification de l'occupation du sol est la plus élevée. Les mangroves sont incluses dans cette strate qui possède un taux de sondage élevé.
- Une strate dite « normale » (N) dans laquelle les changements d'occupation du sol sont très rares, voire absents. Cette strate possède un taux de sondage faible mais néanmoins suffisant pour détecter avec plus de neuf chances sur dix des changements de surface supérieurs à 10 000 hectares.
- Une strate P dite « de Petit Saut » afin de traiter le cas particulier du barrage de Petit Saut. Ce barrage a été mis en eau en 1995, ce qui a eu pour conséquence une surface déboisée exceptionnelle. Ainsi, afin d'individualiser les changements d'affectation des terres consécutifs à cette mise en eau, une strate spécifique a été constituée, avec un taux de sondage équivalent à celui de la strate renforcée.

Le schéma d'échantillonnage mis en place est ainsi conforme aux recommandations du GIEC sur trois points : i. échantillonnage systématique ; ii. placettes d'observation permanentes (le même échantillon est observé et interprété en 1990, 2006 et 2008) ; iii. stratification de l'échantillonnage à l'aide de données auxiliaires.

Le suivi d'occupation des sols et de changement d'occupation des sols est réalisé par interprétation visuelle (photo-interprétation) des images satellitaires de 1989, 2008 et 2012 (soit 16 786 points interprétés). Ainsi, pour chaque point du plan d'échantillonnage, une classe d'occupation du sol parmi les 6 classes définies par le GIEC, est attribuée, pour chacune des années (1990 en utilisant l'imagerie Landsat et 2006 et 2008 en utilisant les données SPOT). La surface prise en compte pour l'appréciation de l'utilisation du sol autour d'un point est une placette circulaire de 0.5 ha centrée autour du point échantillon.

**Figure 1 : Représentation des 3 strates d'échantillonnage pour le suivi des terres en Guyane française**



En complément des classes d'occupation des terres classiques définies par les lignes directrices les cas suivants particuliers à la Guyane ont été pris en compte : i. la mangrove a été incluse dans la catégorie « Forêt » puisqu'elle en a les caractéristiques (taux de couvert et dimension des arbres la constituant) ; ii. les zones d'orpaillage, ont été affectées à la classe « Infrastructure » qui inclut toutes les terres affectées par des aménagements humains quelles que soient leurs dimensions ; iii. la ligne de côte de la Guyane est soumise à des fluctuations temporaires très importantes de plusieurs centaines de mètres du fait des dépôts de sédiments et des phénomènes d'érosion. Aussi, une partie du territoire peut passer, dans le temps, des terres émergées à la mer et inversement. Afin de comptabiliser une surface constante du territoire entre 1989 et 2008, l'inventaire a porté sur les limites administratives de la Guyane selon la BD CARTO © IGN. Il en résulte que certains points de l'échantillon ont pu se situer dans la mer à une des deux dates. Les points tombant en mer ont été affectés à la catégorie d'utilisation du sol « Autres terres ».

**Tableau 7 : Représentativité d'un point d'enquête dans chaque strate [673]**

	Strate		
	N	P	R
Surface (ha)	6 794 498	125 109	1 486 820
Dimension de la maille (m)	8 388 x 4 194	932 x 932	932 x 932
Effectif échantillon	1 926	1 443	17 130
Surface d'extension réelle d'un point	3 527,8	86,7	86,7

### *Guadeloupe, Martinique et La Réunion*

Pour la Guadeloupe [383] et la Réunion [385], des images issues du satellite SPOT, sont utilisées pour déterminer visuellement l'occupation du sol en 1990 sur l'emplacement des points d'échantillonnage de l'enquête TerUti-LUCAS, disponible à partir de 2005. Pour la Martinique, le fort ennuagement des images disponibles en 1990 rendait la photo-interprétation impossible. A la place, les images issues de la mission de Prises de Vue Aérienne (PVA) de 1988, (date disponible la plus proche), ont été interprétées visuellement. La nomenclature du Giec est utilisée, en incluant la mangrove dans la catégorie Forêt car elle en a les caractéristiques (taux de couvert et dimension des arbres).

L'occupation de l'année 2008 est déterminée directement à partir des résultats de l'enquête TerUti-Lucas, en réaffectant les catégories de la nomenclature initiale vers les six catégories Giec, en cohérence avec la table de correspondances utilisée pour la France hexagonale.

### *Mayotte*

Il n'existe pas de travaux de suivi d'occupation des terres par télédétection et photo interprétation à Mayotte. Les matrices d'occupation des terres de Mayotte ont donc été construites en combinant plusieurs sources d'information [789, 790 et 791].

### *Saint-Martin*

Les surfaces de Saint Martin (partie française) sont estimées d'après les données de l'ESA CCI-LC (Climate Change Initiative land cover version 2.0.7 1955-2015) [1054]. Aucun changement d'utilisation n'est compatibilisé.

### Traitements

Les données décrites ci-dessus fournissent des résultats sous forme de matrices de changement, pour les 6 catégories d'utilisation du Giec. Les traitements consistent à générer des matrices sur l'ensemble de la période couverte par les inventaires (1970 à l'année d'inventaire). Entre deux dates d'observation, les changements sont supposés constants et sont donc annualisés en divisant les surfaces de changement par le nombre d'années de la période.

### *Guyane*

En Guyane, les changements d'utilisation entre 1987 et 1989 sont extrapolés en appliquant les taux de changement observés entre 1989 et 2008. Les changements d'utilisation entre 1970 et 1987 ont été négligés. Après 2012, les changements d'utilisation des terres ont également été estimés en reportant les taux de changements observés entre 2008 et 2012, hormis pour les déboisements dont la valeur est mise à jour à partir d'un produit satellite.

### *Guadeloupe, Martinique et La Réunion*

Pour la Guadeloupe [383], Martinique [384] et la Réunion [385], les matrices sont basées sur une étude par télédétection et photo interprétation [383] suivant le modèle de ce qui a été fait sur la Guyane permettant de déterminer les changements d'utilisation des terres entre 1989 et 2008 (période de 19 ans). Pour ces trois territoires, une seule période de suivi est disponible (1989 - 2008), les taux de changements annuels moyens de cette période sont appliqués à la série temporelle complète depuis 1970.

### *Mayotte*


Plusieurs sources d'information [789, 790 et 791] permettent de reconstituer l'évolution des surfaces depuis 1970. Le taux de changements estimés ne sont donc pas constants au cours du temps, La matrice 20 ans 1989-2009 est présentée ci-après à titre d'exemple.




## Résultats

Les travaux de photo-interprétation en Outre-Mer ont mené aux résultats présentés dans les tableaux suivants.


**Tableau 8 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha)**

		2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	7 989 172	25 073	28 311	3 823	37 650	10 651	8 094 679
	Artificiel	910	16 009	637	273	0	0	17 829
	Culture	3 004	273	18 844	364	0	0	22 485
	Prairie	182	182	91	5 735	91	0	6 281
	Zone humide	4 734	546	1 365	273	234 082	3 368	244 369
	Autre	8 830	0	0	0	91	11 864	20 785
TOTAL 2008		8 006 832	42 083	49 248	10 469	271 914	25 882	8 406 427


**Tableau 9 : Matrice 2008-2012 produite par les travaux de photo-interprétation en Guyane (ha)**

		2012						TOTAL 2008
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
2008	Forêt	7 992 006	4 630	6 918	1 092	1 001	1 183	8 006 832
	Artificiel	1 634	40 084	91	273	0	0	42 083
	Culture	1 912	91	45 425	1 548	0	273	49 248
	Prairie	182	91	273	9 922	0	0	10 469
	Zone humide	2 458	273	91	182	268 728	182	271 914
	Autre	3 186	0	0	182	0	22 514	25 882
TOTAL 2012		8 001 378	45 169	52 798	13 200	269 729	24 153	8 406 427


**Tableau 10 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Guadeloupe (ha)**

		2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	58 457	2 007	2 389	5 161	430	48	68 492
	Artificiel	0	12 588	573	239	0	143	13 543
	Culture	96	1 673	22 261	7 025	48	0	31 103
	Prairie	48	3 536	3 966	39 510	96	191	47 347
	Zone humide	287	0	96	239	816	0	1 438
	Autre	0	0	48	48	96	908	860
TOTAL 2008		58 888	19 804	29 333	52 222	1 486	1 050	162 783

**Tableau 11 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation en Martinique (ha)**

		2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	33 608	1 145	1 461	10 466	79	592	47 351
	Artificiel	79	10 782	0	237	0	158	11 256
	Culture	79	474	9 636	2 291	39	0	12 519
	Prairie	1 619	4 621	5 687	22 629	158	869	35 583
	Zone humide	553	79	39	79	711	0	1 461
	Autre	0	39	0	0	39	750	828
TOTAL 2008		35 938	17 140	16 823	35 702	1 026	2 369	108 998

**Tableau 12 : Matrice 1989-2008 produite par les travaux de photo-interprétation pour La Réunion (ha)**

		2008						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	95 463	1 218	1 948	5 033	0	568	104 230
	Artificiel	0	16 722	325	893	81	122	18 143
	Culture	325	4 749	32 795	2 354	81	81	40 385
	Prairie	1 502	5 520	3 085	58 569	0	4 221	72 897
	Zone humide	0	41	203	81	1 664	0	1 989
	Autre	284	325	0	1 258	203	11 486	13 556
TOTAL 2008		97 574	28 575	38 356	68 188	2 029	16 478	251 200

**Tableau 13 : Matrice 1989-2009 produite en combinant plusieurs sources d'information pour Mayotte (ha)**

	↗	2009						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	14 009	0	3 878	0	0	0	17 887
	Artificiel	0	1 650	0	0	0	0	1 650
	Culture	0	1 469	12 179	94	0	0	13 742
	Prairie	0	0	384	636	0	0	1 020
	Zone humide	0	0	0	0	22	0	22
	Autre	0	0	0	514	0	2 566	3 080
TOTAL 2009		14 009	3 119	16 440	1 244	22	2 566	37 400

**Tableau 14 : Matrice 1989-2009 produite sur la base de données ESA CCI-LC pour Saint Martin (ha)**

	↗	2009						TOTAL 1989
		Forêt	Artificiel	Culture	Prairie	Zone humide	Autre	
1989	Forêt	2 396						2 396
	Artificiel		453					453
	Culture			151				151
	Prairie				1 511			1 511
	Zone humide					809		809
	Autre						0	0
TOTAL 2009		2 396	453	151	1 511	809	0	5 320

Les matrices annuelles, présentant les résultats détaillés par année et par territoire, sont fournies dans l'Annexe LULUCF\_Background.xlsx.

### **Suivi des terres dans les autres territoires d'Outre-mer (hors UE)**

#### Données

#### *Nouvelle-Calédonie*

En Nouvelle-Calédonie, une estimation par l'ONFi en 2009 des surfaces des différentes formations végétales est utilisée [976]. Le reste du territoire est réparti entre les autres catégories d'après des hypothèses.

#### *Saint-Barthélemy*

La surface de Saint-Barthélemy est donnée par l'INSEE [610], la répartition entre types de terres est estimée à partir de photos aériennes. Aucun changement d'utilisation n'est compatibilisé.

#### *Saint Pierre et Miquelon*

Les surfaces de Saint-Pierre-et-Miquelon sont estimées en partie d'après un rapport de 2008 sur les bois de ce territoire [977] et le reste du territoire est réparti entre les autres catégories d'après des hypothèses.

#### *Polynésie Française*

En Nouvelle-Calédonie, une estimation de l'ONF de 2009 des surfaces des différentes forêts et plantations est utilisée [978]. Le reste du territoire est réparti entre les autres catégories d'après des hypothèses.

#### *Wallis et Futuna*

Un travail de cartographie de l'occupation du sol à Wallis-et-Futuna réalisé en 2008 [979]. Ces cartes sont issues de l'interprétation de photographies aériennes de 2004 et permettent l'estimation de différentes catégories (forêt dense, forêt claire, cocotiers, zones habitées et autres, cultures vivrières, toafa, tarodièrre...).

#### *Clipperton*

Pour Clipperton, aucune donnée précise n'a été identifiée. Seule des hypothèses générales sont utilisées pour répartir l'îlot entre « autres terres » et « zones humides ».

#### *Terres Australes et Antarctiques*

Pour les Terres Australes et Antarctiques françaises (TAAF), aucune donnée précise n'a été identifiée. L'hypothèse est faite que la totalité du territoire est en « autres terres ».

## Traitements

Pour le moment, les surfaces des autres territoires d'Outre-Mer sont considérées sans changement. Ainsi, les surfaces estimées sont les mêmes pour toutes les années de la période de rapportage.

Les données disponibles, complétées ci-besoin d'hypothèses, sont utilisées pour estimer les surfaces annuelles (sans évolution). Les catégories initiales sont converties dans le système des catégories Giec, en précisant le type de forêt, d'après les tables de correspondance suivantes :

**Tableau 15 : Catégories d'utilisation des terres pour la Nouvelle-Calédonie**

Catégorie initiale	Catégorie finale
Forêt dense sempervirente	Forêt feuillue
Formation à Niaoulis	Forêt feuillue
Formations forestières diverses	Forêt mixte
Maquis	Prairies
Fourrés	Prairies
Savane	Prairies
Autres	Réparti dans les autres catégories (Artificiel, Cultures, Zones humides, Autres terres) selon des hypothèses distinguant Grande Terres et autres îles.

**Tableau 16 : Catégories d'utilisation des terres pour Wallis et Futuna**

Catégorie initiale	Catégorie finale
Forêt dense, Vao	Forêt feuillue
Cocotiers	Forêt feuillue
Forêt claire	Forêt feuillue
Toafa (« désert » et landes)	Autres Terres
Pinus (dont plantations)	Forêt résineux
Vivrier	Cultures
Tarodière	Cultures
Autres (Zones habitées...)	Artificiel
Sols nus	Autres Terres
Lacs	Zones Humides
Mangroves	Zones Humides

**Tableau 17 : Catégories d'utilisation des terres pour la Polynésie française**

Catégorie initiale	Catégorie finale
Plantation coco	Forêt feuillue
Plantation Pin	Forêt résineux
Plantation protection	Forêt mixte
Plantation f. précieux	Forêt feuillue
Forêts I et II	Forêt mixte
Solde	Réparti dans les autres catégories (Artificiel, Cultures, Zones humides, Autres terres)

## Résultats

Les surfaces annuelles (sans changement) de 1970 à l'année inventoriée, pour chaque territoire d'Outre-Mer hors UE, sont les suivantes :

**Tableau 18 : Informations sur les changements d'usage des terres pour les territoires d'Outre-Mer hors UE**

(en ha)	Nouvelle-Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie	St-Pierre et Miquelon	Clipperton	TAAF	St-Barth.	Total
Forêt feuillue	602 595	10 190	50 391	0	0	0	600	663 776
Forêt résineux	0	452	6 096	3 000	0	0	0	9 548
Forêt mixte	114 000	0	195 276	0	0	0	0	309 276
Cultures	33 925	570	25 084	0	0	0	0	59 579
Prairies	999 150	0	0	3 630	0	0	600	1 003 380
Zones humides	6 613	61	0	7 260	7 200	0	0	21 134
Artificiel	23 863	1 321	25 084	1 210	0	0	960	52 438
Autres Terres	67 850	1 702	50 169	9 100	1 700	439 677	240	570 438
Total	1 847 995	14 296	352 100	24 200	8 900	439 677	2 400	2 689 568

L'intégralité des surfaces d'utilisation des terres et de changement d'utilisation des terres utilisées dans l'inventaire est disponible par région et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

## Méthodes d'estimation des réservoirs de carbone

L'inventaire UTCATF de la France estime les flux de gaz à effet de serre entre tous les réservoirs de carbone définis par les lignes directrices du Giec.

### Contexte : lignes directrices du Giec

Pour l'inventaire UTCATF il est demandé d'estimer l'ensemble des flux de carbone intervenant entre différents réservoirs de carbone afin d'estimer les flux de CO<sub>2</sub> qui ont lieu entre les terres et l'atmosphère. Ces réservoirs sont :

- la biomasse vivante aérienne,
- la biomasse vivante souterraine,
- le bois mort,
- la litière,
- le carbone organique du sol
- les produits ligneux récoltés

Pour appréhender ce système, le GIEC présente deux méthodes :

- **la méthode des flux.** Elle nécessite d'estimer directement les flux bruts entrant et sortant d'un réservoir, ce qui revient par exemple à estimer les accroissements forestiers (flux entrant du réservoir biomasse vivante) et les récoltes (flux sortant du réservoir biomasse vivante). Cette méthode permet de connaître également l'évolution du réservoir en question, la biomasse vivante dans cet exemple.

#### Équation 1 (UTCATF)

(inspirée de l'équation 2.7 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C = \sum_{ijk} [A_{ijk} \times (CI - CL)_{ijk}]$$

Avec :

$\Delta C$	=	Variation de stock de carbone du réservoir, t C/an
A	=	Surface de la terre, ha
ijk	=	Indices correspondant aux climat i, type de forêt j, type de gestion k, etc.
CI	=	Gain en carbone, t C/ha/an
CL	=	Perte de carbone, t C/ha/an

- **La méthode des variations de stocks.** A partir de valeurs de stocks connues à deux moments différents pour un réservoir de carbone, il est possible de déterminer le flux net de carbone pour ce réservoir. Cette méthode permet de manière indirecte de connaître les flux bruts mais nécessite de faire des hypothèses complémentaires.

#### Équation 2 (UTCATF)

(inspirée de l'équation 2.8 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta C = \sum_{ijk} (Ct_2 - Ct_1) / (t_2 - t_1)_{ijk}$$

Avec :

$Ct_1$	=	Stock de carbone à l'instant t1, t C
$Ct_2$	=	Stock de carbone à l'instant t2, t C

Dans l'inventaire français, l'une et l'autre des méthodes sont utilisées en fonction de la disponibilité des données et de l'importance des flux en question.

### Méthode appliquée en France hexagonale

Les calculs des flux de carbone sont effectués, en partie à l'échelle de la maille, en partie à échelle régionale (22 anciennes régions administratives). Les calculs des flux à la maille est décrit en annexe (UTCATF\_suividerres), section CARBONE.

### Méthode appliquée pour les Outre-Mer

Le modèle à la maille n'existe pas hors France hexagonale faute de données relatives au suivi géographique des surfaces de changement d'utilisation de terres. Une méthode de calcul plus classique est appliquée pour les conversions (type équation 3 présentée dans l'encadré en début de partie). Les données utilisées pour les stocks relatifs aux différents compartiments seront détaillés dans chaque sous partie.

### Biomasse vivante aérienne et souterraine

#### Définitions

Afin de ne pas négliger les pertes de biomasse lors des changements d'usages des terres, par exemple la perte de la biomasse des vergers convertis en forêts, différents types de biomasse sont pris en compte dans le modèle de variation de stock de carbone à la maille (Annexe UTCATF\_suividerres).

Il s'agit de :

- La **biomasse vivante** que l'on appelle de **type « forêt »**, composée des parties aériennes des essences arborées recensables (diamètre > 7,5 cm à la hauteur de 1,3 m). Cela exclut les essences ligneuses du sous-bois et les arbres sous le seuil de recensabilité. La biomasse aérienne des prairies arbustives et des zones arborées hors forêt (zones artificielles arborées) est également classée de « type forêt ».
- La biomasse vivante, dite de « **type cultures permanentes** ».
- La biomasse **herbacée**, de type cultures annuels ou de type prairies.

Pour la biomasse ligneuse type forêt et type culture pérennes, la biomasse vivante aérienne est distinguée de la biomasse vivante souterraine. La biomasse vivante souterraine inclut l'ensemble des racines à l'exception des racines fines déjà prises en compte dans la litière et le carbone organique du sol.

Hors France hexagonale, il n'y a pas de distinction entre les différents types de biomasse, car le modèle de variation de stock à la maille n'est pas utilisé.

## Données

### Biomasse vivante en Outre-Mer (sans distinction entre types de biomasse)

Pour estimer les émissions liées aux défrichements des valeurs de stocks forestiers moyens perdus lors de défrichements sont utilisées en Outre-Mer. Il ne s'agit pas des stocks moyens en forêt mais des stocks perdus lors d'un défrichement.

**Tableau 19: Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne (peuplements forestiers) en Outre-Mer**

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
Outre-mer inclus dans l'UE (5 régions)	Guyane	166	n.d	n.d	n.d	ONF-CIRAD [328]
	Guadeloupe	49	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Martinique	48	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Réunion	5	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Mayotte	75	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

Aucune donnée spécifique à la biomasse racinaire n'est utilisée. La fraction souterraine de la biomasse vivante est estimée indirectement à partir de la fraction aérienne, à l'aide de facteurs d'expansion racinaire de l'ONF [386].

Les valeurs obtenues avec les facteurs d'expansion sont indiquées dans le tableau suivant.

**Tableau 20 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante racinaire (peuplements forestiers) en Outre-Mer**

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
Outre-mer inclus dans l'UE (5 régions)	Guyane	26	n.d	n.d	n.d	ONF-CIRAD [328]
	Guadeloupe	11	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Martinique	10	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Réunion	1	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
	Mayotte	17	n.d	n.d	n.d	ONF [386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

En Outre-mer, le stock de biomasse vivante pour les zones non forestières est estimé à partir du Giec (2006) :

- En culture : 10 tC/ha (Giec, 2006, Table 5.9)
- En prairie : 16,1 tMS/ha (2006, Table 6.4) \* 0.5 (tC/tMS) = 7.6 tC/ha

Ces valeurs sont utilisées pour les territoires d'Outre-Mer sauf pour la Réunion, où la valeur de stock de biomasse forestière est tellement basse (5 tC/ha, tableau 63) que les stocks hors forêt sont estimés à 0. Pour rappel, il n'y a pas de distinction entre type de biomasse pour l'Outre-Mer, les données ci-dessous correspondent donc à la fois à de la biomasse ligneuse et herbacée.

**Tableau 21 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la biomasse vivante aérienne hors forêt (Outre-Mer)**

Territoire	Culture	Prairie boisée	Prairie non boisée	Zone urbanisée	Zone humide	Source de données
Guyane	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006
Guadeloupe	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006
Martinique	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006
Réunion	0	0	0	0	0	hypothèse
Mayotte	10	7,6	7,6	0	0	Giec 2006



Les flux de carbone (croissance, mortalité, prélèvements) en biomasse hors forêt pour les terres sans changement sont estimés à l'équilibre en Outre-mer (voir section 2.1.1.1).

#### *Biomasse vivante ligneuse « type forêt » (France hexagonale)*

Pour la description des stocks utilisés pour l'estimation des variations de stocks de carbone liés aux changements d'usage en France hexagonale, se référer à la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividerres.

En plus des flux de carbone issus du modèle de variation de stock à la maille, des flux seront appliqués via la méthode des flux pour la forêt restant forêt. L'IGN fournit ainsi ces données de flux, en tonnes de carbone, pour la production, la mortalité, et les prélèvements en forêt. Ces données sont présentées dans la section Terres Forestières. Elles sont disponibles par interrégion et ne sont pas utilisées directement pour le modèle de flux de carbone à la maille. Elles seront prises en compte dans les totaux des flux en forêt restant forêt, à l'échelle des 22 anciennes régions administratives.

Les flux de carbone (croissance, mortalité, prélèvements) en biomasse hors forêt pour les terres sans changement sont estimés à l'équilibre en France hexagonale.

#### *Biomasse vivante ligneuse type cultures pérennes (France hexagonale)*

Pour la description des stocks utilisés pour l'estimation des variations de stocks de carbone liés aux changements d'usage en France hexagonale, se référer à la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividerres.

#### *Biomasse vivante herbacée type cultures annuelle et type herbe (France hexagonale)*

Pour la description des stocks utilisés pour l'estimation des variations de stocks de carbone liés aux changements d'usage en France hexagonale, se référer à la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividerres.

#### *Biomasse vivante des haies (France hexagonale)*

Les haies ne sont pas considérées comme une catégorie d'usage des terres mais comme un compartiment carbone (un type de biomasse), pouvant se retrouver dans différentes catégories d'usage (en cultures, en prairies...).

#### Suivi du linéaire

Avant l'utilisation du suivi des terres spatialement explicite, le linéaire de haies était suivi par l'enquête TerUti du SSP [1025], en tant que type d'usage des terres spécifique. Il n'est pour l'instant pas possible de proposer une méthode spatialement explicite pour étudier l'évolution du linéaire de haies, fautes de millésimes exploitables. Plusieurs millésimes existent mais des réserves ont été exprimées sur la possibilité de les comparer (faux positifs possibles pour les apparitions de haies). Trois sous-périodes de l'enquête TerUti ont été exploitées pour proposer un suivi de la biomasse en haies (1982-1989 ; 1993-2003 ; 2007-2015). Elles sont traitées séparément car des évolutions méthodologiques les rendent difficilement comparables.

Un taux moyen d'apparition de haies (en ha/an), et de disparition de haies est déduit pour chaque sous-période, en culture, en prairie, et dans les autres catégories d'usage des terres, et ce par ancienne région administrative. Certains types de conversions ont été filtrés pour limiter les faux-changements, par exemple les conversions forêts-haies. Des rythmes de recul nets du linéaire de 6400 ha/an pendant les années 1990, 2960 ha/an pendant les années 2000 et enfin, 5265 ha/an au début des années 2010 sont obtenus.

#### Estimation des stocks

Les stocks de carbone dans la biomasse sont ensuite estimés à partir d'une étude de l'IGN relative aux haies bocagères [1391]. Les stocks fournis sont en tC/km de haies. Une conversion en stocks par hectare est réalisée grâce à des valeurs de largeurs de haies moyennes estimées via la comparaison entre les surfaces Teruti et les linéaires en km de l'étude. Les stocks retenus varient entre 17 et 65 tC/ha, aérien et racinaire compris, selon les régions.

#### Déduction des flux

L'estimation des gains et pertes de carbone liés à l'évolution du linéaire est faite uniquement pour la biomasse. Il n'y a pas de prise en compte de la variation de stocks dans le compartiment sol. Le stock est estimé gagné en 20 ans, et perdu en 1 an.

## Bois mort

### Définition

On considère trois origines aux flux de bois mort sans changement d'usage (qui sont des transferts de la biomasse vivante à la biomasse morte) :

- la mortalité naturelle des arbres sur pied
- la mortalité exceptionnelle en cas de tempêtes (chablis),
- l'abandon des résidus de récolte de bois lors de l'exploitation des parcelles forestières.

Puis, la création ou la disparition d'un stock de bois mort lors d'un boisement ou d'un déboisement sont aussi comptabilisées.

### Données – flux bois mort mortalité naturelle

Les données de l'IGN [202] de mesures des stocks de bois mort, combinées à une estimation de leur date de mortalité permettent d'estimer la mortalité naturelle des arbres sur pied en forêt en France hexagonale. Le bois mort reste principalement, d'après l'IGN, lié à la compétition (élagage naturel) et non à la sylviculture.

Aucune donnée n'est mobilisée en Outre-Mer.

### Données – flux bois mort mortalité tempêtes

Les données de l'IGN ont permis de quantifier la mortalité exceptionnelle liée aux tempêtes de 1999 et 2009 qui ont modifié fortement les stocks de bois mort en forêt. Aucune donnée n'est mobilisée en Outre-Mer.

### Données – flux bois mort pertes récoltes

Le Guide du Giec [1996 5.31 ; 2006 [672] ch.4 encadré 4.2, valeur par défaut pour les feuillus] permet d'estimer à 10% la part de la biomasse aérienne récoltée qui est abandonnée sur le site d'exploitation. Cette valeur a été jugée pertinente par les experts forestiers français.

### Données – flux bois mort changements d'usages

Pour la description des stocks utilisés pour l'estimation des variations de stocks de carbone liés aux changements d'usage en France hexagonale, se référer à la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividerres.

En Guyane et dans les autres territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE, ce stock de bois mort est estimé de manière spécifique grâce aux études des données dendrométriques [328, 386].

**Tableau 22 : Stocks de carbone (tC/ha) dans le bois mort des terres forestières en Outre-Mer**

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
Outre-mer inclus dans l'UE	Guyane	8,8	n.d	n.d	n.d	[328]
	Guadeloupe	1,2	n.d	n.d	n.d	[386]
	Martinique	1,2	n.d	n.d	n.d	[386]
	Réunion	0,1	n.d	n.d	n.d	[386]
	Mayotte	1,9	n.d	n.d	n.d	[386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

## Litière

### Définition

La litière forestière est constituée : des branches mortes au sol de diamètre inférieur au seuil de recensabilité de l'IFN (donc exclues du réservoir bois mort) ; des couches humiques et fumiennes et des feuilles mortes (exclues du réservoir sol) ; des petites racines (exclues du réservoir biomasse vivante souterraine).

### Données

Pour la description des stocks utilisés pour l'estimation des variations de stocks de carbone liés aux changements d'usage en France hexagonale, se référer à la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividerres.

En Guyane, le stock de litière est estimé par l'ONF [328, p.22] d'après les travaux de Puig et al. (1988) [997] à 2 tC/ha.

$$4,203 \text{ tMS/ha} * 0,5\text{tC/tMS} = 2,1 \text{ tC/ha} \approx 2 \text{ tC/ha.}$$

Dans les autres territoires d'Outre-mer, le stock de litière est estimé de manière spécifique grâce aux études des données dendrométriques de l'ONF [386].

**Tableau 23 : Stocks de carbone (tC/ha) dans la litière des terres forestières en Outre-mer**

Périmètre	Région	Feuillus	Mixte	Résineux	Peupliers	Source de données
Outre-mer inclus dans l'UE	Guyane	2,0	n.d	n.d	n.d	[328]
	Guadeloupe	1,2	n.d	n.d	n.d	[386]
	Martinique	0,7	n.d	n.d	n.d	[386]
	Réunion	0,1	n.d	n.d	n.d	[386]
	Mayotte	0,9	n.d	n.d	n.d	[386]
Autres territoires		n.d	n.d	n.d	n.d	

n.d : non déterminé

## Carbone du sol

### Définition

Ce réservoir est constitué du carbone organique dans l'horizon 0-30 cm des sols. Le GIEC [672] distingue deux grands types de sols : minéraux et organiques. En France, les sols minéraux constituent la très grande majorité des sols, ce qui explique en partie l'absence d'estimations spécifiques des émissions liées aux changements d'usages sur sols organiques. Cependant, des estimations sont réalisées pour les émissions associées au drainage des sols organiques (histosols) cultivés ainsi que pour celles liées à l'extraction de tourbe. Ces estimations sont associées aux terres sans changements d'usages : cultures et prairies pour le drainage et zones humides pour l'extraction de tourbe.

Les méthodes et données mises en œuvre pour le carbone des sols sont détaillées dans les sections suivantes ainsi que dans les parties spécifiques à chaque catégorie de terres.

### Données

#### Données sur les sols en France hexagonale

Pour la description des stocks utilisés pour l'estimation des variations de stocks de carbone liés aux changements d'usage en France hexagonale, se référer à la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividerres.

#### Données sur les sols en Outre-mer

En Outre-mer, des estimations spécifiques sur les stocks de carbone du sol sont disponibles grâce aux études de l'ONF, aussi utilisées pour la biomasse [328, 386].

**Tableau 24 : Stocks de référence des sols dans les territoires d'Outre-mer.**

tC/ha	Forêt	Prairie	Cultures	Autres	Source
<b>Guadeloupe</b>	14,6	14,6	14,6	0	[386]
Guyane	100	60	60	0	[328]
La Réunion	1,6	1,6	1,6	0	[386]
Martinique	14,3	14,3	14,3	0	[386]
Mayotte	63,6	63,6	30,5	0	[386]
Saint Martin	14,6	14,6	14,6	0	[672]
<b>Clipperton</b>	14,6	14,6	14,6	0	[672]
Nouvelle Calédonie	0	0	0	0	Hypothèse provisoire
Polynésie Française	14,6	14,6	14,6	0	[672]
Saint Barthélemy	14,6	14,6	14,6	0	[672]
Saint Pierre et Miquelon	14,6	14,6	14,6	0	[672]

TAAF	14,6	14,6	14,6	0	[672]
Wallis et Futuna	14,6	14,6	14,6	0	[672]

#### Méthode de calcul pour les sols organiques drainés

Les émissions liées au drainage des sols organiques sont estimées en culture et en prairie sur la base du GIEC 2013 [923] avec des facteurs d'émissions différents pour la France hexagonale et l'Outre-mer du fait des différences de climat.

**Tableau 25 : Paramètres de calcul pour les sols organiques (histosols) drainés.**

	France hexagonale		Outre-Mer	
	Culture	Prairie	Culture	Prairie
FE CO2 direct	7,9 tC-CO2/ha/an	3,6 tC-CO2/ha/an	14 tC-CO2/ha/an	9,6 tC-CO2/ha/an
FE CO2 indirect	0,3 tC-CO2/ha/an (0.21*0,6*0.9)		0,8 tC-CO2/ha/an (0.57*0,6*0.9)	
FE CH4	0 kgCH4/ha/an	39 kgCH4/ha/an	7 kgCH4/ha/an	7 kgCH4/ha/an
Surfaces	5 883 ha	16 416 ha	88 ha	230 ha

Sources : IPCC 2013, tables 2.1, 2.2, 2.3. Note : le N<sub>2</sub>O est rapporté en agriculture

#### Méthode d'estimation des émissions de GES (NID) :

##### Emissions de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O

Voir les différentes sous-parties dédiées aux types de terres.

#### Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

##### Emissions de NO<sub>x</sub> et CO et autres substances

Voir les différentes sous-parties dédiées aux types de terres.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Terres Forestières (Forestland)

Cette section concerne les émissions/absorptions par les forêts gérées. Deux types de forêt sont distingués : les forêts établies depuis plus de 20 ans (forêts restant forêts) et les forêts issues d'un changement d'usage de la terre sur la période de 20 ans précédant l'année d'inventaire considérée (terres devenant forêts).

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4A
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.11.04 à 11.12.15, 11.31.01 à 11.31.16, 11.03.01 et 11.03.02
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

### Niveau de méthode :

Se référer à la section UTCATF-Général - Description du secteur.

### Références utilisées :

- [17] EMEP / CORINAIR Guidebook
- [66] EPA - AP42. Janvier 1995
- [92] CITEPA - PAJOT K., GABORIT G. FONTELLE J-P. - Estimation annuelle des émissions de COVNM des sources biotiques dans la basse atmosphère en France (modèle COBRA) - Mai 2003
- [188] AER – Facteurs d'émission pour certains polluants organiques persistants : PCB, HAP, HCB et PCP, octobre 2004 (rapport pour CITEPA, non publié)
- [189] UNFCCC – paragraphe 16 de l'annexe à la Décision 11CP7
- [200] MAP / SCEES – Publications annuelles Agreste « Récolte de bois et production de sciages »
- [201] INESTENE – Le bois énergie en France
- [202] IGN/IFN – Données spéciales d'après l'inventaire terrain
- [204] GICC 2001 – Gestion des impacts du changement climatique, rapport CARBOFOR, juin 2004

- [294] GUENTHER A-B - Seasonal and spatial variation in natural volatile organic compound emissions. Ecological Application, 1997, vol. 7, pp 34-45
- [297] PROMETHEE - Base de données sur les incendies en zone méditerranéenne sur [www.promethee.com](http://www.promethee.com)
- [298] Ministère de l'Agriculture (MAP), Dossier de presse « Prévention des incendies de forêt », [www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)
- [493] IFN/FCBA/SOLAGRO - Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, Novembre 2009
- [533] IGN – Communication personnelle, septembre 2012
- [534] ONF – Communication personnelle, septembre 2012
- [594] IGN - <http://inventaire-forestier.ign.fr/>
- [595] VALLET et al – Development of total aboveground volume equations for seven important forest tree species in France, 2006
- [596] ANDERSEN A. – Biomasse Normandie. Le chauffage domestique au bois – Approvisionnement et marchés. Réalisée pour l'ADEME, 1999
- [598] AFOCEL – CTBA – Communication personnelle
- [602] Jonard M., Caignet I., Ponette Q., Nicolas M., 2013 : Evolution du carbone des sols forestiers de France hexagonale – Détection et quantification à partir des données mesurées sur le réseau RENECOFOR, Rapport préliminaire du 29/04/2013, 31p. ONF – Université de Louvain
- [672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.
- [724] SDIS 974, Dispositif de lutte contre les feux de forêts à La Réunion Saison 2015. Présentation du dispositif de lutte contre les feux de forêts. Mercredi 7 octobre 2014
- [725] Feux de végétation - d'après l'état-major de la zone de défense de Guyane
- [726] Orientations Forestières du Département de Mayotte Préfigurant le Programme de la Forêt et du Bois du Département de Mayotte, 2015.
- [795] SIMPSON D. Inventorying emissions from nature in Europe. Journal of Geophysical Research. 1999
- [802] Clement and Tashiro (1991). Forest fires as a source of PCDD and PCDF. 11th International Symposium on Chlorinated dioxins and related compounds, 1991
- [328] Guitet S., Blanc L., Chave J., Gomis A., 2006. Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour la forêt guyanaise. Convention n° 59.02. G 18/05 du 19/12/2005 entre le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'Office National des Forêts – Direction régionale de Guyane. Rapport final, 81p.
- [994] Roux A., Dhôte J.-F. (Coordinateurs), Achat D., Bastick C., Colin A., Bailly A., Bastien J.-C., Berthelot A., Bréda N., Caurila S., Carnus J.-M., Gardiner B., Jactel H., Leban J.-M., Lobianco A., Loustau D., Meredieu C., Marçais B., Martel S., Moisy C., Pâques L., Picart-Deshors D., Rigolot E., Saint-André L., Schmitt B. (2017). Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, INRA et IGN, 101 p. + 230 p. (annexes).
- [1027] Jean-Christophe Hervé. "National Forest Inventories - Assessment of wood availability and use". In : sous la dir. de Claude Vidal et al. Springer, 2016. Chap. France, p. 385–404.
- [1028] Jean-Christophe Hervé et al. "L'inventaire des ressources forestières en France : un nouveau regard sur de nouvelles forêts". In : Revue Forestière Française LXVI.3 (2014), p. 247–260. doi : 10.4267/2042/56055
- [1205] DONNEE Surfaces potentiellement brûlées MODIS Quasi-Temps réel (MCD14DL) <https://geoportail.oeil.nc/geoportal/catalog/>



- [1270] Maaf, Ecofor, 2018. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises ultramarines de la Martinique / Guyane / Guadeloupe, édition 2015
- [1276] Mouillot et al., 2006. Global Carbon Emissions from biomass burning in 20th century. Geophysical Research Letters 33(1).
- [1350] Indicateurs de gestion durable des forêts française - IGN - Indicateur 4.5
- [1396] Données VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) - NASA S-NPP
- [1397] Évaluation du puits de carbone dans les sols forestiers français (Annexe T7.1.2 de l'étude Projection IGN FCBA 2024) - Augusto et al. 2024
- [1415] Note sur le stockage de carbone dans les forêts guyanaises. Géraldine Derroire. Juin 2025
- [1416] Cirad - Réseau de mesure Guyafor <https://dataverse.cirad.fr/dataverse/guyafor>
- [1417] Chave, Jérôme, Maxime Réjou-Méchain, Alberto Búrquez, Emmanuel Chidumayo, Matthew S. Colgan, Wellington B. C. Delitti, Alvaro Duque, et al. 2014. "Improved Allometric Models to Estimate the Aboveground Biomass of Tropical Trees." Global Change Biology
- [1418] MOKANY, KAREL, R. JOHN RAISON, and ANATOLY S. PROKUSHKIN. 2005. Critical Analysis of Root : shoot Ratios in Terrestrial Biomes. Global Change Biology 12 (1)

## Caractéristiques de la catégorie (uniquement pour le NID) :

### Définitions

#### Définition de « terres forestières » et sous-catégories

En application des accords de Marrakech de 2001 [189], la France retient, pour sa définition de la forêt, les valeurs minimales suivantes :

	Couverture du sol par les houppiers d'essences ligneuses	Superficie	Hauteur des arbres à maturité	Largeur
Seuil	10 %	0,5 ha	5 m	20 m

#### Formations incluses et exclues de la définition de « Forêt »

Une forêt peut être constituée soit de formations denses dont les divers étages arborés couvrent une forte proportion du sol, soit de formations claires. Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations composées d'essences ligneuses susceptibles d'atteindre 5 mètres de hauteur à maturité mais dont le houppier ne couvre pas encore 10% de la superficie sont classées dans la catégorie « Forêt », de même que les zones faisant normalement partie des terres forestières, temporairement déboisées par suite d'une intervention humaine ou de phénomènes naturels, mais qui devraient redevenir des forêts dans la limite de 5 ans suivant le déboisement.

Le terme « forêt » inclut les routes qui traversent les forêts, les pare-feux et les autres ouvertures de faible superficie, dont la largeur est inférieure à 20 m. Les haies brise-vent, les rideaux-abris arborés et les couloirs d'arbres ayant une superficie supérieure à 0,5 ha et une largeur de plus de 20 m sont également inclus dans la définition de forêt. En revanche, les peuplements d'arbres respectant les seuils définis mais dont l'affectation est majoritairement non-forestière (vergers, parcs urbains, jardins etc.) sont exclus de la catégorie « Forêt ».

Cette définition de la forêt est conforme à celle communiquée antérieurement à l'Organisation de l'ONU pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), dans le cadre notamment des enquêtes FRA 2005, FRA 2010, FRA 2015, FRA 2020.

Tableau 26 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Terres Forestières

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
2	Végétation naturelle et semi-naturelle	21	Forêt	210	Forêt indéfinie
				21ff	Forêt feuillus
				21fc	Forêt conifères
				21fm	Forêt mixte
				21fp	Peupleraies
				21mg	Mangroves

### Définitions de « Gestion forestière » et « Forêt gérée »

En France, l'ensemble du territoire est considéré géré quelle que soit la catégorie d'utilisation des terres (voir partie LULUCF générique).

Une forêt est gérée au sens de la CCNUCC lorsqu'elle fait l'objet d'opérations de gestion forestière visant à administrer ses fonctions écologiques, économiques et sociales. Le terme « opération de gestion forestière » recouvre les actions de coupes ou de travaux forestiers mais également les actions de planification forestière, d'accueil du public en forêt ou de protection des écosystèmes forestiers.

En application de cette définition, la totalité des surfaces forestières (France hexagonale et outre-mer) est considérée gérée. Certaines forêts sont peu ou pas exploitées d'un point de vue sylvicole, mais sont gérées, par exemple sous le régime des Parcs Naturels Nationaux.

### Définitions de « terres forestières restant terres forestières » et « terres devenant terres forestières »

La catégorie des terres forestières restant terres forestières est une catégorie utilisée pour le rapportage. Elle correspond, par convention, aux surfaces classées dans la catégorie « Forêt » l'année N et l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec). Dans les faits, cela inclut des terres qui ont pu changer d'usage et redevenir forêt.

La catégorie des terres devenant terres forestières correspond à l'ensemble des terres en Forêt l'année N mais dans une autre catégorie l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec).

### Approche et données

#### Approche générale

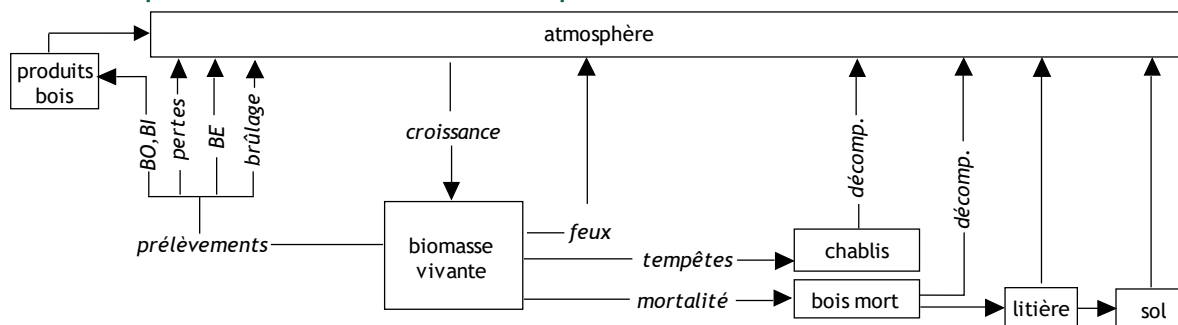
Les flux de carbone sont estimés en deux temps :

Dans un premier temps, la routine du modèle de variation de stock par maille estime, pour chaque année, et chaque compartiment les flux de carbone par variation de stock en fonction des changements d'usage (y compris entre sous-catégories d'une même catégorie Giec, par exemple entre feuillus et résineux). Ces flux concernent à la fois les terres forestières restant terres forestières et les terres devenant forêt.

Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée, d'autres flux de carbone sont ajoutés : flux complémentaires liés à la biomasse ligneuse type forêt (méthode gains-pertes). Ils sont appliqués aux terres forestières restant terres forestières.

En forêt, les estimations se font donc en partie avec une approche gains-pertes et en partie avec une approche par variation de stock à la maille.

Figure 2 : Schéma récapitulatif des flux et stocks de carbone pour la forêt



Parmi ces stocks et ces flux, certains sont connus directement (donnée d'entrée), d'autres sont estimés indirectement à partir de données d'entrée et d'hypothèses, et enfin certains ne sont pas estimés. La méthode des flux permet d'estimer directement les flux entre compartiments mais ne permettent pas de connaître l'état des stocks. La méthode de variation de stock permet d'estimer indirectement ces flux.

Pour rappel, le modèle de variation de stock à la maille est décrit à l'Annexe UTCATF\_suividerres.

## Approche en France hexagonale

### Méthodologie de l'inventaire forestier

Les données décrites dans cette partie sont relatives aux flux qui s'ajoutent dans un second temps aux résultats du modèle de variation par maille. Ce sont des flux de types gains-pertes appliqués à l'échelle de la région administrative (22 anciennes régions).

Les flux de carbone estimés pour la forêt sont en grande partie dérivés des travaux de l'IGN qui produit l'inventaire forestier de la France. Le protocole pour la production des résultats d'inventaire forestier de l'IGN est décrit en détail sur le site internet de l'IGN [594]. L'inventaire forestier repose sur un système d'échantillonnage systématique comportant annuellement environ 80 000 points d'inventaire.

Deux grandes étapes peuvent être distinguées : la photo-interprétation de tous ces points d'inventaire (classification par couverture et usage et estimation des surfaces) ; la visite de terrain sur une partie des points d'inventaire classés en forêt ou landes (estimation de plusieurs dizaines de caractéristiques qualitatives et quantitatives) (voir encadré ci-dessous).

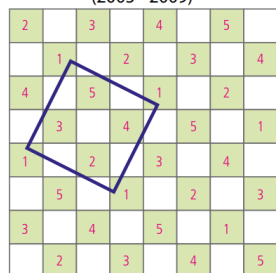
#### Méthodologie de l'IFN

« Depuis 2005, une méthode statistique par sondage systématique est appliquée annuellement sur l'ensemble du territoire métropolitain. L'avantage de cette méthode est d'être souple et de s'adapter facilement à de multiples découpages spatiaux et à de nombreuses thématiques. Elle permet de produire annuellement des résultats nationaux et régionaux précis par agrégation de données issues de cinq campagnes annuelles.

Chaque année, un échantillon représentatif de l'ensemble du territoire est visité. Il est cumulable avec les échantillons des années adjacentes pour produire des résultats plus précis fondés sur plusieurs échantillons annuels, selon le principe de la fenêtre glissante. Les résultats standards portent ainsi sur cinq années successives et fournissent des estimations pour l'année médiane de la fenêtre. L'inventaire forestier repose sur une grille à maille carrée de 1 km de côté, mise en place pour construire dix échantillons annuels différents. Cette grille décennale est séparée en deux sous-ensembles quinquennaux, dont les fractions annuelles sont juxtaposées : la fraction 1 du premier cycle quinquennal est juxtaposée à la fraction 1 du second cycle, etc.

Ainsi, une grille formée de cinq ensembles de mailles rectangulaires de 2 km<sup>2</sup> se dessine, ce qui permet une optimisation logistique entre les points « première visite » et les points « deuxième visite ». En effet, depuis 2010, le plan d'échantillonnage est composé de points revisités systématiquement cinq ans après le passage initial.

Fractions annuelles à l'intérieur du premier cycle quinquennal (2005 - 2009)



Toutes les mailles sont parcourues en 2 cycles appariés de 5 fractions annuelles chacun



Premier cycle quinquennal (2005 - 2009)  
Deuxième cycle quinquennal (2010 - 2014)

Chaque année, la première phase statistique de l'inventaire est la photo-interprétation ponctuelle. À partir de l'orthophotographie départementale de référence en infrarouge couleur (BD ORTHO®), des informations relatives à la couverture du sol, à son utilisation et à la taille des formations ligneuses sont notées sur des placettes de 25 mètres de rayon entourant les points d'inventaire. La photo-interprétation ponctuelle est composée de deux échantillons différents, pour un travail de photo-interprétation à réaliser de manière homogène :

un premier échantillon de points nouveaux, constitués de points photo-interprétés pour la première fois, et un deuxième échantillon de points re-photo-interprétés, constitué de points déjà photo-interprétés cinq ans auparavant. Ce sont désormais environ 100 000 points qui sont photo-interprétés chaque année. Les résultats de ce travail initial contribuent à une première estimation de la surface du territoire selon la couverture et l'utilisation du sol.

La seconde phase consiste à tirer un sous-échantillon parmi les points de la première phase : les couvertures boisées et les landes font l'objet d'un inventaire sur le terrain (soit environ 7 000 points visités chaque année), les couvertures agricoles et en improductif n'en font pas l'objet. Au cours des travaux de terrain, des observations et mesures portant sur le milieu et la végétation (arborée ou non) sont effectuées sur les placettes concentriques entourant le point. Cela permet de qualifier plusieurs dizaines de caractéristiques qualitatives et quantitatives, concernant le peuplement forestier, la végétation, les conditions stationnelles et les arbres (hauteur, diamètre, accroissement, âge, etc.). Des données sur le bois mort au sol sont également collectées, par inventaire des pièces de bois mort au sol qui intersectent le transect de 12 m de long centré sur la placette. L'espèce concernée, le diamètre de la pièce, ainsi que son état de décomposition sont relevés. De plus, un suivi des habitats forestiers est mis en place. Il s'appuie sur des clés régionalisées par domaine biogéographique ou grande région écologique et est basé sur des indicateurs écologiques et floristiques. Profitant de la proximité des mailles des échantillons n et n-5, depuis la campagne 2010, la visite des points d'un nouvel échantillon n permet un retour sur les points de l'échantillon n-5 (plus de 7 000 points par an). Depuis la campagne 2015, une grande majorité des informations sont ressaisies. Ce retour est destiné à estimer de manière précise et fiable les évolutions (flux) en forêt, comme l'accroissement des peuplements, la mortalité des arbres ou les prélèvements de bois. Les placettes initiales acquièrent ainsi un caractère « semi-permanent », puisqu'elles font l'objet d'une nouvelle mesure, cinq ans après leur mise en place. » [594, 1027, 1028]

Intégration des campagnes de l'IFN dans l'inventaire

Pour la France hexagonale, les données sur l'accroissement (croissance brute), la mortalité et les prélèvements issues des campagnes IFN sont fournies, en tonnes de carbone, avec le degré de détail suivant :

- pour la biomasse aérienne et racinaire ;
- par type de peuplement (purement feuillu, purement conifère, mixte, peupleraie) ;
- par interrégion (regroupement des 22 anciennes régions en 5 interrégions : Nord-Est, Centre-Est, Sud-Est, Sud-Ouest, Nord-Ouest), voir carte ci-dessous ;

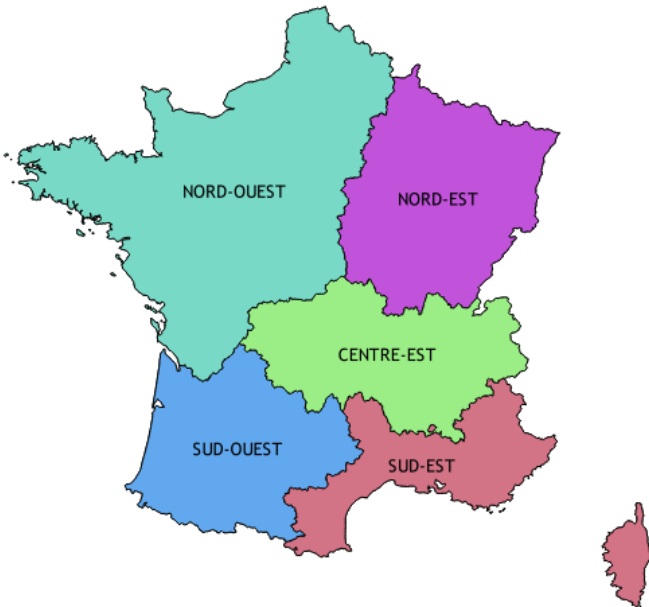


Figure 3 : Carte des interrégions IGN

- en distinguant les chablis des tempêtes exceptionnelles ;
- par campagne (les résultats de chaque campagne quinquennale sont affectés à l'année médiane, cf. tableau ci-dessous).

Tableau 27 : Campagnes de l'inventaire forestier national fournies par l'IGN utilisées dans l'inventaire UTCATF (France hexagonale)

Résultats fournis en...	Campagne IFN	Année médiane	Interpolation 1990-2007					Années renseignées par les campagnes IFN															Extrapolation		
			1990	1991	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	1990																								
2011	2005-2009	2007																							
2012	2006-2010	2008																							
2013	2007-2011	2009																							
2014	2008-2012	2010																							
2015	2009-2013	2011																							
2016	2010-2014	2012																							
2017	2011-2015	2013																							
2018	2012-2016	2014																							
2019	2013-2017	2015																							
2021	2014-2018	2016																							
2021	2015-2019	2017																							
2022	2016-2020	2018																							
2023	2017-2021	2019																							
2024	2018-2022	2020																							
2025	2019-2023	2021																							

Interpolation 1990-2007	Années renseignées par les campagnes IFN
-------------------------	--

Résultats fournis en...	Campagne IFN	Année médiane	1990	1991	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	1990																							
2011	2005-2009	2007																						
2012	2006-2010	2008																						
2013	2007-2011	2009																						
2014	2008-2012	2010																						
2015	2009-2013	2011																						
2016	2010-2014	2012																						
2017	2011-2015	2013																						
2018	2012-2016	2014																						
2019	2013-2017	2015																						
2021	2014-2018	2016																						
2021	2015-2019	2017																						
2022	2016-2020	2018																						
2023	2017-2021	2019																						

Il est important de souligner que les méthodes d'inventaire de l'IGN ont changé en 2005 de manière à pouvoir produire des résultats nationaux tous les ans, ce qui n'était pas le cas auparavant. Du fait de ces changements et de la nécessité d'avoir une information fiable et représentative, les résultats d'inventaire forestiers sont actuellement fournis sur des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.). La dernière campagne utilisée pour l'inventaire est celle de 2019-2023, relative à l'année médiane 2021. Les trois dernières années (2022 à 2024) sont issues d'extrapolations.

### Accroissement (ou production brute)

En France hexagonale, l'IGN fournit des estimations de la production brute au sein des forêts de production par type de peuplement et par interrégion. Le protocole de terrain de l'inventaire forestier de l'IGN pour estimer ce paramètre de production est décrit sur le site internet de l'IGN [594].

La production brute annuelle totale de la forêt est estimée en sommant la production des arbres recensables depuis 5 ans (accroissement en volume des 5 dernières années), le recrutement (volume des arbres recensables depuis moins de 5 ans) et la production sur la période précédant leur mort des arbres coupés ou morts durant les 5 dernières années. La production annuelle brute est donc basée sur une estimation de la production sur une période de 5 ans en raison du protocole de collecte des données de terrain. Cette approche se justifie également par la forte variabilité interannuelle de l'accroissement des arbres qui peut ainsi être lissée dans les inventaires d'émission.

La production brute des arbres est estimée à partir des mesures de terrain notamment la circonférence, la hauteur, et l'accroissement radial des arbres présents. L'échantillonnage étant systématique et non biaisé, ces mesures peuvent être extrapolées à l'ensemble de la forêt hexagonale. Pour les arbres recensables depuis 5 ans la production en volume (en m3 de bois fort tige IGN) est estimée par arbre grâce à l'équation suivante :

### Équation 3 (Forêts)

$$\text{Production} = V_t - V_{t-5} = V''_t \times (1 - V'_{t-5}/V'_t)$$

Avec :

Production	=	Volume de production brute sur 5 ans entre l'année t et l'année t-5
$V_t$	=	Volume de l'arbre l'année t
$V_{t-5}$	=	Volume de l'arbre l'année t-5
$V''_t$	=	Volume de l'arbre l'année t estimé par un tarif de cubage à 2 entrées (circonférence, hauteur)
$V'_t$	=	Volume de l'arbre l'année t estimé grâce un tarif de cubage à 1 entrée (circonférence)
$V'_{t-5}$	=	Volume de l'arbre l'année t-5 estimé grâce un tarif de cubage à 1 entrée (circonférence)

Les volumes  $V''_t$ ,  $V'_t$ ,  $V'_{t-5}$  (exprimés en bois fort tige IGN) sont estimés à partir de tarifs de cubage spécifiques développés par l'IGN (IGN, 2010) :

$V''_t$  est fonction de la circonférence à 1,30 m et de la hauteur de l'arbre l'année  $t$ .

$V'_t$  et  $V'_{t-5}$  sont estimés par des tarifs de cubage à une seule entrée qui est la circonférence l'année  $t-5$  (déduit de la mesure de l'accroissement radial).

Les tarifs de cubage à une entrée sont moins précis que ceux à deux entrées mais ils permettent de s'affranchir de la hauteur de l'arbre à  $t-5$  qui est inconnue. L'utilisation du ratio  $V_{1,t-5}/V_{1,t}$  permet d'atténuer le biais que représente l'usage de tarifs de cubage à une seule entrée.

#### Méthodologie de l'IFN : mesure de l'accroissement

« L'accroissement radial des cinq dernières années est mesuré sur tous les arbres vifs inventoriés de la placette. Pour ce faire, les agents de terrain utilisent une tarière de Pressler qui permet d'obtenir une carotte de bois prise à une hauteur de 1,30 m. Cette carotte est ensuite examinée et mesurée à la loupe pour disposer d'un accroissement radial en dixièmes de millimètres sur les cinq dernières années. Le cerne de l'année  $t$  n'est marqué qu'à la fin de la saison de

végétation, c'est-à-dire vers la fin de l'été ou le début de l'automne. La campagne d'inventaire de l'année  $t$  débute en novembre de l'année  $t-1$  à un moment où le cerne  $t-1$  est pleinement constitué. C'est celui-ci qui est mesuré, ainsi que les quatre précédents, tout au long de la campagne de l'année  $t$ . Le cerne mis en place l'année  $t$  n'est pas mesuré. Les mesures de l'année  $n$  concernent donc bien les années de croissance  $t-5$  à  $t-1$  exactement. » [594]

L'IGN produit des résultats de production brute en volume de bois fort tige IGN ce qui correspond à une unité traditionnellement utilisée dans les inventaires forestiers. Mais il fournit également ces résultats en biomasse totale et en carbone total grâce à l'utilisation de tarifs de cubage et de facteurs de conversion spécifiques. Pour les résultats de production en biomasse totale, l'équation UTCATF 6 est également utilisée en revanche le paramètre  $V''_t$  est exprimé en biomasse totale et est estimé grâce à des tarifs de cubage différents [595] de ceux utilisés pour estimer les volumes en bois fort tige (IGN, 2010). Les données de production fournies par l'IGN sur des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.). Ces données sont traitées par l'IGN pour correspondre aux années médianes 2007, 2008, 2009, etc. dans l'inventaire de GES. Certaines années médianes correspondent donc à des périodes incluant ou non les impacts de la tempête Klaus qui a eu lieu en 2009.

**Tableau 1 : Production brute annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007)**

	PUREMENT FEUILLU	MIXTE	PUREMENT CONIFERE	PEUPLERAIE	TOTAL
CENTRE-EST	4 120	1 370	2 707	73	8 270
NORD-EST	7 964	1 352	1 828	127	11 272
NORD-OUEST	7 719	716	1 177	383	9 996
SUD-EST	1 882	557	1 523	19	3 981
SUD-OUEST	4 480	553	2 827	133	7 993
<b>FRANCE</b>	<b>26 165</b>	<b>4 549</b>	<b>10 062</b>	<b>736</b>	<b>41 512</b>

L'intégralité des valeurs de production utilisées dans l'inventaire est disponible par région, par type de peuplement et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

Les données transmises par l'IGN issues du nouveau protocole de l'IFN concernent actuellement les années de 2007 à 2019 (en termes d'années médianes des campagnes). D'autres données issues des anciens inventaires forestiers, permettent d'estimer la production de l'année 1990. Enfin la production de la période 1990-2007 est estimée par interpolation des taux de croissance par hectare entre 1990 et 2007.

#### Mortalité

La mortalité annuelle correspond au volume des arbres qui sont morts durant l'année. Il s'agit donc du flux annuel de carbone entre le compartiment biomasse vivante et le compartiment bois mort. Il s'agit de la mortalité de fond, hors tempêtes exceptionnelles qui font l'objet d'un traitement particulier (voir plus bas). Ce flux est directement comptabilisé comme une émission vers l'atmosphère. En pratique l'IGN estime ce paramètre en mesurant les volumes des arbres morts depuis moins de cinq ans précédant la visite sur le terrain. La mortalité annuelle est estimée à partir des mesures de terrain notamment la circonférence et la hauteur des arbres morts présents. L'échantillonnage étant systématique et non biaisé, ces mesures peuvent être extrapolées à l'ensemble de la forêt hexagonale.

Dans le GIEC 2006, cette grandeur n'est pas clairement présentée elle est incluse dans le paramètre  $L_{\text{disturbances}}$  de l'équation 2.11 du GIEC 2006 [672] traitant des pertes de carbone des terres forestières.

L'IGN produit des résultats de mortalité en volume de bois fort tige IGN mais également en biomasse totale et en carbone total grâce à l'utilisation de tarifs de cubage (Vallet, 2006) et de facteurs de conversion spécifiques. Les données de mortalité fournies par l'IGN concernent des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.). Ces données sont traitées par l'IGN pour fournir une mortalité « de fond » hors tempête Klaus (la mortalité liée à la tempête Klaus est traitée de manière distincte cf. paragraphe sur les tempêtes). Les résultats obtenus pour ces périodes sont appliqués aux années médianes (2007, 2008, 2009, etc.) dans l'inventaire de GES. La mortalité est extrapolée sur toute la période depuis 1990 sur la base de la tendance estimée pour la production.

Les données utilisées étant des moyennes quinquennales assimilées à l'année médiane, il y a toujours un décalage entre la dernière année médiane consolidée disponible et la dernière année à estimer pour l'inventaire de GES. Pour les données de production brute et de mortalité les valeurs utilisées pour les trois dernières années sont donc temporaires (se référer au Tableau 28. L'extrapolation est réalisée en faisant la moyenne des 5 dernières campagnes (production brute) ou des 5 dernières valeurs annualisées (mortalité), afin de ne pas faire d'hypothèse forte sur les tendances. Pour les prélèvements, des données plus récentes sont en revanche disponibles (voir section suivante).

**Tableau 28 : Mortalité annuelle de biomasse totale aérienne et racinaire (ktC/an) détaillée par interrégion telle qu'elle est fournie par l'IGN (exemple pour l'année 2007)**

	PUREMENT FEUILLU	MIXTE	PUREMENT CONIFERE	PEUPLERAIE	TOTAL
CENTRE-EST	628	152	290	2	1 071
NORD-EST	372	76	78	5	531
NORD-OUEST	658	81	61	2	801
SUD-EST	360	116	257	0	732
SUD-OUEST	512	52	51	1	616
<b>FRANCE</b>	<b>2 529</b>	<b>478</b>	<b>735</b>	<b>10</b>	<b>3 752</b>

L'intégralité des valeurs de mortalité utilisées dans l'inventaire est disponible par région, par type de peuplement et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

### Prélèvements

Les prélèvements annuels de bois correspondent au volume des arbres qui sont récoltés durant l'année. Ils constituent des pertes de carbone pour les réservoirs de biomasse vivante. Dans le GIEC 2006, cette grandeur correspond aux paramètres  $L_{\text{fellings}}$  et  $L_{\text{fuelwood}}$  de l'équation 2.11 traitant des pertes de carbone des terres forestières.

### **Équation 4 (Forêts) (basée sur l'équation 2.11 du GIEC 2006 [672])**

$$\Delta CFF_L = L_{\text{wood-removals}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbances}}$$

Avec :

$\Delta CFF_L$	=	Perte annuelle de carbone due à la perte de biomasse dans les forêts restant forêts, t C/an
$L_{\text{wood-removals}}$	=	Perte annuelle de carbone due aux récoltes commerciales de bois, t C/an
$L_{\text{fuelwood}}$	=	Perte annuelle de carbone due aux récoltes de bois énergie, t C/an
$L_{\text{disturbances}}$	=	Pertes de carbone liées aux perturbations (pertes sans récolte), t C/an

Les prélèvements de bois sont actuellement déterminés en combinant deux sources :

- D'une part des données de prélèvement de bois sont produites de façon directe par l'IGN lors de son inventaire forestier national (source « directe »)
- D'autre part, le GIEC propose un modèle qui permet d'évaluer indirectement ces prélèvements, à partir des statistiques de ventes de bois d'œuvre et d'industrie (source « modèle »)

Ces deux sources, « directe » et « modèle », sont ensuite combinées pour évaluer le volume des prélèvements (cf. section sur les méthodes d'estimation des émissions pour plus de détails).

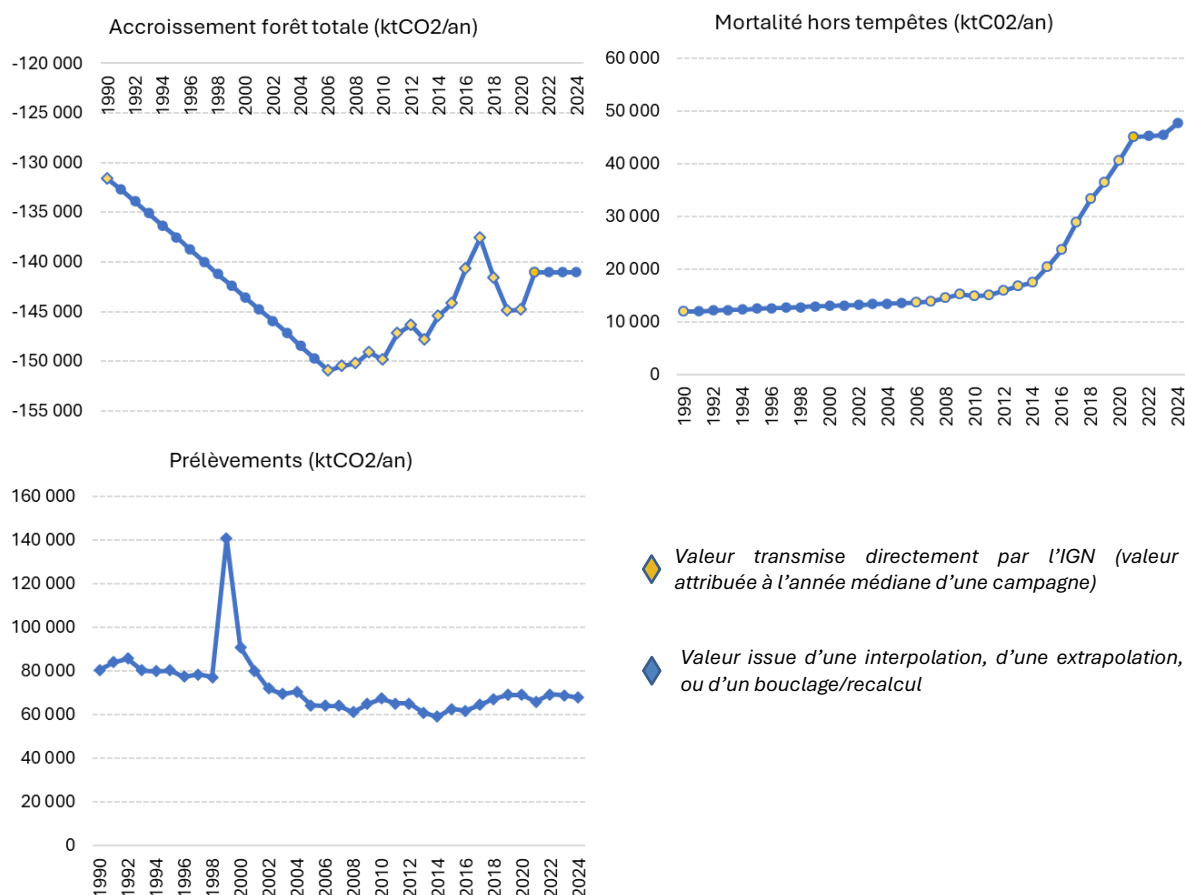
### Bilan forestier

**Tableau 29 : Paramètres et bilan pour la biomasse forestière totale en France hexagonale (ktC/an)**

	Accroissement	Mortalité	Prélèvements	Bilan
1990	35 895	-3 250	-21 974	10 671
1991	36 196	-3 275	-22 937	9 984
1992	36 514	-3 302	-23 428	9 784



	Accroissement	Mortalité	Prélèvements	Bilan
1993	36 848	-3 331	-21 912	11 605
1994	37 175	-3 361	-21 811	12 003
1995	37 505	-3 394	-21 898	12 213
1996	37 845	-3 425	-21 131	13 289
1997	38 180	-3 455	-21 437	13 288
1998	38 516	-3 484	-21 097	13 935
1999	38 830	-3 512	-38 406	-3 088
2000	39 166	-3 544	-24 815	10 807
2001	39 493	-3 574	-21 861	14 058
2002	39 802	-3 603	-19 664	16 535
2003	40 128	-3 631	-18 966	17 531
2004	40 492	-3 663	-19 227	17 602
2005	40 824	-3 692	-17 555	19 577
2006	41 160	-3 722	-17 485	19 953
2007	41 054	-3 768	-17 504	19 782
2008	40 966	-3965	-16 711	20 291
2009	40 677	-4 125	-17 713	18 839
2010	40 867	-4 042	-18 383	18 443
2011	40 156	-4 103	-17 750	18 303
2012	39 917	-4 340	-17 750	17 826
2013	40 324	-4 573	-16 659	19 092
2014	39 657	-4775	-16124	18 758
2015	39 325	-5556	-17065	16 704
2016	38 375	-6454	-16888	15 033
2017	37 524	-7851	-17614	12 059
2018	38 619	-9072	-18339	11 208
2019	39 528	-9929	-18836	10 763
2020	39 507	-11077	-18830	9 601
2021	38 462	-12283	-17975	8 204
2022	38 462	-12341	-18903	7 219
2023	38 462	-12399	-18780	7 283
2024	38 462	-13011	-18487	6 964



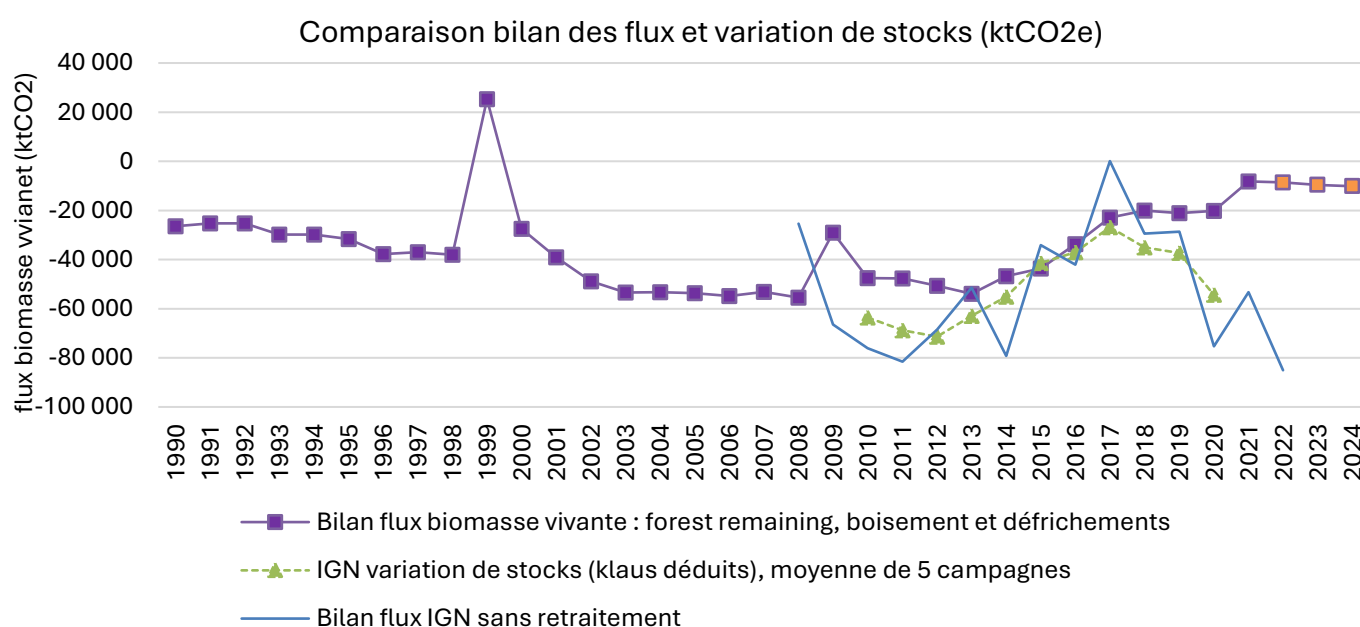
**Figure 4 : Evolution des trois composantes principales du puits forestiers : accroissement, mortalité et prélèvements en forêt totale (France hexagonale) (Source : voir détail parties précédentes)**

L'intégralité des valeurs du bilan est disponible par région et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx (valeurs converties en CO<sub>2</sub>e).

### Discussion

Une approche par variation de stock est appliquée pour avoir un contrôle de l'approche bilan des flux.

Pour cela, les stocks de carbone transmis par l'IGN sont utilisés pour les années 2007 à 2020. Ces stocks sont basés sur les campagnes NFI sur 5 ans, où toute la grille est visitée (la première période est 2005-2009, attribuée à 2007). L'équipe de l'inventaire forestier ne recommande pas d'utiliser une comparaison directe de ces valeurs pour les variations annuelles des stocks (courbe bleue de la figure ci-dessous). Une comparaison a donc été proposée à partir de moyennes de cinq campagnes de ces stocks (courbe verte). La courbe violette est l'approche Citepa bilan des flux (le périmètre pris en compte est la biomasse vivante en France hexagonale, avec Forêt totale plus défrichements, nécessaire pour une comparaison à une variation nette des stocks forestiers). On remarque une bonne cohérence mais avec un écart sur les années récentes.



Rappel : les 3 dernières années sont extrapolées dans l'approche Citepa bilan des flux (années non consolidées, affichées en jaune dans la figure ci-dessus)

**Figure 5 : Comparaison des méthodes par variation de stock et bilan des flux pour la biomasse forestière**

### Approche en Outre-Mer

En Outre-mer (zone UE), il n'existe pas de résultats similaires issus d'inventaires forestiers en raison de la faible exploitation forestière et du type de forêt. Des estimations ont donc été produites sur les accroissements forestiers dans les zones exploitées (bande littorale et concessions ONF), à l'aide de données spécifiques à la Guyane. Pour les zones non exploitées pour de la production de bois (principalement le Parc Amazonien de Guyane), une hypothèse de neutralité était appliquée jusqu'à l'édition 2025. En réponse à la Comprehensive Review LULUCF de 2025, une estimation a été proposée pour l'ensemble des forêts, perturbées ou non perturbées.

### Données

Pour la zone exploitée, les données de l'ONF (surface exploitée, taux de récolte) sont mobilisées, ainsi qu'un facteur d'accroissement fixé à 1tC/ha/an pour les terres ayant subi une exploitation sur la base de Guitet et al. (2006) [328] (valeur d'accroissement de la biomasse aérienne après récolte entre 1,5tMS/ha/an et 2tMS/ha/an).

Pour le reste de la Guyane, pour les terres ayant été boisées depuis moins de 20 ans, la valeur de 1tC/ha/an [328] est utilisée, en cohérence avec la valeur utilisée pour estimer l'accroissement pour les terres ayant subi une exploitation. Pour toutes les autres forêts (forêts exploitées depuis plus de 20 ans, boisées depuis plus de 20 ans, ou n'ayant jamais subi une exploitation), une hypothèse de neutralité était préalablement appliquée dans l'inventaire (avant l'édition 2026). L'existence d'une méthode Giec Tier 1 mobilisable et les éléments scientifiques concordants issus de la littérature indiquant la présence d'un puits de carbone ont mené à la décision d'intégrer une estimation de l'évolution de la biomasse pour toutes les forêts. Ces éléments, ainsi que les incertitudes associées sont discutées dans l'encadré ci-dessous.

Pour proposer cette estimation, diverses sources de données ont été étudiées. Les mesures issues du réseau de placettes Guyafor sont retenues [1416]. Sur ces parcelles, les arbres de diamètre à 1m30 supérieurs à 10 cm sont cartographiés, identifiés botaniquement et mesurés à une fréquence allant de 1 à 5 ans. Plus précisément, ce calcul ne mobilise que les parcelles n'ayant pas fait l'objet d'une expérimentation sylvicole, et qui sont donc considérées comme non perturbées. L'analyse a été conduite sur 602 quadrats de 0,25 ha répartis sur 12 sites. La durée du suivi de chacune des parcelles est comprise entre 4 et 40 ans (médiane 17 ans). L'analyse de ces données n'est pour l'instant pas publiée mais une note a été fournie par les experts du Cirad pour proposer une valeur d'accroissement net de la biomasse aérienne par hectare (G. Derroire 2025 [1415]). Les mesures de Paracou sont exclues car ce sont des forêts qui ont subi une gestion forestière. Le stock de carbone aérien a été calculé pour chacune en utilisant les équations allométriques de Chave et al. (2014) [1417]. Ceci donne une valeur de stockage de stockage annuel de carbone aérien moyen de 0,28tC/ha/an. Pour inclure la biomasse souterraine, un facteur d'expansion racinaire de 0,235 est utilisé (MOKANY, RAISON, and PROKUSHKIN 2005 [1418]), ce qui donne une estimation de 0,35 tC/ha/an de stockage de carbone dans la biomasse aérienne et racinaire. En l'absence d'étude sur le stockage dans la matière organique du sol, l'hypothèse de neutralité est maintenue pour ce compartiment.

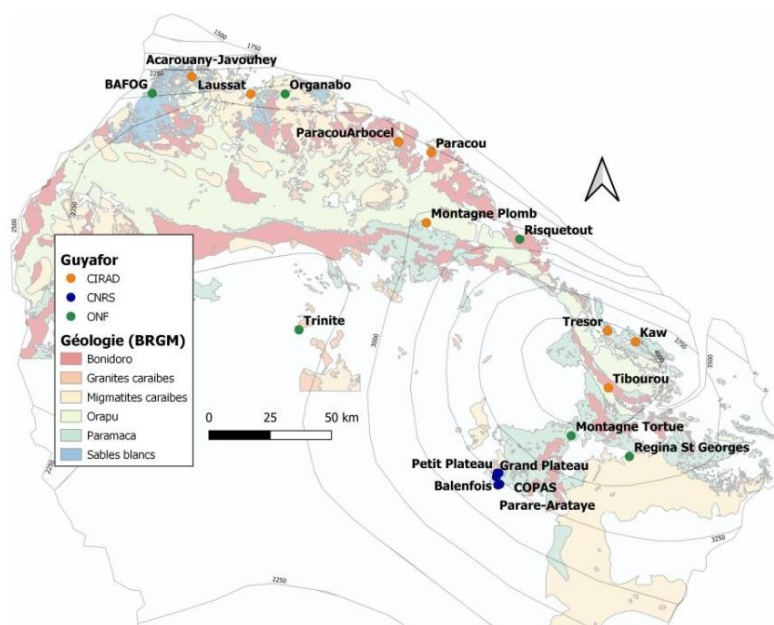


Figure 6 : Emplacement des placettes Guyafor [1416]

### Incertaines le rôle de puits de la forêt guyanaise

Le bilan carbone de l'écosystème forestier en Amazonie demeure incertain. Certaines études tendent à montrer que la forêt amazonienne en général jouerait un rôle de puits, d'autres alertent sur la dégradation de cet état et les points de rupture possible vers une source de CO<sub>2</sub>.

La prise en compte des phénomènes de surmortalité liée à la variabilité pluvio-climatique ainsi qu'à la dégradation forestière (au-delà de la déforestation) induit des estimations qui remettent parfois en question le rôle de puits de carbone de la forêt amazonienne. Au niveau mondial, à partir de mesures satellitaires couplées aux données de terrain, Baccini et al. (2017) concluent que les espaces forestiers tropicaux seraient une légère source, et non un puits. La croissance ne compenserait pas la déforestation ni la dégradation et perturbation (69% des

L'analyse des données forestières historiques montre que si l'Amazonie joue un rôle de puits de carbone, une tendance au déclin de cette accumulation est observée à long terme (Brienen et al., 2015). Le taux d'accroissement dans la biomasse aérienne a diminué de 2/3 entre les années 1990 et les années 2010. On observe un récent phénomène de stagnation (atteinte d'un plateau) dans la croissance, alors que la mortalité a continué d'augmenter.

Les forêts de Guyane n'ont pas forcément la même sensibilité aux hausses de mortalité que celles du reste de la région amazonienne. Cette sensibilité reste corrélée à la quantité de biomasse aérienne présente (Johnson, et al. 2016).

Le niveau de puits en Guyane, ainsi que les variations de ce puits (pour l'instant constant dans l'inventaire) font l'objet d'une

pertes). Attention on parle ici des forêts perturbées mais pas encore d'un passage en source de forêts non dégradées.

amélioration continue. Des produits et dispositifs satellites (ESA CCI Biomass, CTrees, WRI land&carbon, JRC forest observatory, données du projet RECCAP2...) sont à l'étude pour introduire une tendance dans ce stockage. Un inventaire forestier est à l'étude pour un déploiement en Guyane. L'ensemble de ces travaux sera mobilisé pour proposer au plus vite une évolution de ce stockage et réduire les incertitudes associées.

### Equations générales

#### Equation générale pour la variation de stock en forêt restant forêt ( $\Delta CFF$ )

La catégorie des forêts restant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis au moins 20 ans (période par défaut définie par le GIEC). Cette section vise l'estimation des variations de stock de carbone pour chacun des réservoirs de carbone identifié par le GIEC. Cette estimation est illustrée par l'équation suivante inspirée du GIEC 2006 [672].

#### Équation 5 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.3 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF = (\Delta CFF_{LB} + \Delta CFF_{DOM} + \Delta CFF_{Soils})$$

Avec :

$\Delta CFF$	=	Variation de stock annuelle dans l'ensemble des stocks de carbone des forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CFF_{LB}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CFF_{DOM}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse morte (bois mort et litière inclus) des forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CFF_{Soils}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la matière organique du sol des forêts restant forêts, t C/an

#### Equation générale pour la variation de stock en terres devenant forêt ( $\Delta CLF$ )

La catégorie des terres devenant forêts correspond à l'ensemble des terres en forêt depuis moins de 20 ans (période par défaut définie par le GIEC). Cette section vise l'estimation des variations de stock de carbone pour chacun des réservoirs de carbone identifié par le GIEC. Cette estimation est illustrée par l'équation suivante inspirée du GIEC 2006 [672].

#### Équation 6 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.3 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF = (\Delta CLF_{LB} + \Delta CLF_{DOM} + \Delta CLF_{Soils})$$

Avec :

$\Delta CLF$	=	Variation de stock annuelle dans l'ensemble des stocks de carbone des terres devenant forêts, t C/an
$\Delta CLF_{LB}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante (aérienne et souterraine) des terres devenant forêts, t C/an
$\Delta CLF_{DOM}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse morte des terres devenant forêts, tC/an ( $\Delta CLF_{DOM} = \Delta CLF_{DW} + \Delta CLF_{LT}$ soit bois mort + litière)
$\Delta CLF_{Soils}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la matière organique du sol des terres devenant forêts, t C/an

## Méthode générale d'estimation des émissions (pour NID en totalité ; pour IIR que « Feux de forêt » et « Brûlage sur site des résidus de récolte de bois ») :

### FORÊTS RESTANT FORÊTS

#### Biomasse vivante (terres forestières restant terres forestières)

##### Calcul de la variation de stock ( $\Delta CFF_{LB}$ )

### Rappel approche générale

Les flux de carbone sont estimés en deux temps :

- Dans un premier temps, la routine du modèle de variation de stock par maille estime, pour chaque année, et chaque type de biomasse les flux de carbone par variation de stock en fonction des changements d'usage entre sous-catégories (par exemple entre feuillus et résineux). Les stocks et flux associés sont décrits à l'annexe UTCATF\_suivides terres.
- Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée (interrégion IFN), d'autres flux de carbone sont ajoutés : flux complémentaires liés à la biomasse ligneuse type forêt (méthode gains-pertes). Ils concernent la biomasse vivante type forêt.

Dans cette partie seront décrits les flux relatifs au second point. Ce sont des flux relatifs à l'accroissement, la mortalité, les prélèvements forestiers et certains événements exceptionnels comme les tempêtes ou les feux de forêts (cf. la partie qui précède *Caractéristiques de la catégorie*).

Les éléments suivants vont décrire les évolutions impactant la biomasse de type forêt. Pour les autres types de biomasse, une simple application du modèle de variation de stock à la maille est réalisée.

### Équation 7 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.4 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_{LB} = \Delta CFF_{\text{modele}} + (\Delta CFF_G - \Delta CFF_L)$$

Avec :

$\Delta CFF_{LB}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante type forêt (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CFF_{\text{modele}}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante type forêt (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C / an, issue du modèle de variation de stock à la maille
$\Delta CFF_G$	=	Gains annuels en carbone de la biomasse vivante type forêt, hors modèle, t C/an
$\Delta CFF_L$	=	Pertes annuelles en carbone de la biomasse vivante, hors modèle, t C/an

### Calcul des gains ( $\Delta CFF_G$ )

Pour estimer l'accroissement des arbres ; en forêts restant forêts, le GIEC propose la méthode suivante.

### Équation 8 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.9 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CFF_G = \sum_{ij} (A_{FF_{ij}} \times GTOTAL_{FF_{ij}}) \times CF$$

Avec :

$\Delta CFF_G$	=	Accroissement annuel en carbone dans les forêts restant forêts, t C/an
$A_{FF_{ij}}$	=	Surfaces de forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), ha
$GTOTAL_{FF_{ij}}$	=	Accroissement moyen annuel en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Cette équation est appliquée dans l'inventaire français avec n = 4 types de peuplement (feuillus, résineux, mixtes et peupliers) et m = 5 régions climatiques (Nord-Ouest, Nord-Est, Centre-Est, Sud-Ouest, Sud-Est). Les accroissements pour les deux sous-catégories de forêt de l'inventaire : les terres devenant forêt et les forêts restant forêt ne sont pas disponibles annuellement. Seul l'accroissement total de la forêt est disponible.

L'accroissement des boisements est calculé grâce au modèle de variation de stock par maille (voir partie terres devenant forêt). Un volume de production brute par région est donc estimé par le modèle de boisement (terres devenant forêts). Puis, le solde de l'accroissement IGN par interrégion est déduit et appliqué en forêt restant forêt. Cela permet de conserver une cohérence avec les données fournies par l'IGN pour l'accroissement total en France hexagonale. La production à ajouter en forêt restant forêt est ramenée à l'hectare pour garder l'esprit de l'équation 11.

L'accroissement de ces deux sous-catégories est estimé à partir de l'accroissement total de la forêt et d'un ratio de répartition tel que défini dans l'équation suivante.

### Équation 9 (Forêts)

$$P_{FFij} = P_{TOTALij} - P_{FFij\_modele} - P_{LFij\_modele}$$

Avec :

$P_{FFij}$	=	Production brute normalisée moyenne annuelle sur les forêts restant forêt, par type de forêt ( $i = 1$ to $n$ ) et par zone climatique ( $j = 1$ to $m$ ), tC/an
$P_{TOTALij}$	=	Production brute sur les forêts totales, tC/an, (issu des campagnes IGN)
$P_{FFij\_modele}$	=	Production brute sur les forêts restant forêts, tC/an (issu du modèle de variation de stock de carbone par maille)
$P_{LFij\_modele}$	=	Production brute sur les terres devenant forêts, tC/an (issu du modèle de variation de stock de carbone par maille)

### Calcul des pertes ( $\Delta CFF_L$ )

Pour les pertes de carbone de biomasse vivante en forêt restant forêt l'équation suivante est utilisée.

#### Équation 10 (Forêts)

$$\Delta CFF_L = \sum_{ij} (P_{FFij} + Mortalité_{FFij}) \times CF$$

Avec :

$\Delta CFF_L$	=	Pertes totales
$P_{FFij}$	=	Prélèvements de bois (bois matériau et bois énergie)
$Mortalité_{FFij}$	=	Mortalité moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt ( $i = 1$ to $n$ ) et par zone climatique ( $j = 1$ to $m$ ), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Aucune perte n'est calculée par le modèle de variation de stock à la maille en forêt restant forêt (les flux de pertes sont calibrés à zéro pour la biomasse de type forêt). Ils proviennent exclusivement d'estimations externes.

### Calcul des prélèvements de bois des forêts restant forêts ( $P_{FFij}$ ) - France hexagonale

Dans l'inventaire français, il est considéré que tous les prélèvements ont lieu sur les forêts restant forêt, les prélèvements de bois ne sont donc pas répartis entre forêts restant forêts et terres devenant forêts.

### Méthode « directe » de mesure des prélèvements par l'IGN

Les prélèvements sont estimés dans un premier temps avec une donnée issue de l'IGN : l'estimation des « prélèvements directs » en forêt [202], disponibles en volume (bois fort tige IGN), en biomasse totale et en carbone total (grâce à l'utilisation de tarifs de cubage (Vallet, 2006) et de facteurs de conversion spécifiques), et sur des périodes de 5 ans.

#### Méthodologie de l'IFN : mesure des prélèvements

« Pour estimer les prélèvements, l'IGN revient sur toutes les placettes « forêt » et « peupleraie » inventoriées cinq ans auparavant et sur lesquelles des arbres vivants avaient été observés. Le choix du pas de temps de cinq ans correspond à la période d'évaluation des autres flux (croissance des arbres et mortalité). [...] Sur les points où au moins un prélèvement de moins de 5 ans est signalé, chaque arbre qui était vivant et inventorié au passage précédent est noté comme coupé ou non. Un arbre est noté « coupé », que la grume soit vidangée ou non et que la souche soit déracinée ou non. » [594]

Cette donnée n'est disponible que depuis la mise à jour méthodologique de l'IFN de 2005, et donc est disponible pour des périodes de 5 ans (2005-2009, 2006-2010, 2007-2011, etc.). Elle comptabilise les arbres prélevés en forêt entre deux campagnes d'inventaire forestiers et permet d'évaluer, avec une incertitude faible, les volumes de bois récoltés en forêt.

Ces données de prélèvement de l'IGN concernent l'ensemble des prélèvements, c'est-à-dire à la fois les prélèvements liés aux récoltes en forêts restant forêt, les volumes des forêts défrichées, ou encore une part des pertes en forêt lors des incendies.

#### Équation 11 (Forêts)

$$P_{Foret\_IGN} = P_{Total\_IGN} - P_{Défrichement\_IGN}$$

Avec :

P_Foret_IGN	=	Prélèvement dans les forêts, t C/an
P_Total_IGN	=	Prélèvement dans les forêts et sur les terres défrichées selon l'IGN, t C/an
P_Défrichement_IGN	=	Prélèvement sur les terres défrichées selon l'IGN, t C/an

Ce niveau général de prélèvement (P\_Foret\_IGN) est utilisé en complément de données statistiques sur les récoltes de bois, obtenues via la méthode « modèle » (§ 2.3.3.1.2). En effet, cette donnée IGN sert uniquement, comme donnée de « calage », à fixer le niveau général de prélèvement pour toutes les années disponibles depuis 2005, pour chacune des 5 interrégions (§2.2.2.2). Ce niveau général est calculé avec une moyenne pondérée, en prenant en compte le fait que les années centrales participent au calcul de plusieurs périodes quinquennales et donc « pèsent » davantage que les années extrêmes. Ces données ne sont pas encore utilisées pour estimer la tendance des prélèvements en forêt ni pour estimer le type de forêt dans lequel ont lieu les prélèvements.

#### Méthode « modèle » - approche générale

En second temps, le niveau de prélèvement annuel est estimé à partir de différentes statistiques de vente de bois d'œuvre et de consommation de bois énergie, via un modèle qui permet d'estimer la récolte de bois et sa destination. Cette approche « modèle » est ensuite recalée sur le niveau général de prélèvement mesuré en forêt via la méthode « directe » (§ 2.3.2.3.1.2). L'approche modèle est toujours nécessaire car elle permet d'estimer les prélèvements depuis 1990 et appréhender le devenir du bois prélevé (savoir s'il est récolté, brûlé sur site, laissé en décomposition), la méthode directe servant de valeur de référence pour les années les plus récentes. Les prélèvements de bois en forêt rapportés dans l'inventaire UTCATF sont donc cohérents avec les résultats de l'IGN obtenus par la méthode « directe », mais il est nécessaire de conserver la méthode « modèle » pour avoir un ensemble cohérent sur l'ensemble de la période inventaire et des données adaptées au rapportage dans les inventaires d'émissions. La méthode « modèle » correspond à la méthode GIEC d'estimation des prélèvements.

#### Équation 12 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.12 du GIEC 2006 [672])

$$L_{\text{wood-removals}} = H \times D \times BEF_R \times (1+R) \times CF$$

Avec :

$L_{\text{wood-removals}}$	=	Perte annuelle de carbone due aux récoltes de bois commercial, tC/an
H	=	Volume de bois commercial récolté annuellement, m <sup>3</sup> /an
D	=	Densité du bois, t MS/m <sup>3</sup>
$BEF_R$	=	Facteur d'expansion applicable aux volumes récoltés, sans unité
R	=	ratio racinaire/aérien, sans unité
$f_{BL}$	=	fraction laissée en décomposition
CF	=	Fraction en carbone de la matière sèche, t C/t MS

#### Équation 13 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.13 du GIEC 2006 [672])

$$L_{\text{fuelwood}} = FG \times D \times BEF_R \times (1+R) \times CF$$

Avec :

$L_{\text{fuelwood}}$	=	Perte annuelle de carbone due aux récoltes de bois énergie, t C/an
FG	=	Volume de bois énergie récolté annuellement, m <sup>3</sup> /an
D	=	Densité du bois, t MS/m <sup>3</sup>
$BEF_R$	=	Facteur d'expansion applicable aux volumes récoltés, sans unité
R	=	ratio racine/aérien, sans unité
CF	=	Fraction en carbone de la matière sèche, t C/t MS

La méthode « modèle » est basée sur l'estimation de deux valeurs : les récoltes commerciales (bois d'œuvre et d'industrie principalement) et les récoltes non commerciales (bois de feu principalement).

#### Méthode « modèle » - Récoltes commerciales – Bois d'œuvre et d'industrie



Les récoltes commerciales sont issues des statistiques de ventes de bois d'œuvre et d'industrie. En France hexagonale, l'enquête annuelle de branche sur « exploitation forestière et scierie » du SSP (EAB) fournit les volumes de récoltes commerciales de bois à l'échelle régionale [200].

#### *Méthode « modèle » - Récoltes non commerciales – Bois énergie*

Il s'agit essentiellement de prélèvement pour le bois de feu, (soit une partie du prélèvement de bois énergie), qui doit spécifiquement être estimée, bien que l'évaluation des volumes transitant par cette filière soit difficile en raison de la nature diffuse de l'activité.

#### *Utilisation du bilan de l'énergie*

L'utilisation de bilans de consommation de biomasse à des fins énergétiques (résidentiel, tertiaire, chauffage urbain, industrie, etc.) permet de disposer d'une estimation réaliste des volumes prélevés. Ainsi, la consommation globale de bois énergie est fournie par le SDES [1] mais cette donnée doit être adaptée pour estimer la récolte de bois énergie sur les terres forestières.

#### *Retranchement du bois énergie provenant de produits bois recyclés*

Tout d'abord une partie du bois utilisé comme bois de feu provient d'une seconde vie d'un bois commercial (par exemple, brûlage d'une table en bois), une estimation du taux de recyclage des produits bois est donc prise en compte afin de ne pas effectuer de double comptage. Ce taux est estimé à 5% du bois énergie consommé dans le résidentiel sur la base d'une étude réalisée en 2000 pour l'Ademe [596].

#### *Distinction entre bois de feu provenant de forêt et d'autres origines*

L'étude Andersen (1999) [596] estime également que 70% du bois de feu consommé par les ménages est issu de forêt, les 25% restant représentant un prélèvement sur une autre ressource (agriculture, etc.). Combinées avec des résultats de l'INESTENE [201], il a été possible de ventiler les quantités en fonction de leur provenance (forêts, bosquets ou haies, vergers et vignes) par région [493].

#### *Retranchement du bois énergie consommé en industrie provenant de produits connexes de scieries*

Ensuite, dans le bilan de l'énergie, pour le bois-énergie consommé dans l'industrie, on distingue :

une part, majoritaire, correspondant à des produits connexes de scieries (écorces, sciures, copeaux, plaquettes de scierie...). On considère que la totalité du bois énergie consommé en industrie provient de cette source. Ce bois n'est donc pas décompté de la récolte en forêt pour éviter un double compte.

une part correspondant à un prélèvement de bois en forêt, qui correspond à un surplus de consommation de bois énergie en industrie de l'énergie observée depuis 2007. Seules les industries de l'énergie dont l'énergie est la production principale sont prises en compte. Les industries dites « auto productrices » sont supposées liées à l'industrie du bois et ne participent pas à un surplus de prélèvement sur la ressource (ces dernières sont traitées comme les autres industries).

#### *Correction de l'effet de décalage entre récolte et consommation de bois de feu*

Enfin il existe un décalage entre la consommation de bois dans le résidentiel et sa récolte en forêt. En moyenne on considère que le bois énergie est conservé entre 2 et 3 ans.

---

#### **Méthode (non appliquée) d'estimation de la récolte de bois prenant en compte ce décalage**

La récolte de bois de feu d'une année  $i$  pourrait être estimée en fonction de la consommation de bois de feu des années suivantes, selon l'équation ci-après :

##### **Équation 14 (Forêts)**

$$\text{Récolte\_BE}(i) = (\text{Frac}_1 \times \text{Conso\_BE}(i+2) + \text{Frac}_2 \times \text{Conso\_BE}(i+3)) \times \text{FCV}$$

Avec :

$\text{Récolte\_BE}(i)$  = Récolte de bois énergie l'année  $i$ , m<sup>3</sup>

$\text{Frac}_1$  = Part de la consommation de l'année  $i+2$  correspondant à du bois récolté l'année  $i$

$\text{Frac}_2$  = Part de la consommation de l'année  $i+3$  correspondant à du bois récolté l'année  $i$

$\text{Conso\_BE}(i+2)$  = consommation de bois énergie de l'année  $i+2$ , tep

$\text{Conso\_BE}(i+3)$  = consommation de bois énergie de l'année  $i+3$ , tep  
FCV = Facteur de conversion en volume, m<sup>3</sup>/tep

Malheureusement, Il n'est pas possible aux exploitants forestiers de prévoir quelle sera la consommation de bois énergie dans les années futures  $i+2$  ou  $i+3$ , cette méthode ne permet donc pas d'estimer la récolte de bois énergie de manière fiable. Par conséquent, une autre approche a été privilégiée.

---

Il a été supposé que les exploitants forestiers constituent des stocks. Il a ainsi été estimé que la récolte annuelle de bois énergie pouvait être approchée en moyennant les trois dernières années de consommation de bois énergie.

#### Équation 15 (Forêts)

$$\text{Récolte\_BE}_{(i)} = (\text{Conso\_BE}_{(i)} + \text{Conso\_BE}_{(i-1)} + \text{Conso\_BE}_{(i-2)}) / 3 \times \text{FCV}$$

Avec :

Récolte_BE <sub>(i)</sub>	=	Récolte de bois énergie l'année i
Conso_BE <sub>(i)</sub>	=	consommation de bois énergie de l'année i
Conso_BE <sub>(i-1)</sub>	=	consommation de bois énergie de l'année i-1
FCV	=	Facteur de conversion en volume, m <sup>3</sup> /tep

Dans l'inventaire actuel, le facteur de conversion en volume (FCV) est estimé à 4,5 m<sup>3</sup>/tep sur la base des estimations suivantes pour le bois énergie : 18GJ/t et 0.147 tep/stère et un facteur de densité moyen de 0.51 t/m<sup>3</sup> obtenu à partir de CARBOFOR [204]. Pour l'industrie la consommation de bois est supposée essentiellement composée de sous-produits de l'industrie du bois (déjà pris en compte dans les récoltes de bois (grumes et industrie) sauf sur les années récentes pour lesquelles le développement du bois énergie génère un prélèvement additionnel sur la ressource.

Les récoltes de bois d'œuvre et le bois énergie ne sont pas indépendantes (une partie des arbres coupés pour produire du bois d'œuvre ou d'industrie part en bois énergie).

Les statistiques de récolte de bois ne différencient pas les récoltes de bois issues de terres forestières ou de terres défrichées.

Les statistiques de consommation de bois énergie ne distinguent pas la source du bois énergie consommé.

**Tableau 30 : Récoltes de bois matériau et bois énergie en France hexagonale depuis 1990 fournies par le SSP [200] et le bilan de l'énergie [1]**

rapportageUTCATF.xls / OMINEA							
ANNEE	BOIS D'OEUVRE (feuillus) (1000 m <sup>3</sup> ) [200]	BOIS D'OEUVRE (résineux) (1000 m <sup>3</sup> ) [200]	BOIS D'INDUSTRIE (feuillus) (1000 m <sup>3</sup> ) [200]	BOIS D'INDUSTRIE (résineux) (1000 m <sup>3</sup> ) [200]	BOIS CHAUFFAGE SSP (1000 m <sup>3</sup> ) [200]	BOIS ENERGIE total en forêt SDES (1000 m <sup>3</sup> ) [1]*	BOIS ENERGIE hors forêt SDES (1000 m <sup>3</sup> ) [1]*
1990	10 156	15 260	5 194	5 808	2 541	25 397	8 630
1991	9 724	14 077	5 435	6 283	2 702	27 402	4 345
1992	9 043	13 340	5 459	6 513	2 737	28 991	4 191
1993	8 033	12 509	4 732	5 901	2 755	29 808	3 753
1994	8 131	13 767	5 479	6 876	2 588	27 918	4 096
1995	8 290	14 374	5 523	7 271	2 471	26 431	4 234
1996	7 771	13 649	4 820	6 130	2 644	26 043	3 860
1997	7 845	14 245	5 342	6 495	2 770	25 830	4 053
1998	7 863	15 107	5 228	6 342	2 809	25 434	4 107
1999	7 952	15 240	5 366	6 503	2 771	23 893	4 182
2000	9 598	22 619	5 342	8 561	2 388	23 348	5 223
2001	7 642	18 952	4 788	8 477	2 359	22 323	4 504
2002	6 002	16 631	4 913	7 146	2 713	21 486	3 953
2003	5 719	15 120	5 142	6 283	2 287	21 524	3 741
2004	5 671	15 240	5 355	6 826	2 358	21 501	3 822
2005	5 858	14 741	5 375	6 799	3 547	22 094	3 811
2006	5 854	15 633	5 164	6 820	4 030	21 645	3 841
2007	6 343	16 427	5 315	6 870	3 754	22 478	4 022
2008	6 086	15 048	4 983	6 384	4 029	22 423	3 772
2009	5 228	17 265	4 113	8 235	5 516	23 624	3 862
2010	5 121	15 922	4 386	9 819	6 712	24 867	3 893
2011	5 505	15 492	4 481	8 142	8 488	24 628	3 767
2012	4 978	13 239	4 643	6 693	7 847	25 142	3 386
2013	4 862	13 673	4 255	6 148	9 902	24 055	3 281

rapportageUTCATF.xls /OMINEA

ANNEE	BOIS D'OEUVRE (feuillus) (1000 m³) [200]	BOIS D'OEUVRE (résineux) (1000 m³) [200]	BOIS D'INDUSTRIE (feuillus) (1000 m³) [200]	BOIS D'INDUSTRIE (résineux) (1000 m³) [200]	BOIS CHAUFFAGE SSP (1000 m³) [200]	BOIS ENERGIE total en forêt SDES (1000 m³) [1]*	BOIS ENERGIE hors forêt SDES (1000 m³) [1]*
2014	5 209	14 136	4 722	6 400	9 959	25 022	3 479
2015	5 145	13 673	4 717	6 025	11 307	25 192	3 396
2016	5 392	13 698	4 615	5 945	11 931	27 105	3 411
2017	5 304	14 127	4 584	5 958	12 814	28 571	3 429
2018	5 443	14 599	4 614	5 726	13 147	29 672	3 472
2019	5 313	14 245	4 420	6 112	8 061	29 256	3 418
2020	4 751	13 712	4 104	5 918	8 135	28 677	3 192
2021	5 015	15 838	4 037	6 088	9 389	29 220	3 409
2022	5 294	14 691	4 233	6 078	9 602	29 127	3 405
2023	4 813	13 698	4 025	6 239	10 365	29 710	3 227
2024	4 485	13 813	3 652	6 394	9 740	28 467	3 132

\*Les données du bilan de l'énergie (SDES) intègrent les consommations du résidentiel du tertiaire, de l'agriculture, des industries de l'énergie dites de production principale. Les consommations de l'industrie et des industries de l'énergie dites « auto productrices » en sont exclues.

Les prélèvements sont estimés par la méthode « modèle » avec les équations suivantes.

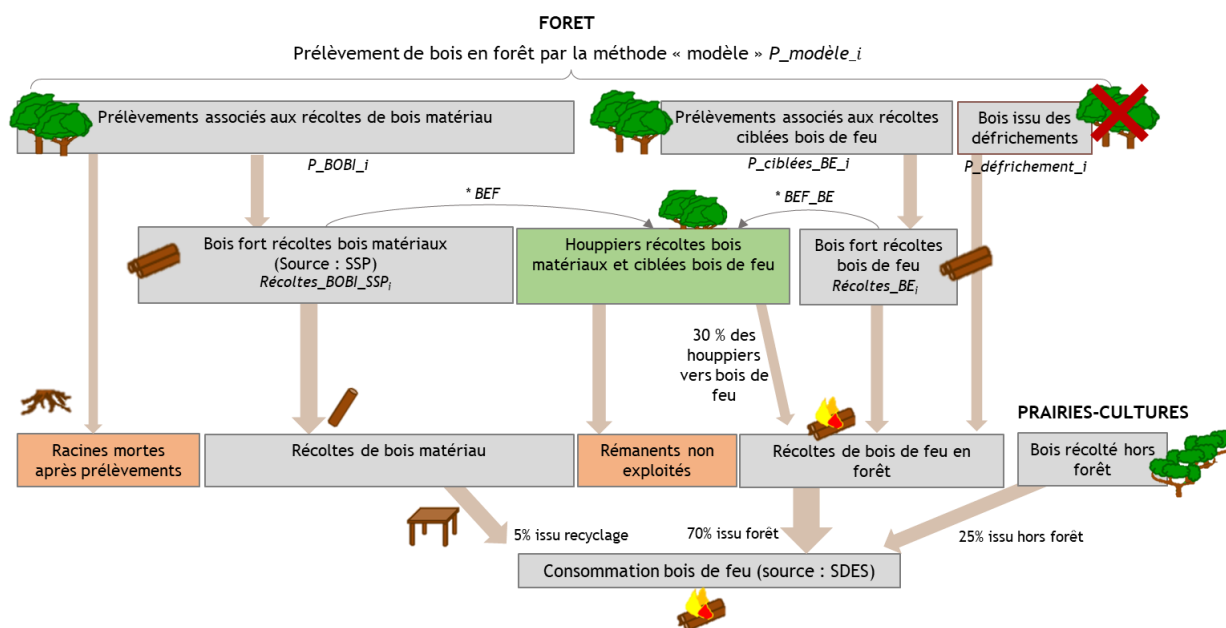
### Équation 16 (Forêts)

$$P_{modele_i} = P_{BOBI_i} + P_{cibléesBE_i} + P_{défrichements_i}$$

avec  $P_{BOBI_i} = \text{Récoltes}_{BOBI_{SSPi}} * BEF$  et  $P_{cibléesBE_i} = \text{Récoltes}_{cibléesBE_i} * BEF_{BE}$   
et  $P_{cibléesBE_i} = \text{Conso}_{BE} * \%forêt - P_{défrichements_i} - P_{BOBI_i} * BEF * \%houppier_{valorisé}$

Avec :

$P_{modele_i}$	= Prélèvement de bois en forêt l'année i estimé par la méthode « modèle » (m3)
$P_{BOBI_i}$	= Prélèvement associés aux récoltes de bois matériau en forêt l'année i estimé par la méthode « modèle » (m3)
$P_{cibléesBE_i}$	= Prélèvement associées aux récoltes ciblées bois énergie en forêt l'année i estimé par la méthode « modèle » (m3)
$P_{défrichement_i}$	= Prélèvement de bois estimé pour l'année i sur les terres défrichées par le modèle de variation de stock à la maille
$\text{Récoltes}_{BOBI_{SSPi}}$	= Récolte commerciale de bois matériau estimée par le SSP pour l'année i (m3 bois fort)
BEF	= Facteur d'expansion de biomasse applicable aux récoltes de bois matériau
$\text{Récolte}_{BE(i)}$	= Récolte ciblée bois énergie en forêt estimée pour l'année i (m3 bois fort)
$\%forêt$	= Part du bois énergie récolté en forêt
$\%houppier_{valorisé}$	= Part des houppiers exploités pour du bois énergie
$BEF_{BE}$	= Facteur d'expansion de biomasse applicable aux récoltes de bois énergie
$\text{Conso}_{BE}$	= Consommation de bois énergie issue du bilan de l'énergie du SDES (m3)



**Figure 7: Représentation schématique de la méthode (dite « modèle ») d'estimation des émissions liées aux récoltes de bois)**

#### Méthode « modèle » - facteurs d'expansion et de conversion du bois

Pour les résultats produits par l'IGN, les volumes de biomasse totale sont obtenus par des tarifs de cubage [595] à savoir des équations qui peuvent s'appliquer aux caractéristiques de chaque arbre (espèce, circonférence, hauteur). Dans la méthode « modèle » il n'est pas possible d'utiliser ces tarifs de cubage, le GIEC propose donc l'utilisation de facteurs d'expansion de biomasse (BEF). Malheureusement ces BEF sont très difficiles à appliquer en dehors de leur propre périmètre d'étude. Pour cette raison, dans la méthode « modèle » les BEF utilisés sont des BEF spécifiques à la forêt française calculés à partir de la ressource sur pied et des tarifs de cubage utilisés par l'IGN. Les facteurs actuellement utilisés dans l'inventaire sont fournis par l'IGN, ils sont très proches des résultats disponibles dans le rapport CARBOFOR [204].

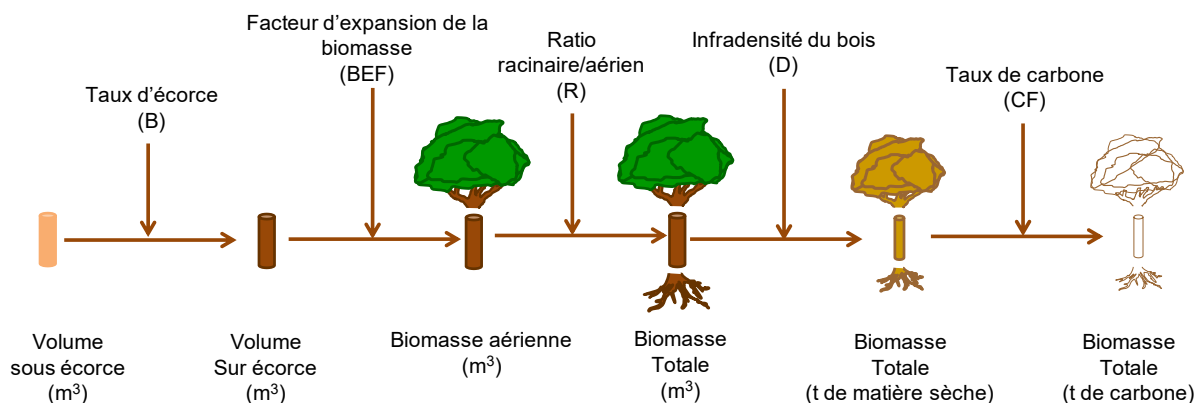
**Tableau 31 : Facteurs d'expansion utilisés pour les prélèvements de bois matériau**

	Purement feuillu	Mixte	Purement conifère	Peupleraie
CENTRE-EST	1,65	1,45	1,27	1,42
NORD-EST	1,56	1,47	1,25	1,42
NORD-OUEST	1,59	1,53	1,30	1,42
SUD-EST	1,94	1,62	1,39	1,42
SUD-OUEST	1,66	1,52	1,31	1,42
<b>FRANCE</b>	<b>1,63</b>	<b>1,50</b>	<b>1,30</b>	1,42

Pour les facteurs d'expansion souterraine, plusieurs classes sont également distinguées. Les valeurs de 1,28 et 1,30 ont respectivement été retenues pour les peuplements de feuillus et de conifères [204].

Dans le cas des forêts mixtes et du bois de feu, dans la mesure où la composition des essences récoltées n'est pas connue, les facteurs d'expansion retenus sont une valeur moyenne pondérée des facteurs d'expansion pour les feuillus et les conifères. Ces valeurs sont sensiblement variables suivant les années et valent approximativement 1,5 pour le facteur d'expansion branches et 1,29 pour le facteur d'expansion racine. Il en est de même pour la valeur d'infradensité.

Figure 8 : Conversion de volumes de bois commercialisés en carbone



Les données sur l'infradensité de la biomasse sont spécifiques à chaque essence, aussi bien pour l'estimation de l'accroissement que pour les prélèvements.

Tableau 32 : Infradensité utilisées pour les principales essences [598]

Essence	Densité en tMS/m <sup>3</sup>	Essence	Densité en tMS/m <sup>3</sup>
chêne	0.56	sapin, épicéa	0.38
hêtre	0.56	douglas	0.41
châtaignier	0.50	pin maritime	0.44
peuplier	0.36	pin sylvestre	0.43

Les travaux conduits dans le cadre du projet CARBOFOR ont également permis de retenir une valeur de teneur en carbone de la biomasse ligneuse plus adaptée au cas français. La valeur retenue dans les inventaires est de 0,475 très proche de la valeur de 0.47 retenue par le GIEC 2006 par défaut.

#### Combinaison de l'approche « modèle » et de l'approche « directe »

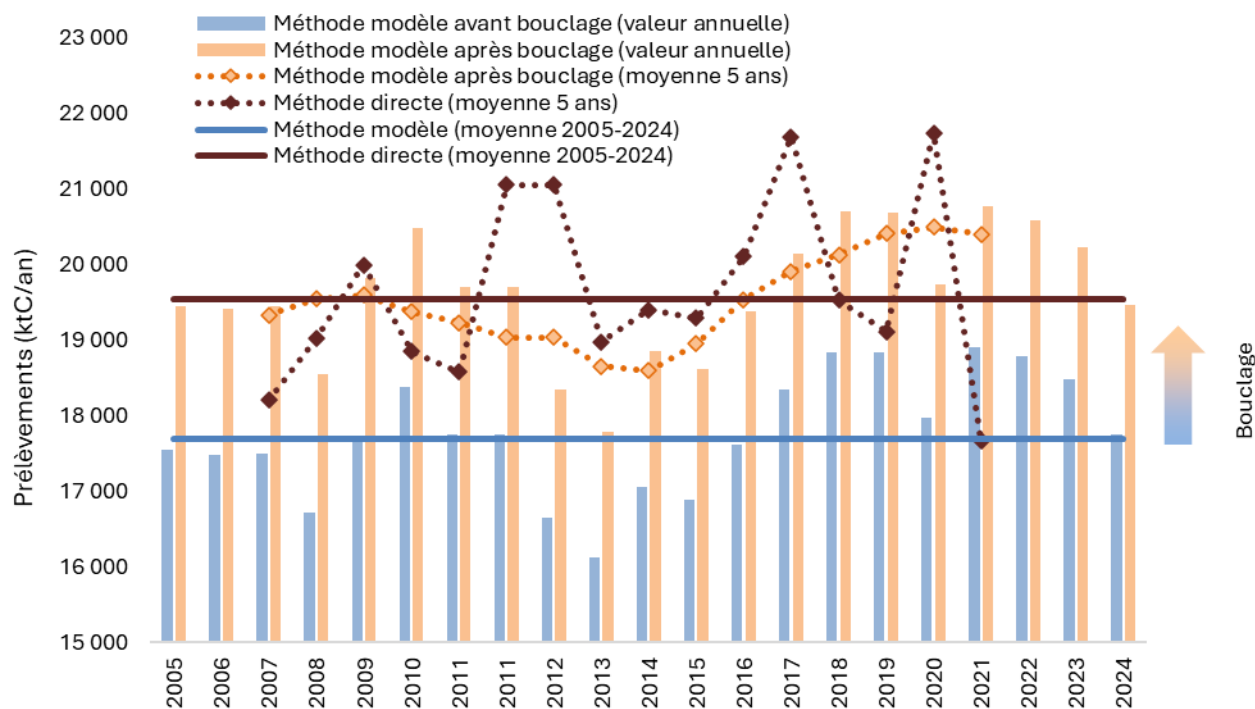
Il existe donc deux méthodes pour estimer les prélèvements en forêt, la méthode « modèle » basée sur les lignes directrices du GIEC 2006 et la méthode « directe » de mesure des prélèvements par l'IGN. Ces deux méthodes sont combinées dans l'inventaire de GES actuel et les prélèvements sont estimés à partir de l'équation suivante.

#### Équation 17 (Forêts)

$$\text{Prélèvement}_i = P_{\text{modèle}_i} \times P_{\text{Foret\_IGN}_{2005/20xx}} / P_{\text{modèle}_{2005/20xx}}$$

Avec :

Prélèvement <sub>i</sub>	=	Prélèvement de bois estimé pour l'année i
P <sub>modèle<sub>i</sub></sub>	=	Prélèvement de bois estimé pour l'année i à partir des données commerciales de bois matériau et des consommations de bois énergie
P <sub>Foret_IGN<sub>2005/20xx</sub></sub>	=	Prélèvement de bois estimé sur la période 2005-20xx par la méthode directe de l'IGN
P <sub>modèle<sub>2005/20xx</sub></sub>	=	Prélèvement de bois estimé sur la période 2005-20xx à partir des données commerciales de bois matériau et des consommations de bois énergie.



**Figure 9 : Représentation de l'ajustement sur la base des données de prélèvement direct issues de l'IFN (en ktC aérien et racinaire).**

Les périmètres de calcul des prélèvements entre l'approche « modèle » et l'approche « directe » ne sont pas équivalents (voir figure ci-dessous). La méthode directe de l'IGN permet d'avoir la donnée de prélèvements totaux par campagne (volumes en forêt et terres défrichées, et indique de manière distincte un niveau moyen de la part liée aux défrichements). Ces volumes défrichés sont estimés à environ 0,94 Mm<sup>3</sup> de bois fort tige par an en moyenne sur les années couvertes. L'IGN ne distingue pas la part de prélèvements liés aux dégâts de feux pour le moment.

Au niveau de l'approche Citepa, tous les éléments sont estimés indépendamment : récoltes ciblées en forêt, pertes liées aux feux, volumes défrichés. Afin de ne pas double-compter de prélèvements, le bouclage, ou recalage, s'effectue sur les récoltes ciblées en forêt, qui sont comparées aux prélèvements totaux IGN, auxquels sont soustraits le volume moyen défriché estimé par l'IGN, et le volume moyen des pertes incendies estimé par le Citepa sur la base des surfaces incendiées.

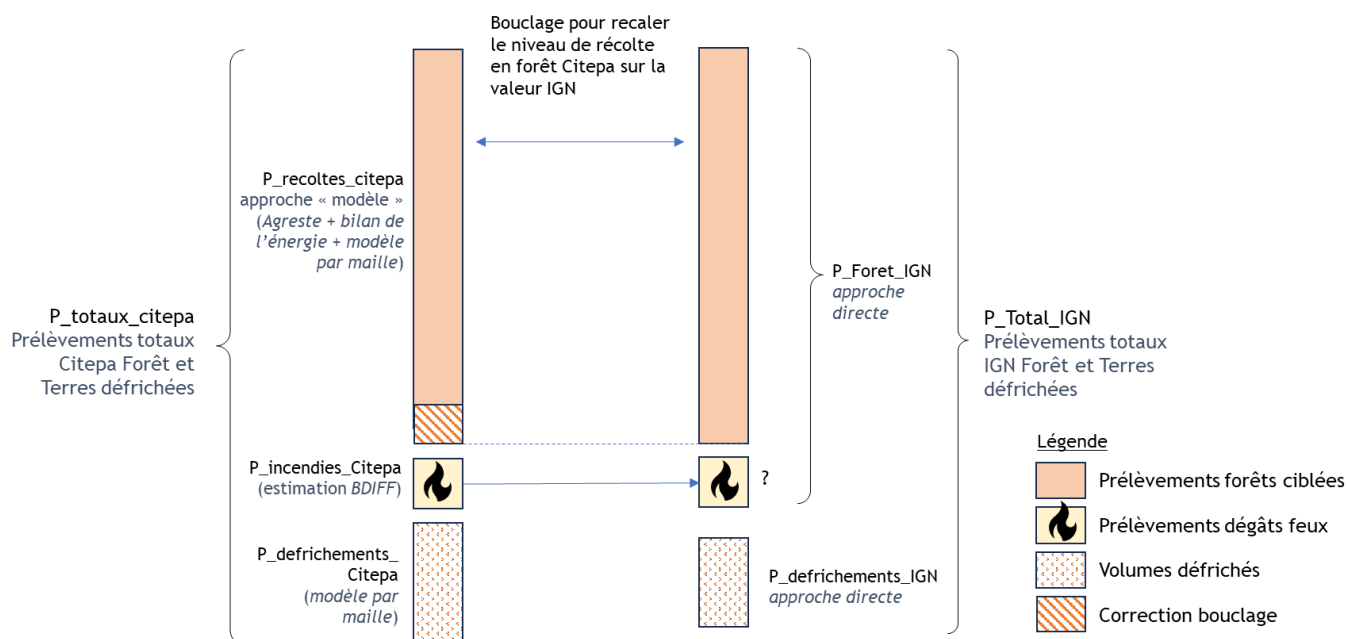


Figure 10 : Explications recalage Récoltes Citepa sur les prélèvements IGN

#### Équation 21(Forêts)

$$P_{total\_IGN} = P_{Foret\_IGN} + P_{defrichements\_IGN}$$

$$P_{total\_Citepa} = P_{recoltes\_Citepa} + P_{incendies\_Citepa} + P_{defrichements\_Citepa}$$

Bouclage des récoltes :

$$P_{recoltes\_Citepa}^* = (P_{total\_IGN} - P_{Defrichements\_IGN} - P_{incendies\_Citepa}) * coeff\_bouclage$$

Avec :

$P_{Total\_IGN}$	=	Prélèvement dans les forêts et sur les terres défrichées selon l'IGN, t C/an
$P_{Foret\_IGN}$	=	Prélèvement (dont récoltes liées aux incendies) dans les forêts, t C/an
$P_{Défrichement\_IGN}$	=	Prélèvement sur les terres défrichées selon l'IGN, t C/an
$P_{total\_Citepa}$	=	Prélèvements forêts et terres défrichées (estimation Citepa), tC/an
$P_{recoltes\_Citepa}$	=	Prélèvements forêts et terres défrichées (modèle récoltes Citepa), t C/an (* : bouclé)
$P_{incendies\_Citepa}$	=	Pertes de carbone estimées liées aux incendies (sur la base de BDIFF), t C/an
$P_{Défrichement\_Citepa}$	=	Prélèvement sur les terres défrichées selon le modèle par maille, t C/an

#### Équation 18 (Forêts)

$$P_{FF_{ij}} = \text{Prélèvement}_{ij}$$

Avec :

$P_{FF_{ij}}$	=	Prélèvement de bois estimé en forêt restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m)
$\text{Prélèvement}_{ij}$	=	Prélèvement de bois estimé, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m)

#### Calcul des prélèvements de bois des forêts restant forêts ( $P_{FF_{ij}}$ ) – Outre-Mer

En Guadeloupe, Martinique et Réunion, la forêt représente moins de 1% de la superficie forestière française totale et est très peu exploitée, avec environ 13 000 m<sup>3</sup> de récolte annuelle pour les années récentes. En Guadeloupe et Martinique il n'y a presque pas d'exploitation forestière et la récolte très faible provient de plantations d'acajou. A la Réunion l'exploitation forestière est également très faible et essentiellement basée dans les plantations de Cryptomeria. Selon les experts forestiers de l'Office National des Forêts (ONF) [533] et de l'Inventaire forestier national [534], les flux de carbone liés à la gestion des forêts sont négligeables dans ces îles.



A l'inverse, en Guyane, la forêt occupe une surface très importante avec environ un tiers de la superficie totale de la forêt française. Elle reste néanmoins peu exploitée aussi, avec environ 90 000 m<sup>3</sup> de récolte en 1990 et environ 73 000 m<sup>3</sup> pour les années récentes. Ce faible niveau d'exploitation forestière peut s'expliquer par plusieurs raisons : la faible densité de la population, la faible valeur du bois en Guyane française comparés au bois asiatiques ou africains, la difficulté d'accéder à la forêt, la difficulté pour transporter du bois flottant (la densité des arbres en Guyane française est souvent supérieure à 1).

**Tableau 33 : Données forestières pour les départements d'Outre-mer**

	Guadeloupe	Martinique	Guyane	La Réunion	France hexagonale
Surface (1000 ha)	64	49	8 082	88	15 500
Stock (1000 m <sup>3</sup> )	26 000	15 000	2 829 000	17 000	2 500 000
Récolte (1000 m <sup>3</sup> ) memento	<0.5	2	73	11	45 000
Récolte IGD 2015 (1000 m <sup>3</sup> )	17	13	80		51 000

Sources : Mémento Agreste Filière Forêt-Bois édition 2012 [532], IGN/IFN [202], Indicateurs de Gestion Durable 2015 [1270]

Cette faible exploitation des forêts ultramarines est illustrée par l'absence d'inventaire forestier et par les quelques données de récolte disponibles. En 2012, la récolte annuelle sur ces quatre territoires cumulés est estimée à 86 000 m<sup>3</sup> de bois. A titre de comparaison la récolte dans la partie hexagonale est estimée à environ 45 000 000 m<sup>3</sup>, ce qui signifie que la récolte dans les territoires d'outre-mer correspond à environ 0,2% de la récolte totale. Ramené au stock de biomasse en forêt, le pourcentage de prélèvement est encore plus faible dans la mesure où les stocks de carbone par hectare sont très élevés en Guyane française. En actualisant ces données, le pourcentage de 0,2% reste valable.

Considérant que le niveau de récolte est très faible et qu'il est difficile actuellement d'estimer précisément les accroissements dans les autres territoires d'Outre-mer, il a été jugé préférable, par les experts forestiers français [533, 534], d'appliquer un principe de prudence et de considérer que la croissance de la forêt permet seulement de compenser la récolte.

#### Calcul de la mortalité des forêts restant forêts (Mortalité\_FF<sub>ij</sub>)

La mortalité est répartie entre les forêts restant forêts et les terres devenant forêt grâce à l'équation suivante.

#### **Équation 19 (Forêts)**

$$\text{Mortalité\_FF}_{ij} = \text{Mortalité}_{ij} \times A\_FF_{ij} \times \text{Mort\_FF}_{ij} / (A\_FF_{ij} \times \text{Mort\_FF}_{ij} + A\_AF_{ij} \times \text{Mort\_AF}_{ij})$$

Avec :

Mortalité_FF <sub>ij</sub>	=	Mortalité normalisée moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les forêts restant forêt, par type de forêt (i = 1 to n) et par zone climatique (j = 1 to m), t MS/ha/an
Mortalité <sub>ij</sub>	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts, t MS/an
A_FF <sub>ij</sub>	=	Surfaces des forêts restant forêts, ha
A_AF <sub>ij</sub>	=	Surfaces des terres devenant forêts, ha
Mort_FF <sub>ij</sub>	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts restant forêt, t MS/ha/an
Mort_AF <sub>ij</sub>	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les terres devenant forêt, t MS/ha/an+

#### Mortalité normale des forêts restant forêt

La mortalité normale, de fond, des forêts est estimée directement par l'IGN dans son inventaire forestier. Elle est fournie par interrégion et estimée pour l'année médiane de chaque campagne de cinq ans de l'IFN (§2.2.2.3).

#### Mortalité exceptionnelle - tempêtes

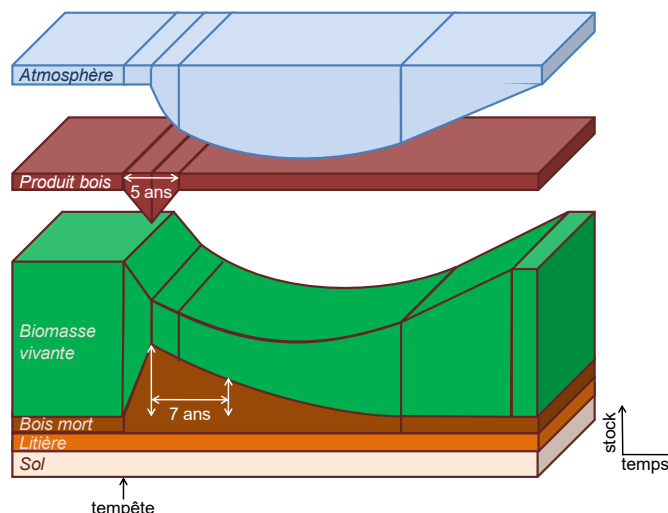
En plus de la mortalité « normale » des forêts, les tempêtes exceptionnelles affectent brusquement et souvent durablement les stocks de carbone forestier. Depuis 1990, la France a été touchée deux fois par des épisodes de tempêtes importants :

En décembre 1999, les tempêtes Lothar et Martin ont touché quasi intégralement le territoire métropolitain et ont provoqué d'énormes dégâts notamment en Aquitaine et en Lorraine. Le bilan global s'élève à environ 175 Mm<sup>3</sup> de chablis (en bois fort) selon les estimations de l'IFN.

En janvier 2009, la tempête Klaus a également détruit de nombreuses surfaces forestières ; elle a touché le sud-ouest de la France et en particulier le massif forestier des Landes. Le bilan global s'élève à environ 42,5 Mm<sup>3</sup> de bois à terre (en bois fort).

L'équation 2.14 du GIEC 2006 [672] qui se base sur les superficies affectées par les perturbations naturelles n'est pas utilisée pour prendre en compte l'effet des tempêtes exceptionnelles car il existe des données statistiques qui renseignent directement les volumes de chablis (IGN) et sur les volumes de chablis prélevés (SSP et IGN). Les volumes de chablis prélevés sont donc inclus dans les prélèvements de bois.

Figure 11 : Représentation de l'évolution des stocks de carbone suite à une tempête



Suite aux tempêtes, l'ensemble des chablis ne peut être mobilisé : ces tempêtes génèrent donc une augmentation brusque du bois mort en forêt. Ce bois mort se dégrade au cours du temps et génère un flux de  $\text{CO}_2$  vers l'atmosphère qui tend à rétablir un niveau d'équilibre pour le stock de bois mort en forêt. Contrairement à la mortalité de fond où le flux est annuel, dans l'inventaire français cette dégradation du bois mort est supposée suivre une cinétique classique d'ordre 1 à partir d'une durée de dégradation moyenne de 10 ans pour le bois mort. Cela correspond, pour le stock de bois mort excédentaire, à une valeur de demi-vie (temps pour que le stock diminue de moitié) de l'ordre de 7 ans (cf. schéma ci-dessus sur l'évolution des stocks de carbone suite à une tempête).

#### Équation 20 (Forêts)

$$L_{\text{disturbances}} = (\text{Chablis} - \text{Chablis}_{\text{prélevé}}) \times \exp(-k \times n)$$

Avec :

$L_{\text{disturbances}}$	=	Pertes de carbone annuelle, tC/an
Chablis	=	Quantité de carbone dans les chablis, tC
$\text{Chablis}_{\text{prélevé}}$	=	Quantité de carbone dans les chablis récoltés après tempête, tC
k	=	$0,1 \text{ an}^{-1}$ (=1/10 ans)
n	=	Nombre d'années écoulées depuis la tempête

#### Calcul des émissions liées au brûlage sur site des résidus de récolte de bois

Le brûlage sur site réalisé au cours de la récolte de bois est pris en compte et génère différents gaz à effet de serre directs et indirects, ainsi que des polluants ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ , CO et  $\text{CH}_4$ ) en plus du  $\text{CO}_2$ . Le volume de bois brûlé sur site est mal connu. Les experts terrains rapportent que la pratique de brûlage n'est plus pratiquée, et souvent interdite par des arrêtés préfectoraux. Des dérogations étant possibles, cette valeur conservatrice de 5 % est conservée. Puis, les émissions sont estimées à partir des facteurs d'émission du GIEC 2006.

#### Équations 21 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.27 du GIEC 2006 [672])

$$\text{Emissions} = \text{Quantité\_brûlée} \times \text{Facteur\_oxydation} \times \text{Facteur\_Emission}$$

Avec :

Emissions	=	Emissions de $\text{CH}_4$ , $\text{N}_2\text{O}$ , CO et $\text{NO}_x$ , t
Quantité_brûlée	=	Quantité de matière sèche mise à brûler, t MS
Facteur_oxydation	=	Part de la matière sèche réellement brûlée (valeur utilisée : 90%)
Facteur_Emission	=	Facteur d'émission en kg / t brûlée ( $\text{CH}_4 = 4.7$ // $\text{CO} = 107$ // $\text{NO}_x = 3$ // $\text{N}_2\text{O} = 0.26$ )

### Calcul des émissions liées aux incendies de forêt

Les feux de forêts génèrent des perturbations importantes des stocks de carbone forestier. Ils provoquent des flux très variables et parfois importants de CO<sub>2</sub> de la biomasse vivante vers l'atmosphère.

La combustion de biomasse lors des feux de forêt génère des émissions de différents polluants : SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, NH<sub>3</sub>, particules. Par ailleurs, du fait de la présence de certains métaux ou éléments dans la biomasse, des émissions de métaux lourds et de certains polluants organiques persistants sont aussi possibles. Parmi elles, seules les émissions de HAP et de PCDD-F sont estimées.

### Données de surface

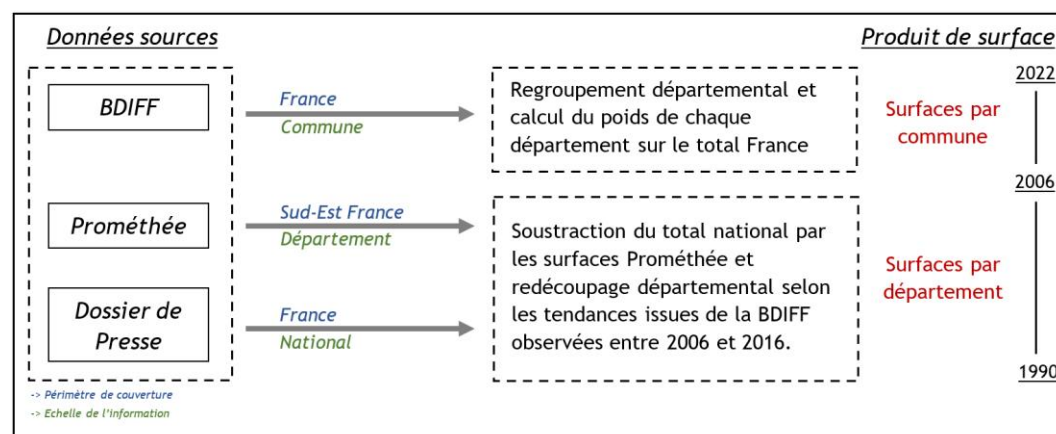
La constitution des surfaces pour la série temporelle de 1990 à aujourd'hui repose sur trois principales sources de données :

- La Base de données des feux de forêt en France (BDIFF) [723] qui couvre l'ensemble de la France hexagonale depuis 2006 avec un niveau d'information renseigné à l'échelle de la commune.
- La base de données « Prométhée » [297], créée en 1973 cette base de données renseigne les feux de forêt et de garrigue uniquement sur certains départements du Sud-Est de la France.
- Des dossiers et communiqués de presse émanent du ministère de l'Agriculture [298], Ministère de la Transition Ecologique et/ou de certains département et région d'outre-mer.

Les surfaces incendiées sont regroupées au sein d'entités géographiques les plus homogènes possible qui varient selon la source d'information. L'ensemble de la série temporelle est reconstitué comme suit, de façon antéchronologique :

- **2022 à 2006** : Utilisation des données issues de BDIFF pour l'ensemble de la France hexagonale disponibles à l'échelle communale.
- **2006 à 1990** : La base de données Prométhée fournit les surfaces incendiées pour 15 départements du sud-est. Le total des surfaces Prométhée est soustrait au total de surface France hexagonale renseigné par le Dossier de Presse ministériel, le résultat est ensuite découpé à l'échelle départementale selon le poids de chaque département déterminé à partir des données réelles observées entre 2006 et 2016 issues de la BDIFF.

Figure 12 : Méthodologie utilisée pour la reconstitution des surfaces incendiées en forêt depuis 1990.



La précision des données de la BDIFF, depuis 2006, apporte des informations supplémentaires sur le type de surfaces incendiées au sein de la catégorie « feux de forêt ». On distingue ainsi trois grandes catégories de surfaces : les surfaces strictement « en forêt » et les surfaces dites « hors forêt » composées d'incendies sur des terres boisées et des terres non boisées. Cette distinction étant seulement disponible après 2006, le profil de type de surfaces brûlées par région post 2006 est appliqué aux années antérieures.

En Outre-mer appartenant à l'UE, différentes sources sont utilisées pour estimer les surfaces brûlées : la BDIFF [723], la DRAAF Réunion [601] pour cette île qui est le seul territoire d'Outre-Mer fréquemment sujette à des incendies ; et divers documents officiels [724, 725, 726] pour tenir compte de la particularité de ces territoires (cultures sur brûlis, feux de brousse). Les données MODIS sont utilisées pour la détection des feux en Guyane [1205]. En Outre-mer hors UE, des

surfaces brûlées sont uniquement rapportées en Nouvelle-Calédonie, sur la base de produits satellites (VIIRS [1396] sur 2012-2025).

**Tableau 34 : Surfaces incendiées en France depuis 1990**

Feu-for.xlsx

ANNEE	METROPOLE (Zone Prométhée)	METROPOLE (Zone hors Prométhée)	OUTRE-MER (inclus dans l'UE)	OUTRE-MER (hors UE - PTOM)
1990	53 897	18 728	1440	15 597
1991	6 549	3 581	1420	15 597
1992	12 765	3 828	1439	15 597
1993	11 901	4 797	1428	15 597
1994	22 605	2 390	1418	15 597
1995	9 988	8 149	1451	15 597
1996	3 119	8 281	1887	15 597
1997	12 250	9 331	1400	15 597
1998	11 243	8 039	1496	15 597
1999	12 782	3 124	2193	15 597
2000	18 860	5 218	1405	1 542
2001	17 965	2 677	1478	5 648
2002	6 298	23 871	981	38 424
2003	61 424	11 576	1558	17 875
2004	10 596	3 104	2980	31 481
2005	17 356	5 044	4554	13 843
2006	5 234	1 790	940	14 343
2007	6 343	713	571	5 415
2008	3 491	1 219	4581	3 117
2009	10 751	3 768	1846	11 575
2010	5 897	2 627	2727	10 010
2011	3 993	2 807	2749	13 850
2012	3 858	3 715	2286	4 232
2013	1 838	895	399	12 170
2014	3 814	919	1533	16 103
2015	2 771	4 951	1041	15 836
2016	12 039	2 049	3210	16 785
2017	19 335	3 708	158	38 026
2018	2 995	943	1631	10 361
2019	7 758	5 371	2129	39 536
2020	7 131	3 679	356	5 892
2021	10 509	2 327	224	17 065
2022	14 680	44 012	525	2 283
2023	3 953	1 110	3926	20 000
2024	2 358	332	3918	21 274

#### Estimation des émissions de GES : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émissions spécifiques à chaque type de surface et à chaque compartiment carbone. Pour la biomasse par exemple, les émissions dépendent de la quantité de matière sèche effectivement brûlée et sont calculées selon l'équation suivante (Giec, 2006) :

#### Equation 22 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.14 du GIEC 2006 [672])

$$L_{wild\_fires} = \sum_i A_{burnt(i)} \times BW_i \times Frac\_burn_i \times CF$$

Avec :

$L_{wild\_fires}$	=	Pertes de carbone annuelle liée aux feux, t C/an
$i$	=	Sylvoécorrégiion (85 sylvoécorégions en France hexagonale)
$A_{burnt(i)}$	=	Surface incendiée annuelle dans la sylvoécorégion $i$ , ha
$BW_i$	=	Stock de biomasse aérienne sur les surfaces brûlées dans la sylvoécorégion $i$ , t MS/ha
$Frac\_burn$	=	Fraction de la biomasse effectivement brûlée brûlée sur la surface incendiée dans la sylvoécorégion $i$

CF = Fraction en carbone de la biomasse, t C/t MS (0,475)

Pour les autres compartiments le principe est similaire mais se base sur un stock en quantité de carbone directement. Les stocks par compartiment carbone sont spécifiés par types de surfaces (forêt, terres boisées et terres non boisées) et par sylvoécocorégion ou par GRECO (grande région écologique) sur la base des stocks utilisés dans le modèle de variation par maille (voir section UTCATF - général).

**Tableau 35: Stocks par compartiment et type de surface brûlée utilisés pour le calcul des émissions liées aux feux de forêts**

Stocks par compartiment carbone (en tMS ou tC)	Surfaces en forêt	Surfaces en terres boisées hors forêt	Surfaces en terres non boisées
Biomasse aérienne ligneuse	129 tMS/ha (40 – 247) <sup>1</sup>	15 tMS/ha Médinet, 2018 - Shrubland [993]	0 tC/ha
Feuillage	Non estimé	Non estimé	0 tC/ha
Biomasse herbacée	Non estimé	Non estimé	4,1 tMS/ha Giec, 2006 - Grassland tempéré [437]
Litière	8,5 tC/ha (6,3 – 12,7) <sup>2</sup>	Non estimé	0 tC/ha
Bois mort	Non estimé		
Racines	Non estimé		
Sol minéraux (0-30cm)	Non estimé		

<sup>1</sup> moyenne, min et max par sylvoécocorégions [voir section UTCATF -général]

<sup>2</sup> moyenne, min et max par GRECO [voir section UTCATF -général]

Un facteur de combustion (Frac Burn) est ensuite appliqué à chaque compartiment carbone pour estimer les pertes par combustion.

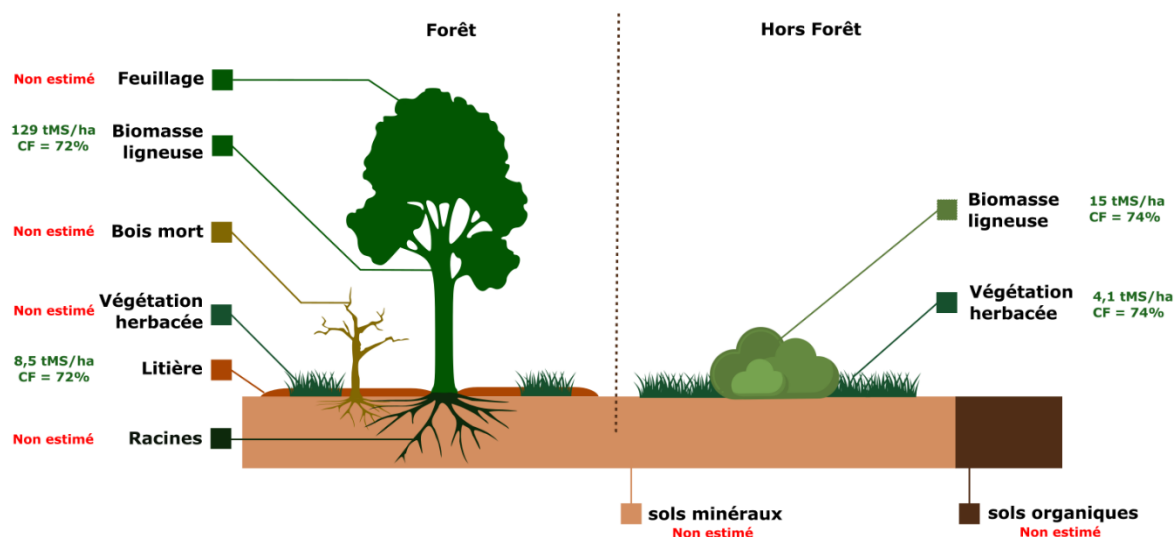
**Tableau 36 : Facteurs de combustion par compartiment carbone en fonction des surfaces incendiées**

Stocks par compartiment carbone (en tMS ou tC)	Surfaces en forêt	Surfaces en terres boisées hors forêt	Surfaces en terres non boisées	Végétation Tropicale
Biomasse aérienne ligneuse	21% (10% - 27%) *	72% Giec, 2006 - Table 2.6 [437]	-	20% [795]
Végétation herbacée	Non estimé	Non estimé	74% Giec, 2006 - Table 2.6 [437]	77% [437]
Litière	76% (70% - 90%) *	Non estimé	-	Non estimé

\* Pour les surfaces en forêt les facteurs de combustion sont estimés en fonction des peuplements pour chaque GRECO à partir des données issues de Mouillot et al., 2006 (Table 2) [1276].

Pour chaque ancienne région, des facteurs d'émissions liés au profil de végétation brûlée, aux stocks de référence et aux fractions brûlées sont déduits pour la période post 2006. Ils sont réutilisés pour la période 1990-2006, et appliqués aux surfaces estimées hors BDIFF pré 2006.

**Figure 13 : Synthèse des compartiments carbone estimés dans le calcul feux de forêt**



Les facteurs d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants pour les feux sont présentés plus bas.

### **Biomasse morte (terres forestières restant terres forestières)**

#### Calcul de la variation de stock ( $\Delta CFF_{DOM}$ )

Les variations de stock de carbone pour la biomasse morte sont ensuite décomposées entre bois mort et litière.

#### **Équation 23 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.17 du GIEC 2006 [672])**

$$\Delta CFF_{DOM} = \Delta CFF_{DW} + \Delta CFF_{LT}$$

Avec :

$\Delta CFF_{DOM}$	=	Variation annuelle de stock dans la biomasse morte dans les forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CFF_{DW}$	=	Variation de stock dans le bois mort dans les forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CFF_{LT}$	=	Variation de stock dans la litière dans les forêts restant forêts, t C/an

### **Bois mort (terres forestières restant terres forestières)**

La méthode générale d'estimation de la variation de bois mort est la suivante :

#### **Équation 24 (Forêts) (Méthode des flux inspirée de l'équation 2.19 du GIEC 2006 [672])**

$$\Delta CFF_{DW} = \Delta CFF_{\text{modele}} + (A \times (B_{t2} - B_{t1}) / T) \times CF - \Delta CFF_{\text{modele}}$$

Avec :

$\Delta CFF_{DW}$	Variation annuelle du stock de carbone dans le bois mort pour les forêts restant forêt, tC/an
$\Delta CFF_{\text{modele}}$	Variation annuelle du stock de carbone dans le bois mort pour les forêts restant forêt issue du modèle de variation de stock à la maille, tC/an
A	Surface de forêt gérée restant forêt, ha
$B_{t1}$	Stock de carbone dans le bois mort à l'instant t1 pour les forêts gérées restant forêt, t MS/ha
$B_{t2}$	Stock de carbone dans le bois mort à l'instant t2 pour les forêts gérées restant forêt, t MS/ha
CF	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS
T	Période (t2 – t1), an

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Dans les terres forestières restant terres forestières, qu'il y ait ou non une conversion entre sous-catégories, on estime les pertes et gains de bois mort. Ces flux sont estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille (voir *Annexe UTCATF\_suividerterres*), et peuvent être non nuls car les stocks de référence de carbone dans le bois mort diffèrent selon les sous-catégories de forêts. Ils sont retranchés de la variation de stock de bois mort générale (bottom-up par mesure des stocks observés) pour ne pas être double-comptés.

#### Flux estimés en complément

Puis, des flux additionnels sont appliqués, en lien avec la mortalité et les tempêtes.

#### Données et hypothèses

Il était auparavant considéré que les flux entrants et sortants dans le compartiment bois mort étaient de même ordre, étant donné la dynamique plutôt stable de la mortalité. Une hypothèse de stabilité était appliquée pour ce compartiment hors épisode de tempêtes (voir § 2.4.1.2.3). Or, avec l'augmentation forte de la mortalité dans les années post 2015, et la disponibilité des données sur les mesures de stock de bois mort, une nouvelle méthodologie de variation de stock est mise en place.

Dans les inventaires français, les paramètres  $B_{t1}$  et  $B_{t2}$  sont estimés à partir des mesures de stock de bois mort mesuré sur les placettes de l'IGN.

Les stocks transmis par l'IGN sont des stocks annuels en tonnes de carbone, par interregion et type de peuplement sur la période 2008-2024, en cohérence avec la méthodologie des Indicateurs de Gestion Durable de l'IGN (IGD 4.5) et les transmissions par campagnes 5 ans pour l'accroissement et la mortalité [1350]. Le stock est attribué à l'année médiane. Quand les données ne sont pas disponibles, une extrapolation est réalisée indexée sur l'évolution de la mortalité.

Ces stocks comprennent :

- Le volume aérien et racinaire des arbres morts sur pied (tiges et racines, les branches étant comptabilisées dans le bois mort au sol) ;
- Le volume aérien et racinaire des chablis (tiges et racines, les branches étant comptabilisées dans le bois mort au sol) ;
- Le volume de bois mort au sol.

Ils ne comprennent pas les racines et souches des arbres prélevés.

Un traitement a été réalisé en début de série pour ne pas double-compter les chablis de la tempête Klaus de 2009, et les émissions liées à la dégradation des chablis estimées en parallèle (voir section suivante).

**Tableau 37 : Stocks de bois mort issus utilisés pour le calcul des flux en forêt restant forêt en France hexagonale – transmission spécifique de l'IGN [1350]**

Année de référence	Stock total de bois mort (ktC)
2008	92 360
2009	101 290
2010	98 587
2011	97 217
2012	98 590
2013	96 223
2014	98 274
2015	93 549
2016	96 521
2017	90 454
2018	96 280
2019	104 648
2020	107 686
2021	114 686
2022	120 112
2023	129 768
2024	136 161

### Cas des tempêtes

Les tempêtes exceptionnelles (voir §2.3.3.3.3) génèrent des augmentations brusques et temporaires du stock de bois mort (chablis). Dans ces cas une méthode des flux est appliquée avec une estimation du paramètre  $B_{into}$  basée sur les dégâts observés après tempête et  $B_{out}$  sur le stock de bois mort supplémentaire associé à une cinétique de décomposition mort.

### ***Litière (terres forestières restant terres forestières)***

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Dans les terres forestières restant terres forestières, qu'il y ait ou non une conversion entre sous-catégories, on estime les pertes et gains de litière. Ces flux sont estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille (voir section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suivides terres).

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire pour ce compartiment. Sans changement entre sous-catégories, ce stock est supposé constant (hypothèse de stabilité) et aucun flux n'est donc pris en compte. L'évolution de l'intensité sylvicole et ses impacts sur la litière ne sont pour l'instant pas estimés.

#### Regain de litière post combustion par feux de forêt

Le compartiment litière subit des pertes par combustion lors d'un feu de forêt. Ces pertes sont estimées à environ 72% des stocks de matières organiques du compartiment litière (variable selon le peuplement) [1277]. Ces émissions sont estimées dans la partie relative aux incendies en forêt restant forêt. La prise en compte des pertes par combustion pour le compartiment litière implique l'estimation d'un regain de carbone pour reconstituer les stocks perdus. Par conséquent, un regain est estimé et lissé sur une période de 20 ans jusqu'à atteinte des stocks de référence de chaque grande sylvoecorégion.



### Discussion

Une étude [602] a également été réalisée par l'ONF et l'université de Louvain sur les placettes du réseau de suivi forestier RENECOR pour connaître l'évolution du stock de carbone dans la litière et dans les sols. Cette étude a été lancée par le ministère de l'Agriculture français en vue de répondre aux exigences de rapportage du Protocole de Kyoto sur le suivi de certains réservoirs de carbone. Pour la litière, cette étude conclut que les stocks de carbone sont significativement à la hausse même si elle ne permet pas de définir quantitativement l'amplitude de cette hausse sur la période d'étude. Cette étude permet de justifier que l'hypothèse de stabilité des litières dans l'inventaire français est une hypothèse conservatrice.

### **Matière organique du sol (terres forestières restant terres forestières) – sols minéraux**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Dans les terres forestières restant terres forestières, qu'il y ait ou non une conversion entre sous-catégories, on estime les pertes et gains de carbone dans les sols. Ces flux sont estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille (voir section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividesterres), ils sont a priori toujours nuls car les stocks de référence de carbone dans les sols ne varient pas entre sous-catégories de forêts, ni dans le temps.

Le GIEC propose une estimation des stocks de carbone sur la base de stocks de référence associé à des facteurs correcteurs liés à la gestion. Aucune information n'a été identifiée permettant de traduire l'évolution de ces modes de gestion en forêt, les stocks de carbone des sols sont donc stables au cours du temps en l'absence de changement d'utilisation des terres. Il est considéré que le stock de carbone de ce réservoir n'évolue pas au cours du temps.

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire pour ce compartiment. Sans changement entre sous-catégories, ce stock est supposé constant (hypothèse de stabilité) et aucun flux n'est donc pris en compte. L'évolution de l'intensité sylvicole et ses impacts sur les sols ne sont pour l'instant pas estimés.

### Discussion

Les données disponibles actuellement sont :

- Les données du RMQS, disponibles pour l'instant pour une seule campagne (2000-2009). Une deuxième campagne, en cours, devrait permettre d'obtenir des variations de stocks, qui, si elles sont significatives, seront mobilisables dans l'inventaire. Actuellement, le RMQS ne permet pas d'estimer un flux de carbone dans les sols forestiers sans changement.
- Les données issues du réseau de suivi forestier RENECOFOR, qui n'est pas complètement représentatif de l'ensemble de la forêt française. Une étude [602] menée par l'ONF et l'université de Louvain sur les placettes du réseau, et lancée par le ministère de l'Agriculture français en vue de répondre aux exigences de rapportage du Protocole de Kyoto, étude conclut que les sols forestiers français peuvent être considérés de manière significative comme des puits de carbone. Les taux estimés sur une période de 15 ans sont de 0,19 tC/ha/an sous feuillus et 0,49 tC/ha/an sous résineux [602]. Ces facteurs d'absorption ont été jugés non représentatifs de l'ensemble des forêts françaises et ne sont pas exploités directement dans les inventaires de GES ; même si certaines études extrapolent les résultats obtenus sur le réseau RENECOFOR tout en appliquant une marge d'incertitude [994]. L'étude projection IGN-FCBA de 2024 propose en annexe une revue de l'état de l'art concernant cette question des sols forestiers. La valeur recommandée pour un flux de stockage à l'hectare est de 200 kgC/ha/an [1397].

Le règlement LULUCF 2018/841 exigera une estimation pour ce compartiment et l'hypothèse de neutralité devra être levée pour passer à une estimation Tier 2. Cette valeur de 200 kgC/ha/an pourra être considérée, mais la piste principale demeure l'analyse de la variation inter campagnes RMQS 1 et 2.

### **TERRES DEVENANT TERRES FORESTIERES**

#### **Biomasse vivante (terres devenant terres forestières)**

#### Calcul de la variation de stock ( $\Delta CLF_{LB}$ )

Pour rappel, les flux concernant la biomasse vivante de type forêt sont distingués des flux de biomasse vivante type cultures pérennes et type herbacées. Le stock de carbone de biomasse vivante de type forêt évolue au cours du temps : ses variations sont estimées à partir des accroissements et de la mortalité. Il est considéré que les terres dont l'usage forêt est inférieur à 20 ans ne font pas l'objet de récoltes.

#### Équation 25 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.4 du GIEC 2006 [672])

$$\Delta CLF_{LB} = \Delta CFF_{\text{modele}} + (\Delta CLF_G - \Delta CLF_L)$$

Avec :

$\Delta CLF_{LB}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante type forêt (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, t C/an
$\Delta CLF_{\text{modele}}$	=	Variation de stock annuelle du carbone de la biomasse vivante type forêt (aérienne et souterraine) des forêts restant forêts, issue du modèle de variation de stock à la maille, t C/an
$\Delta CLF_G$	=	Gain annuel en carbone de la biomasse vivante type forêt, t C/an
$\Delta CLF_L$	=	Perte annuelle en carbone de la biomasse vivante type forêt, t C/an

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Dans les terres non forestières devenant terres forestières on estime les pertes et gains de biomasse en différenciant différents types de biomasse : biomasse ligneuse type forêt, biomasse ligneuse type culture pérenne, biomasse herbacée type culture annuelle et biomasse herbacée type herbe. Ces flux sont estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille (voir la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suividesterres ).

#### Flux estimés en complément

Des flux de mortalité sont estimés en complément uniquement pour la biomasse vivante de type forêt.

#### Gains ( $\Delta CLF_G$ )

Pour estimer l'accroissement des arbres sur les terres devenant forêts, le GIEC distingue deux cas : les terres gérées de manière intensive incluant les plantations et les terres gérées de manière extensive. Dans l'inventaire français il n'a pas été possible de distinguer ces deux cas. Les gains de carbone sur ces terres sont donc calculés à partir du modèle de variation de stock à la maille par type de peuplement pour tous les types de biomasse vivante.

#### Pertes ( $\Delta CLF_L$ )

Pour les pertes de carbone sur les terres devenant forêts l'équation suivante est utilisée. Cette équation est appliquée dans l'inventaire français avec  $n = 4$  types de forêt (feuillus, résineux, mixtes et peupliers) et  $m = 5$  régions climatiques (Nord-Ouest, Nord-Est, Centre-Est, Sud-Ouest, Sud-Est).

#### Équation 26 (Forêts)

$$\Delta CLF_L = \Delta CLF_{\text{modele}} + \sum_{ij} (\text{Mortalité\_LF}_{ij}) \times CF$$

Avec :

$\Delta CFF_L$	=	Pertes totales
$\Delta CFF_{\text{modele}}$	=	Pertes issue du modèle de variation de stock à la maille, t C/an
$\text{Mortalité\_LF}_{ij}$	=	Mortalité moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les terres devenant forêts, par type de forêt ( $i = 1$ à $n$ ) et par zone climatique ( $j = 1$ à $m$ ), t MS/ha/an
CF	=	Fraction en carbone en matière sèche t C/t MS

Des pertes de carbone sur ces terres sont calculées à partir du modèle de variation de stock à la maille par type de peuplement pour tous les types de biomasse vivante.

A ces pertes s'ajoutent des flux de mortalité décrits ci-dessous.

#### Mortalité des terres devenant forêts ( $\text{Mortalité\_LF}_{ij}$ )

Dans l'inventaire français, il est considéré que tous les prélèvements ont lieu sur les forêts restant forêt, aucun prélèvement de bois n'est donc comptabilisé pour les terres devenant forêts. Seule la mortalité naturelle du peuplement est estimée dans les pertes associées à des terres devenant forêt. Les données de mortalité sur les terres devenant forêt sont fournies par l'inventaire forestier mais elles sont plus incertaines que les données de mortalité les plus récentes relatives à la forêt

entière. Ces données sont donc retraitées pour être mises en cohérence avec les données les plus récentes grâce à l'équation suivante.

### Équation 27 (Forêts)

$$\text{Mortalité\_LF}_{ij} = \text{Mortalité}_{ij} \times \text{A\_LF}_{ij} \times \text{Mort\_LF}_{ij} / (\text{A\_FF}_{ij} \times \text{Mort\_FF}_{ij} + \text{A\_LF}_{ij} \times \text{Mort\_LF}_{ij})$$

Avec :

Mortalité_LF <sub>ij</sub>	=	Mortalité normalisée moyenne annuelle en matière sèche (MS) sur les forêts devenant forêt, par type de forêt (i = 1 à <b>n</b> ) et par zone climatique (j = 1 à <b>m</b> ), t MS/ha/an
Mortalité <sub>ij</sub>	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts, t MS/an
A_FF <sub>ij</sub>	=	Surfaces des forêts restant forêts, ha
A_LF <sub>ij</sub>	=	Surfaces des terres devenant forêts, ha
Mort_FF <sub>ij</sub>	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les forêts restant forêt, t MS/ha/an
Mort_LF <sub>ij</sub>	=	Mortalité moyenne annuelle en MS sur les terres devenant forêt, t MS/ha/an

### **Biomasse morte (terres devenant terres forestières)**

Les variations de stock de carbone pour la biomasse morte sont décomposées entre bois mort et litière.

#### **Bois mort (terres devenant terres forestières)**

La conversion d'une terre en forêt s'accompagne de la création du réservoir bois mort et donc d'un stockage de carbone dans ce réservoir. Dans l'inventaire français actuel, ce stockage est estimé par la méthode de la variation de stock à la maille (voir la section CARBONE de l'annexe UTCATF\_suivides terres).

#### **Litière (terres devenant terres forestières)**

Le passage en usage forêt d'une terre s'accompagne de la création du réservoir litière et donc d'un stockage de carbone dans ce réservoir. Ce stockage est estimé par la méthode de la variation de stock à la maille.

### **Matière organique du sol (terres devenant terres forestières) – sols minéraux**

Les variations du stock de carbone des sols sont estimées selon la méthode décrite dans la partie générique et commune à toutes les terres avec changement (modèle de variation de stock par maille).

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

### **Emissions de CO<sub>2</sub>**

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock des différents compartiments carbone associées aux terres forestières changeant de sous-catégorie ou aux terres converties en terres forestières entraînent des flux de CO<sub>2</sub>. Des flux de carbone complémentaires liés à la mortalité, l'accroissement ou aux récoltes sont aussi pris en compte. La conversion du flux de C en CO<sub>2</sub> se base sur le rapport des masses moléculaires (44/12).

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage

Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des feux de forêts sont calculées directement à partir de l'estimation de la quantité de biomasse brûlée. La conversion en CO<sub>2</sub> de la biomasse brûlée est estimée grâce à une teneur moyenne de 0,5 tC/t m.s.

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées en forêt.

Emissions de CH<sub>4</sub> liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH<sub>4</sub> issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond à 5 % des rémanents par hypothèse. Les experts terrains rapportent que la pratique de brûlage n'est plus pratiquée, et souvent interdite par des arrêtés préfectoraux. Des dérogations étant possibles, cette valeur conservatrice de 5 % est conservée. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Les émissions des feux de forêts sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 4,7 kg/t m.s (France hexagonale) et de 6,8 kg/t m.s (Outre-mer) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

**Emissions de N<sub>2</sub>O**Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation des terres forestières sont actuellement négligées dans l'inventaire français.

Emissions de N<sub>2</sub>O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement estimées dans l'inventaire français pour les sols organiques des cultures et de prairies uniquement et sont négligées en forêt.

Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols sont estimées dans l'inventaire français pour les terres forestières dans tous les cas où la conversion vers une terre forestière entraîne une perte de carbone des sols ce qui ne se rencontre que dans quelques régions dans l'inventaire actuel et uniquement sur des terres de prairies converties en forêt.

Emissions de N<sub>2</sub>O liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de N<sub>2</sub>O issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond à 5 % des rémanents par hypothèse. Les experts terrains rapportent que la pratique de brûlage n'est plus pratiquée, et souvent interdite par des arrêtés préfectoraux. Des dérogations étant possibles, cette valeur conservatrice de 5 % est conservée. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Les émissions des feux de forêts sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 0,26 kg/t m.s (France hexagonale) et de 0,2 kg/t m.s (Outre-mer) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

**Données d'activité : quantités brûlées**Feux de forêt

(voir plus haut « Calcul des émissions liées aux incendies de forêt »)

Brûlage sur site de résidus de récolte de bois

(voir plus haut « Calcul des émissions liées au brûlage sur site des résidus de récolte de bois »)

**Facteurs d'émission**

Selon la disponibilité des facteurs d'émission les émissions sont basées soit sur la biomasse brûlée soit sur les surfaces brûlées. Lorsque les facteurs d'émissions sont basés sur la surface brûlée, les facteurs d'émission sont spécifiques à chacune deux zones (zone méditerranéenne et reste de la France hexagonale) pour refléter dans la mesure du possible les différences de type de végétation et leur densité.

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

#### Emissions de SO<sub>2</sub> liées au brûlage

Les émissions des feux de forêt sont estimées au moyen de facteurs d'émission de 24 kg/ha (zone tempérée) et de 6 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés du Guidebook EMEP / CORINAIR [17].

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

#### Emissions de NO<sub>x</sub> liées au brûlage

Les émissions de NO<sub>x</sub> des feux de forêt sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 3 kg/t m.s (France hexagonale) et de 1,6 kg/t m.s (Outre-mer) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

### **Emissions de COVNM**

#### Emissions de COVNM liées au brûlage

Les émissions des feux de forêt sont estimées au moyen de facteurs d'émission de 280 kg/ha (zone tempérée) et de 71 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés du Guidebook EMEP / CORINAIR [17].

### **Emissions de CO**

#### Emissions de CO liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CO issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois prises en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Les émissions des feux de forêts sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 107 kg/t m.s (France hexagonale) et de 104 kg/t m.s (Outre-mer) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

#### Emissions de NH<sub>3</sub> liées au brûlage

Les émissions de NH<sub>3</sub> pour les feux de forêt sont estimées au moyen de facteurs d'émissions de 24 kg/ha (zone tempérée) et de 6 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés du Guidebook EMEP / CORINAIR [17].

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le brûlage sur site et les feux de forêt engendrent de grandes quantités d'imbrûlés solides. Ces émissions, qui sont particulièrement aléatoires et présentent une très grande variabilité, sont estimées pour les feux de forêts uniquement, et non pour les feux de végétation hors-forêt. Les facteurs d'émission utilisés sont de l'ordre de 17 kg/t.ms [66].

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Des ratios exprimés par rapport aux particules totales (66% et 60% pour estimer respectivement les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub>) sont utilisés [66]. Ces ratios présentent une très forte incertitude.

### **Métaux lourds (ML)**

Des émissions de métaux lourds, généralement très faibles, sont susceptibles de survenir lors du brûlage sur site et d'incendies de forêts par suite de la présence de certains métaux (Zn, Cr, Cu) dans la biomasse. Cette présence peut être naturelle (traces parfois liées à la nature des sols) ou anthropique (bois mitraillés par exemple). Les émissions de métaux lourds liées aux feux de forêt sont actuellement négligées dans les inventaires.

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Des émissions de dioxines peuvent se produire au cours des incendies de forêts du fait de la présence d'éléments chlorés provenant des aérosols marins [802]. Les éléments disponibles jusqu'à présent n'ont pas été jugés assez probants pour retenir des valeurs permettant de quantifier les émissions dans les inventaires.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP des feux de forêt sont estimées sur la base de facteurs d'émissions tirés de l'étude AER [188].

**Tableau 9 : Facteurs d'émissions de HAP utilisés pour les feux de forêt**

HAP	Facteur d'émission (g/Mg)
FluorA	3.4
BaA	3.1
BbF	4.3
Bkf	2.2
BaP	7.2
IndPy	2.8
BghiPe	2.5

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Aucune émission n'est estimée pour ce secteur.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Aucune émission n'est estimée pour ce secteur.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Terres Cultivées (Cropland)

Cette section concerne les émissions/absorptions par les terres cultivées liées à l'utilisation ou au changement d'utilisation de ces terres. Les émissions liées aux pratiques agricoles (émissions azotées liées à l'épandage de fertilisants, particules liées au travail du sol, etc.) sont prises en compte dans les sections relatives à l'agriculture et ne sont pas comptabilisées dans cette section. Deux types de terres cultivées sont distingués : les terres cultivées établies depuis plus de 20 ans (terres cultivées restant terres cultivées) et les terres cultivées issues d'un changement d'usage d'une terre sur la période de 20 ans précédant l'année d'inventaire considérée (terres devenant terres cultivées).

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4B
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.32.01 à 11.32.16
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

### Niveau de méthode :

Se référer à la section UTCATF-Général - Description du secteur.

### Références utilisées :

- [92] CITEPA - PAJOT K., GABORIT G. FONTELLE J-P. - Estimation annuelle des émissions de COVNM des sources biotiques dans la basse atmosphère en France (modèle COBRA) - Mai 2003
- [294] GUENTHER A-B - Seasonal and spatial variation in natural volatile organic compound emissions. Ecological Application, 1997, vol. 7, pp 34-45
- [485] MAAF / SSP – Résultats des Enquêtes Pratiques Culturelles 1994, 2001, 2006, 2011 et 2017
- [424] INRA INFOSOL – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009
- [672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol 4.
- [719] INRA, Unité Infosol, Base de données géographique des sols de France, 1999.
- [720] Cubizolle, H., Mouandza, M. M., & Muller, F. (2013). Mires and Histosols in French Guiana (South America): new data relating to location and area. Mires and Peat, 12(3), 1-10.
- [923] Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC



[962] INRA, Projet C-SOPRA (Prédiction des impacts des pratiques culturales sur le stockage et déstockage de C organique en sols agricoles) (2020).

[963] INRA, Etude 4 pour 1000 (Le potentiel de l'agriculture et de la forêt françaises en vue de l'objectif d'un stockage de carbone dans les sols à hauteur de 4 pour mille) (2019).

[1202] Atlas des tourbières de l'université de Franche Comté – WWF. 2025

[1203] Copernicus (Commission européenne / AEE), données High Resolution Layers, disponible en ligne : <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>

[1204] Agence de Services et de Paiements (ASP), données du Registre Parcellaire Graphique (RPG), base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune (PAC). Données annuelles depuis 2007 disponibles en ligne : <https://geoservices.ign.fr/rpg>

## Caractéristiques de la catégorie (NID) :

### Définitions

#### Définition de « terres cultivées » et sous-catégories

La catégorie des « terres cultivées », ou « Cultures », comprend les terres cultivées et labourées, les prairies temporaires et les jachères, ainsi que les parcelles en agroforesterie pour lesquelles la définition de forêt ne s'applique pas.

Cette catégorie comprend les sous-catégories suivantes :

- Les cultures annuelles, légumes et fleurs (céréales, racines et tubercules, cultures industrielles, légumes secs, légumes frais, fleurs).
- Les cultures permanentes qui restent en place pendant plus d'une campagne agricole (arbres fruitiers, baies, vignes, oliviers, pépinières, etc.).
- Les prairies temporaires et jachères (une prairie est dite temporaire lorsque le semis date d'au maximum 5 ans lors de l'enquête ce qui représente un maximum de 6 récoltes).

**Tableau 38 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Terres Cultivées**

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
1	Agricole	10	Agricole à définir	100	Agricole indéfini
		11	Cultures annuelles, légumes et fleurs	110	Cultures annuelles, légumes et fleurs indéfinies
				11bh	Blé tendre d'hiver
				11bp	Blé tendre de printemps
				11dh	Blé dur d'hiver
				11dp	Blé dur de printemps
				11cz	Colza
				11ah	Avoine d'hiver
				11ap	Avoine de printemps
				11lf	Légumes ou fleurs
				11be	Betterave industrielle
				11cf	Choux, racines et tubercules fourragers
				11ci	Autres cultures industrielles
				11ls	Légumes secs
				11mf	Maïs fourrage
				11mg	Maïs grain
				11oh	Orge d'hiver
				11op	Orge de printemps
				11xc	Autres céréales
				11pf	Plantes à fibres
				11pg	Pois protéagineux
				11pm	Pomme de terre
				11sh	Seigle d'hiver

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
				11so	Sorgho
				11sp	Seigle de printemps
				11th	Triticale d'hiver
				11to	Tournesol
				11tp	Triticale de printemps
				11xf	Autres fourrages annuels
				11xo	Autres oléagineux
				11xp	Autres protéagineux
		12	Cultures permanentes	120	Cultures permanentes indéfinies
				12vi	Vignes
				12ol	Oliveraies
				12cq	Fruits à coque
				12af	Autres arbres fruitiers
				12cp	Autres cultures permanentes
		13	Prairies temporaires et jachères	130	Prairies temporaires et jachères indéfinies
				13pa	Prairies artificielles
				13pt	Prairies temporaires
				13jh	Jachères

#### Définition de « terres cultivées gérées » (managed cropland)

Dans le cadre du règlement européen 2018/841 dit LULUCF, pour la première période de rapportage (2021-2025), les « terres cultivées gérées » correspondent aux terres cultivées restant terres cultivées ; aux prairies, zones humides, établissements ou autres terres, convertis en terres cultivées ; et aux terres cultivées converties en zones humides, établissements ou autres terres.

#### Définition de « terres cultivées restant terres cultivées » et « terres devenant terres cultivées »

La catégorie des terres cultivées restant terres cultivées est une catégorie utilisée pour le rapportage. Elle correspond, par convention, aux surfaces classées en dans la catégorie « Cultures » l'année N et l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec). Dans les faits, cela inclut des terres qui ont pu changer d'usage et redevenir Cultures.

La catégorie des terres devenant terres cultivées correspond à l'ensemble des terres en Cultures l'année N mais dans une autre catégorie l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec).

## Méthode générale d'estimation des émissions (NID) :

### **Approche et données**

#### Approche générale

Les flux de carbone sont estimés en deux temps :

1. Dans un premier temps, la routine du *modèle de variation de stock par maille* estime, pour chaque année, et chaque compartiment, les flux par variation du stock :
  - pour tous les compartiments, en fonction des changements d'usage (y compris les changements entre sous-catégories d'une même catégorie Giec, par exemple entre blé et vigne) ;
  - pour le compartiment des sols minéraux, en fonction des changements de pratique (en plus des changements d'usage).
2. Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée, d'autres flux de carbone sont ajoutés : flux complémentaires liés à la biomasse ligneuse type forêt (récolte de bois hors forêt...) ; sols organiques drainés ; etc.

## **TERRES CULTIVEES RESTANT TERRES CULTIVEES**

La catégorie « Terres cultivées restant terres cultivées » inclut des terres changeant de sous-catégories, par exemple des conversions entre cultures annuelles, cultures pérennes et prairies temporaires ; et des terres restant dans la même sous-catégorie.

### **Biomasse vivante (terres cultivées restant terres cultivées)**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Ces flux sont estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille (voir l'Annexe UTCATF\_suividerterres).

#### Flux estimés en complément [lb\_cp]

Dans les terres cultivées restant terres cultivées, on estime des flux complémentaires pour la croissance nette de la biomasse. L'IFN ne couvrant pas ces terres dans son inventaire, il n'existe pas non plus de données précises sur l'accroissement annuel ou les prélèvements de la biomasse ligneuse des terres cultivées qui permettrait d'appliquer une véritable « méthode des flux » (gains - pertes). Il est donc considéré que l'accroissement compense le prélèvement sur la récolte pour les terres de cette catégorie. La biomasse récoltée est supposée être uniquement à destination du bois de feu laquelle est estimée au travers de statistiques de consommation énergétique (méthode et valeurs décrites dans la section *Biomasse vivante – Forêt restant Forêts*, voir *tableau Récoltes de bois*). Si le modèle de variation de stock à la maille détecte des pertes de biomasse ligneuse liées aux changements d'usage des terres, ces flux sont déduits des récoltes de bois hors forêt. Le flux final (récoltes moins volume issu des changements d'usage) permet d'estimer les récoltes en cultures restant cultures. Ce flux est affecté à la catégorie vergers, et des gains du même ordre sont appliqués pour la repousse.

Du brûlage de résidus est associé à la récolte de bois énergie en vignes et vergers. Comme pour le brûlage des rémanents en forêt, celui-ci génère différents gaz à effet de serre directs et indirects, ainsi que des polluants (N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO et CH<sub>4</sub>) en plus du CO<sub>2</sub>. Ces émissions sont estimées à partir des facteurs d'émission du GIEC 2006 (voir équation 24 forêts).

Des flux de carbone dans la biomasse liés à l'évolution du linéaire de haies en cultures sont pris en compte. La méthodologie est décrite dans la section *UTCATF – général*.

### **Bois mort (terres cultivées restant terres cultivées)**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerterres, section CARBONE.

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire pour ce compartiment.

### **Litière (terres cultivées restant terres cultivées)**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerterres, section CARBONE.

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire pour ce compartiment.

### **Matière organique du sol (terres cultivées restant terres cultivées) – sols minéraux**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerterres, section CARBONE.

En Outre-mer, faute de données sur les changements de pratiques, aucune variation de stock de carbone des sols minéraux en cultures restant cultures n'est estimée.

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire de CO<sub>2</sub> pour ce compartiment.

### Emissions de N<sub>2</sub>O associées

L'estimation des émissions *directes* de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation du carbone du sol se base sur les valeurs par défaut fournies par le Giec 2006 (eq. 11.8) pour le ratio C : N (15, ou 10 dans le cas des variations entre catégories de cultures), et le facteur d'émission de 0.01 tN-N<sub>2</sub>O/tN. L'estimation des émissions *indirectes* de N<sub>2</sub>O liées à la lixiviation de l'azote libéré lors de la minéralisation du carbone du sol prennent aussi en considération les paramètres de calculs fournis par le Giec (2006), à savoir la fraction lixiviée de 0,3 tN/tN et le facteur d'émission de 0,0075 tN-N<sub>2</sub>O/tN (table 11.3). Néanmoins, comme les terres cultivées sans changement voient leur stock de carbone du sol augmenter, aucune émission de N<sub>2</sub>O associée à la perte de carbone (minéralisation) n'a lieu.

### **Matière organique du sol (terres cultivées restant terres cultivées) – sols organiques**

Les sols organiques cultivés génèrent des émissions de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O liées à leur drainage. Les surfaces de sols organiques sont obtenues de manière spatialement explicite en utilisant plusieurs jeux de données cartographiques pertinents, que ce soit pour la France hexagonale (Atlas des tourbières de l'université de Franche Comté - WWF [1202]) ou pour la Guyane [720]. Ces cartes sont croisées avec le modèle de suivi des terres spatialement explicite Citepa pour la France hexagonale ou avec des cartes d'occupation du sol (*Corine Land Cover*) pour la Guyane afin de caractériser les surfaces par usage des terres. Les surfaces des sols organiques classées en terres cultivées sont par défaut considérées comme drainées et par conséquent source d'émission, les facteurs d'émissions appliqués proviennent du Supplément du GIEC sur les Zones Humides [923] (voir plus bas).

## **TERRES DEVENANT TERRES CULTIVEES**

### **Biomasse vivante (terres devenant terres cultivées)**

Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

La série temporelle des flux de CO<sub>2</sub> liées aux conversions de terres par sous-catégorie de culture pérenne est disponible par région et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

Des émissions complémentaires de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants associées au brûlage d'une partie de la biomasse perdue lors d'une déforestation sont estimées, quelle que soit la catégorie finale. La part de la quantité de biomasse brûlée sur site est estimée par hypothèse à 20% avec une fraction oxydée de 90% [199, p.93]. Les émissions associées de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants sont calculées sur la base de cette quantité de carbone de la biomasse brûlée sur site, et de facteurs d'émissions issus du Giec [199] – voir ci-après.

### **Bois mort (terres devenant terres cultivées)**

Les variations de stocks du compartiment bois mort pour les terres devenant terres cultivées sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

### **Litière (terres devenant terres cultivées) [lt]**

Les variations de stocks du compartiment litière pour les terres devenant terres cultivées sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

### **Matière organique du sol (terres devenant terres cultivées) – sols minéraux [s\_min]**

Les variations de stocks du compartiment sols minéraux pour les terres devenant terres cultivées sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

Il peut s'agir, selon les cas, d'une émission ou d'une absorption de carbone. S'il s'agit d'une perte de carbone, elle s'accompagne également d'une perte de l'azote contenu dans le sol sous forme de N<sub>2</sub>O (Giec 2006 [672]). Cette émission de N<sub>2</sub>O n'est pas liée à l'utilisation de fertilisants azotés en agriculture mais à la symbiose des cycles de l'azote et du carbone dans les sols. On notera que dans le cas d'une transition inverse (passage d'une terre cultivée vers un autre usage), le gain en carbone n'est pas associé à un puits de N<sub>2</sub>O.

La série temporelle des flux de CO<sub>2</sub> liées aux conversions de terres par sous-catégorie de culture pérenne est disponible par région et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

## **Emissions de CO<sub>2</sub>**

### Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock des différents compartiments carbone associées aux terres cultivées changeant de sous-catégorie ou aux terres converties en terres cultivées entraînent des flux de CO<sub>2</sub>. Des flux de carbone complémentaires liés aux récoltes de bois et à la repousse associée sont aussi pris en compte. La conversion du flux de C en CO<sub>2</sub> se base sur le rapport des masses moléculaires (44/12).

### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions directes et indirectes de CO<sub>2</sub> liées aux surfaces des sols organiques (histosols) drainés sur sols cultivés sont estimées en appliquant les facteurs d'émission du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.1) : 7,9 tCO<sub>2</sub>/ha/an en France hexagonale et 14t CO<sub>2</sub>/ha/an pour la Guyane ; ainsi que et 0,1 tCO<sub>2</sub>/ha/an dans les deux zones pour les émissions indirectes.

### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage sont incluses dans les estimations liées à la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Aucune émission supplémentaire n'est calculée.

## **Emissions de CH<sub>4</sub>**

### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions de CH<sub>4</sub> liées aux surfaces des sols organiques (histosols) drainés sur sols cultivés sont estimées en appliquant les facteurs d'émission proviennent du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.3) : 0 tCO<sub>2</sub>/ha/an en France hexagonale et en Guyane.

### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au brûlage

Du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, quelle que soit la catégorie de destination. Des émissions de CH<sub>4</sub> associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,012 tCH<sub>4</sub>/tC [199, table 3A.1.15].

De plus, conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH<sub>4</sub> issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois est également prise en compte. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

## **Emissions de N<sub>2</sub>O**

### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation des terres agricoles sont intégralement rapportées dans le secteur agriculture.

### Emissions de N<sub>2</sub>O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées au drainage des sols organiques (histosols) cultivés sont estimées et rapportées dans le secteur Agriculture.

### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols

Conformément aux recommandations du GIEC, si une conversion d'une terre en Culture s'accompagne d'une perte de carbone (exemple : Forêt vers Culture ou Prairie vers Culture), alors elle entraîne une émission de N<sub>2</sub>O liée à la minéralisation de l'azote. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672]. Ces émissions sont rapportées en UTCATF.

Pour les terres cultivées sans changement d'utilisation des terres, les flux associés à la minéralisation doivent être rapportés dans le secteur Agriculture. Ces flux sont nuls car les terres cultivées restant terres cultivées présentent un puits de carbone au niveau des sols.

#### Emissions de $N_2O$ liées au brûlage

Du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, quelle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $N_2O$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,007 t $N_2O$ /tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50].

De plus, conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de  $N_2O$  issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois est prise en compte (en vignes et vergers). Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de $SO_2$**

#### Emissions de $SO_2$ liées au brûlage

Compte tenu des spécificités actuelles du rapportage international, les émissions correspondantes sont négligées.

### **Emissions de $NO_x$ , CO**

#### Emissions de $NO_x$ , CO liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, quelle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $NO_x$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,121 t $NO_x$ /tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50]. Des émissions de CO associées à ce brûlage sont aussi estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,06 tCO/tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de COVNM**

#### Emissions de COVNM de la végétation (biotiques)

Les cultures contribuent aux émissions de COVNM (isoprène, mono terpènes et autres COV) dans le total national. Elles sont estimées au moyen d'un modèle d'émission (COBRA) [92] basé sur les équations développées par Günther et al [294] décrit dans la section Agriculture.

#### Emissions de COVNM liées au brûlage

Quant au brûlage, compte tenu des spécificités actuelles du rapportage international, les émissions correspondantes sont négligées.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Prairies (Grassland)

Cette section concerne les émissions / absorptions par les prairies. Deux types de prairies sont distingués : les prairies établies depuis plus de 20 ans (prairies restant prairies) et les prairies issues d'un changement d'usage d'une terre sur la période de 20 ans précédant l'année d'inventaire considérée (terres devenant prairies).

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4C
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.33.01 à 11.33.16
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

### Niveau de méthode :

Se référer à la section UTCATF-Général - Description du secteur.

### Références utilisées :

- [294] GUENTHER A-B - Seasonal and spatial variation in natural volatile organic compound emissions. Ecological Application, 1997, vol. 7, pp 34-45
- [424] INRA INFOSOL – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009
- [485] MAAF / SSP – Résultats des Enquêtes Pratiques Culturelles 2001, 2006, 2011 et 2017
- [672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.
- [719] INRA, Unité Infosol, Base de données géographique des sols de France, 1999.
- [720] Cubizolle, H., Mouandza, M. M., & Muller, F. (2013). Mires and Histosols in French Guiana (South America): new data relating to location and area. Mires and Peat, 12(3), 1-10.
- [923] Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC
- [962] INRA, Projet C-SOPRA (Prédiction des impacts des pratiques culturales sur le stockage et déstockage de C organique en sols agricoles) (2020)
- [963] INRA, Etude 4 pour 1000 (Le potentiel de l'agriculture et de la forêt françaises en vue de l'objectif d'un stockage de carbone dans les sols à hauteur de 4 pour mille) (2019)



[1202] Atlas des tourbières de l'université de Franche Comté - WWF - Travaux issus de la thèse de Lise Pinault

[1203] Copernicus (Commission européenne / AEE), données High Resolution Layers, disponible en ligne : <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>

[1204] Agence de Services et de Paiements (ASP), données du Registre Parcellaire Graphique (RPG), base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune (PAC). Données annuelles depuis 2007 disponibles en ligne : <https://geoservices.ign.fr/rpg>

## Caractéristiques de la catégorie (NID) :

### Définitions

#### Définition de « Prairie » et sous-catégories

La catégorie des « Prairies » est la traduction de la catégorie « Grassland » du Giec. Cette catégorie ne correspond pas à la définition usuelle du terme « prairies » en français : elle inclut les superficies en herbe et des surfaces arborées ou recouvertes d'arbustes qui ne correspondent pas à la définition de la forêt et ne rentrent pas dans les catégories culture ou zone artificialisée.

Cette catégorie comprend les sous-catégories suivantes :

- Prairies permanentes. Il s'agit des zones couvertes d'herbe d'origine naturelle ou qui ont été semées il y a plus de 5 ans (contrairement aux prairies temporaires comptées en terres cultivées).
- Végétation naturelle et semi-naturelle hors forêt (Bosquet (surface boisée < 0,5 ha) ; Landes, clairières, broussailles ; Maquis, garrigues ; Alpagnes, pelouses naturelles ; Prairies arbustives).

Ces classes d'occupation du sol se distinguent par des différences de présence et densité de biomasse (strate arborée, arbustive et herbacée) : leur stock de carbone dans la biomasse et dans les sols est donc différent.

**Tableau 39: Extrait de la nomenclature pour la catégorie Prairies**

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
1	Agricole	14	Prairies permanentes	14pp	Prairies permanentes
2	Végétation naturelle et semi-naturelle	22	Végétation naturelle hors forêt	220	Végétation naturelle hors forêt indéfinie
				22bq	Bosquet
				22la	Landes, clairières, broussailles
				22mq	Maquis, garrigues
				22pe	Alpagnes, pelouses naturelles

#### Définition de « prairies gérées » (managed grassland)

Dans le cadre du règlement européen 2018/841 dit LULUCF, pour la première période de rapportage (2021-2025), les « prairies gérées » correspondent aux prairies restant prairies ; terres cultivées, zones humides, établissements ou autres terres, convertis en prairies ; et prairies converties en zones humides, établissements ou autres terres.

#### Définition de « prairies restant prairies » et « terres devenant prairies »

La catégorie des prairies restant prairies est une catégorie utilisée pour le rapportage. Elle correspond, par convention, aux surfaces classées en dans la catégorie « Prairies » l'année N et l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec). Dans les faits, cela inclut des terres qui ont pu changer d'usage et redevenir Prairies.

La catégorie des terres devenant Prairies correspond à l'ensemble des terres en Prairie l'année N mais dans une autre catégorie l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec).

# Méthode générale d'estimation des émissions (NID) :

## **Approche et données**

### Approche générale

Les flux de carbone sur l'ensemble des terres sont estimés en deux temps :

1. Dans un premier temps, la routine du *modèle de variation de stock par maille* estime, pour chaque année, et chaque compartiment, les flux par variation du stock :
  - pour tous les compartiments, en fonction des changements d'usage (y compris les changements entre sous-catégories d'une même catégorie Giec) ;
  - pour le compartiment des sols minéraux, en fonction des changements de pratique (en plus des changements d'usage).
2. Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée, d'autres flux de carbone sont ajoutés : flux complémentaires liés à la biomasse ligneuse type forêt (récolte de bois hors forêt...) ; sols organiques drainés ; etc.

## **PRAIRIES RESTANT PRAIRIES**

La catégorie « Prairies restant prairies » inclut des terres changeant de sous-catégories, par exemple des conversions entre prairies permanentes et végétation hors forêt ; et des terres restant dans la même sous-catégorie.

### **Biomasse vivante (prairies restant prairies)**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suivides terres, section CARBONE.

#### Flux estimés en complément

Dans les prairies restant prairies, on estime des flux complémentaires pour la croissance nette de la biomasse. L'IFN ne couvrant pas ces terres dans son inventaire, il n'existe pas non plus de données précises sur l'accroissement annuel ou les prélèvements de la biomasse ligneuse des prairies qui permettrait d'appliquer une véritable « méthode des flux » (gains - pertes). Il est donc considéré que l'accroissement compense le prélèvement sur la récolte pour les terres de cette catégorie. La biomasse récoltée est supposée être uniquement à destination du bois de feu laquelle est estimée au travers de statistiques de consommation énergétique (méthode et valeurs décrites dans la section Biomasse vivante – Forêt restant Forêts, voir tableau Récoltes de bois). Si le modèle de variation de stock à la maille détecte des pertes de biomasse ligneuse liées aux changements d'usage des terres, ces flux sont déduits des récoltes de bois hors forêt. Le flux final (récoltes moins volume issu des changements d'usage) permet d'estimer les récoltes en prairies restant prairies. Ces flux sont affectés aux catégories de prairies arbustives, et des gains du même ordre sont appliqués pour la repousse. De la même façon, si des pertes sont considérées en lien avec les feux de forêt en prairies arbustives, une repousse est prise en compte, pendant 20 ans, pour reconstituer les stocks détruits.

Du brûlage de résidus est associé à la récolte de bois énergie en prairies arbustives. Comme pour le brûlage des rémanents en forêt, celui-ci génère différents gaz à effet de serre directs et indirects, ainsi que des polluants (N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO et CH<sub>4</sub>) en plus du CO<sub>2</sub>. Ces émissions sont estimées à partir des facteurs d'émission du GIEC 2006 (voir équation 24 - Forêts).

Des flux de carbone dans la biomasse liés à l'évolution du linéaire de haies en prairies sont pris en compte. La méthodologie est décrite dans la section UTCATF – général.

### **Bois mort (prairies restant prairies)**

#### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire pour ce compartiment.

#### **Litière (prairies restant prairies) [lt]**

##### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

#### Flux estimés en complément

Pas de flux complémentaire pour ce compartiment.

#### **Matière organique du sol (prairies restant prairies) – sols minéraux [s\_min]**

##### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

En Outre-mer, faute de données sur les changements de pratiques, aucune variation de stock de carbone des sols minéraux en prairies restant prairies n'est estimée.

#### Flux estimés en complément

Des émissions de N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote) associées à la minéralisation de l'azote lors d'une perte de carbone du sol sont estimées et calculées en cohérence avec les pertes de carbone estimées pour les Prairies restant prairies. L'estimation des émissions *directes* de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation du carbone du sol se base sur les valeurs par défaut fournies par le Giec 2006 (eq. 11.8) pour le ratio C/N (15), et le facteur d'émission de 0,01 tN-N<sub>2</sub>O/tN. L'estimation des émissions *indirectes* de N<sub>2</sub>O liées à la lixiviation de l'azote libéré lors de la minéralisation du carbone du sol prennent aussi en considération les paramètres de calculs fournis par le Giec (2006), à savoir la fraction lixiviée de 0,3 tN/tN et le facteur d'émission de 0,0075 tN-N<sub>2</sub>O/tN (table 11.3).

#### **Matière organique du sol (prairies restant prairies) – sols organiques**

Les sols organiques cultivés génèrent des émissions de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O liées à leur drainage. Les surfaces de sols organiques sont obtenues de manière spatialement explicite en utilisant plusieurs jeux de données cartographiques pertinents, que ce soit pour la France hexagonale (Atlas des tourbières de l'université de Franche Comté - WWF [1202]) ou pour la Guyane [720]. Ces cartes sont croisées avec le modèle de suivi des terres spatialement explicite Citepa pour la France hexagonale ou avec des cartes d'occupation du sol (Corine Land Cover) pour la Guyane afin de caractériser les surfaces par usage des terres. Les surfaces des sols organiques classées en prairies permanentes sont considérées comme drainées et par conséquent source d'émission, les facteurs d'émissions appliqués proviennent du Supplément du GIEC sur les Zones Humides [923] (voir plus bas).

### **TERRES DEVENANT PRAIRIES**

#### **Biomasse vivante (terres devenant prairies) [lb\_f ; lb\_cp ; lb\_ca ; lb\_hh]**

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

La série temporelle des flux de CO<sub>2</sub> liées aux conversions de terres par sous-catégorie de prairies est disponible par région et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

Des émissions complémentaires de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants associées au brûlage d'une partie de la biomasse perdue lors d'une déforestation sont estimées, qu'elle que soit la catégorie finale. La part de la quantité de biomasse brûlée sur site est estimée par hypothèse à 20% avec une fraction oxydée de 90% [199, p.93]. Les émissions associées de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants sont calculées sur la base de cette quantité de carbone de la biomasse brûlée sur site, et de facteurs d'émissions issus du Giec [199] – voir ci-après.

#### **Bois mort (terres devenant prairies)**

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

#### **Litière (terres devenant prairies)**

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

#### **Matière organique du sol (terres devenant prairies) -**

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividesterres, section CARBONE.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

### **Emissions de CO<sub>2</sub>**

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock des différents compartiments carbone associées aux prairies changeant de sous-catégorie ou aux terres converties en prairies entraînent des flux de CO<sub>2</sub>. Des flux de carbone complémentaires liés aux récoltes de bois et à la repousse associée sont aussi pris en compte. La conversion du flux de C en CO<sub>2</sub> se base sur le rapport des masses moléculaires (44/12).

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions directes et indirectes de CO<sub>2</sub> liées aux surfaces des sols organiques (histosols) drainés en prairie sont estimées en appliquant les facteurs d'émission du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.1) : 3,6 tCO<sub>2</sub>/ha/an en France hexagonale et 9,6 t CO<sub>2</sub>/ha/an pour la Guyane ; ainsi que et 0,1 tCO<sub>2</sub>/ha/an dans les deux zones pour les émissions indirectes.

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage sont incluses dans les estimations liées à la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Aucune émission supplémentaire n'est calculée.

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions de CH<sub>4</sub> liées aux surfaces des sols organiques (histosols) drainés en prairie sont estimées en appliquant les facteurs d'émission proviennent du Supplément 2013 du GIEC sur les Zones Humides ([923] chap.1 table 2.3) : 30 KgCH<sub>4</sub>/ha/an en France hexagonale et en Guyane.

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au brûlage

Du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de CH<sub>4</sub> associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,012 tCH<sub>4</sub>/tC [199, table 3A.1.15].

De plus, conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CH<sub>4</sub> issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois est également prise en compte (en prairies arbustives). Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation des terres agricoles sont intégralement rapportées dans le secteur agriculture.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées au drainage ou à la remise en eau

Les émissions liées au drainage ou à la remise en eau sont actuellement négligées dans l'inventaire français.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols

Des émissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols, lors d'une perte de carbone, sont estimées.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées au brûlage

Du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de N<sub>2</sub>O associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,007 tN<sub>2</sub>O/tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50].

De plus, conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de N<sub>2</sub>O issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois est également prise en compte. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

#### Emissions de SO<sub>2</sub> liées au brûlage

Compte tenu des spécificités actuelles du rapportage international, les émissions correspondantes sont négligées.

### **Emissions de NO<sub>x</sub>, CO**

#### Emissions de NO<sub>x</sub>, CO liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de NO<sub>x</sub> associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,121 tNO<sub>x</sub>/tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50]. Des émissions de CO associées à ce brûlage sont aussi estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,06 tCO/tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de COVNM**

#### Emissions de COVNM de la végétation (biotiques)

Les prairies contribuent aux émissions de COVNM (isoprène, monoterpènes et autres COV) dans le total national. Elles sont estimées au moyen d'un modèle d'émission (COBRA) [92] basé sur les équations développées par Günther et al [294] décrit dans la section agriculture.

#### Emissions de COVNM liées au brûlage

Quant au brûlage, compte tenu des spécificités actuelles du rapportage international, les émissions correspondantes sont négligées.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Zones humides (Wetlands)

Cette section concerne les flux de carbone associés aux zones humides (ou « terres humides »). Au titre de la CCNUCC, les catégories de rapportage des zones humides distinguent d'une part les zones humides restant zones humides et les terres converties en zones humides ; et d'autre part, parmi les zones humides, les tourbières exploitées, les terres inondées, et les autres zones humides.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4D
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.34.01 à 11.34.16
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

### Niveau de méthode :

Se référer à la section UTCATF-Général - Description du secteur.

### Références utilisées :

- [424] INRA INFOSOL – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009
- [672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.
- [1306] Eulry M. 1983. Recherches de gisements de tourbes en Languedoc-Roussillon. Sitologie et données économiques, Etude de quatre tourbières du Plateau d'Aubrac. BRGM.
- [1307] Manneville Olivier, 1999. Les tourbières de France : causes de régression, intérêts de leur conservation, mise au point nomenclature. Le Journal Botanique. 12pp 73-82.
- [1308] Le lien horticole n°848-849, juin 2013.
- [1309] Echo des tourbières n°14, juillet 2007, p.1.
- [1310] Julve, Philippe (1994). Les tourbières de France : répartition, caractères biogéographiques, fonctionnement écologique et dynamique, valeur patrimoniale. Bulletin de l'Association de Géographes Français, 1994. 71-3 pp. 287-293
- [1311] Conservatoires d'Espaces Naturels. Pôle Tourbière. 2006. A la découverte des tourbières. "Les menaces".
- [1312] Joosten H. 2009. Global Status of Peatland CO2 picture. Peatland status and emissions in all countries of the world. Greifswald University, Wetlands International, Ede.

[1313] Barthélémy F., 1999. Mémento roches et minéraux industriels la tourbe et les tourbières. Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 99-G-185.

## Caractéristiques de la catégorie (NID) :

### Définitions

#### Définition de « terres humides »

La catégorie des « Terres humides », ou zones humides, est la traduction de la catégorie « Wetlands » du Giec. Cette catégorie ne correspond pas exactement à la définition des zones humides de la Convention Ramsar ou utilisée dans d'autres contextes.

Dans le cadre de l'inventaire UTCATF, il s'agit à la fois des zones humides et en eau : terres recouvertes ou saturées d'eau pendant tout ou une partie de l'année et qui n'entrent pas dans l'une des autres catégories (hormis la catégorie "Autres terres"). Cette catégorie exclut donc les sols organiques cultivés ou sous prairie. En effet, des terres en sols organiques peuvent appartenir à différents usages des terres, pas uniquement « Zones humides », même si dans d'autres contextes ces sols organiques sont appelés *zones humides*. Cette catégorie inclut notamment les retenues d'eau, les rivières et les lacs.

Pour le calcul des flux de carbone, l'inventaire distingue les classes d'occupation du sol suivantes : Zone en eau naturelle (mer, océan, lac, rivière...) ; Zone inondée (artificiellement) - bassins, aquaculture, étang de pisciculture, zones de stockage de l'eau ; Tourbières (exploitées ou non) ; Marais salants et Autres zones humides (roselières...).

**Tableau 40 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Zones humides**

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
4	Autres	41	Zones humides et en eau	410	Zones humides et en eau indéfinies
				41ea	Zone en eau naturelle (mer, océan, lac, rivière...)
				41in	Zone inondée (artificiellement) - bassins, aquaculture, étang de pisciculture, zones de stockage de l'eau
				41tb	Tourbières
				41ms	Marais salants
				41zh	Autres zones humides (roselières...)

#### Définition de « terres humides gérées » (managed wetlands)

Dans le cadre du règlement européen 2018/841 dit LULUCF, pour la seconde période de rapportage (2026-2030), les « zones humides gérées » correspondent aux zones humides restant zones humides ; établissements ou autres terres convertis en zones humides ; et zones humides converties en établissements ou autres terres.

#### Définition de « terres humides restant terres humides » et « terres devenant terres humides »

La catégorie des zones humides restant zones humides est une catégorie utilisée pour le rapportage. Elle correspond, par convention, aux surfaces classées en dans la catégorie « Zones humides » l'année N et l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec). Dans les faits, cela inclut des terres qui ont pu changer d'usage et redevenir Zones humides.

La catégorie des terres devenant Zones humides correspond à l'ensemble des terres en Zones humides l'année N mais dans une autre catégorie l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec).

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :



## Approche et données

### Approche générale

Les flux de carbone sur l'ensemble des catégories de terres sont estimés en deux temps :

3. Dans un premier temps, la routine du *modèle de variation de stock par maille* estime, pour chaque année, et chaque compartiment, les flux par variation du stock pour tous les compartiments, en fonction des changements d'usage (y compris les changements entre sous-catégories d'une même catégorie Giec) ;
4. Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée, d'autres flux de carbone sont ajoutés : sols organiques drainés ; émissions de N<sub>2</sub>O liés à la perte de carbone, etc.

### ZONES HUMIDES RESTANT ZONES HUMIDES

La catégorie « Zones humides restant zones humides » inclut des terres changeant de sous-catégories, par exemple des conversions entre surfaces en eau et autre zones humides ; et des terres restant dans la même sous-catégorie.

#### **Biomasse vivante (zones humides restant zones humides)**

Les variations de stocks de ce compartiment sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerterres, section CARBONE.

#### **Bois mort et litière (zones humides restant zones humides)**

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerterres, section CARBONE.

#### **Matière organique du sol (zones humides restant zones humides) – sols minéraux**

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerterres, section CARBONE.

#### **Matière organique du sol (zones humides restant zones humides) – sols organiques**

Une estimation des pertes de carbone dans les sols organiques dues à l'extraction de la tourbe en France hexagonale a été menée en combinant des données sur les surfaces exploitées et les quantités extraites, issues de publications scientifiques [1306], [1307], [1310], [1312], ainsi que d'articles de médias et d'organismes spécialisés [1308], [1309], [1311]. À partir des années 2000, le nombre de sites de production encore en activité ayant diminué, les données d'activité ont été complétées par une enquête réalisée auprès des acteurs de la profession. Les pertes de carbones associées à ces activités sont estimées uniquement pour le carbone du sols et attribuées aux surfaces de sols organiques des terres en zones humides restant zones humides.

Les émissions GES sont calculées avec la méthode tier 1 qui implique l'estimation des émissions dites « On-site » et « Off-site » selon les équations 7.2 à 7.5 des Guidelines 2006 du Giec (Vol 4, chap 7, Managed Peatlands) [672]. Le calcul des émissions « Off-site » se base sur les quantités annuelles de tourbe extraites traduites en émission de CO<sub>2</sub> uniquement. En France, la tourbe extraite est principalement destinée à des usages horticoles et correspond à de la tourbe noire herbacées de type carex, minérotrophe et riche en nutriments (dite Fen). La part de tourbe pauvre en nutriment (dite bog) est par conséquent considérée comme négligeable pour le calcul.

Les émissions associées à l'extraction de tourbe rapportées à l'hectare par la France peuvent apparaître nettement plus élevées que celles observées dans d'autres pays. Cet écart résulte principalement de différences de périmètre plutôt que d'un comportement intrinsèquement plus émissif des sites français. En effet, en France, l'extraction de tourbe se fait principalement sur des zones inondées et, par conséquent, non drainées. Les émissions rapportées sont donc uniquement estimées à partir des quantités de tourbe extraites (émissions « off-site »). Par ailleurs, les surfaces mobilisées dans les données d'activité correspondent uniquement aux sites toujours en exploitation : lorsque l'exploitation d'un site s'arrête, les surfaces ne sont plus comptabilisées dans les données d'activité. Dans les autres pays, les surfaces peuvent être plus larges, incluant potentiellement d'anciens sites d'extraction toujours dégradés ou des sols organiques drainés.

Enfin, lorsque la tourbe extraite est destinée à des usages de production énergétique, les émissions « off-site » sont comptabilisées dans le secteur énergie et ne pèsent plus sur le secteur UTCATF. Or, en France l'usage de la tourbe est exclusivement à vocation horticole et non énergétique, le secteur UTCATF conserve donc l'ensemble des émissions dans l'allocation.

### **TERRES DEVENANT ZONES HUMIDES**

La catégorie Terres devenant Zones humides peut comprendre à la fois les créations, anthropiques ou non, de terres inondées ou de la création ou re-crédation de zones humides. Les surfaces associées sont donc faibles. Pour certaines sous-catégories de zones humides, les stocks de carbone dans la biomasse herbacée et dans le sol sont élevés : les terres converties vers ces catégories peuvent donc générer une hausse progressive de leur stock de carbone sur ces compartiments, et donc, en fonction de la catégorie initiale, générer une séquestration de CO<sub>2</sub>.

#### Tous compartiments – flux de carbone

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suivides terres, section CARBONE.

#### N<sub>2</sub>O de la minéralisation liée à la perte de C du sol

Des émissions complémentaires de N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote) associées à la minéralisation de l'azote lors d'une perte de carbone du sol sont estimées et calculées en cohérence avec les pertes de carbone estimées pour les Terres devenant Zones Humides. L'estimation des émissions directes de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation du carbone du sol se base sur les valeurs par défaut fournies par le Giec 2006 (eq. 11.8) pour le ratio C/N (15), et le facteur d'émission de 0,01 tN-N<sub>2</sub>O/tN. L'estimation des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O liées à la lixiviation de l'azote libéré lors de la minéralisation du carbone du sol prennent aussi en considération les paramètres de calculs fournis par le Giec (2006), à savoir la fraction lixiviée de 0,3 tN/tN et le facteur d'émission de 0,0075 tN-N<sub>2</sub>O/tN (table 11.3).

#### Emissions liées au brûlage sur site de biomasse lors d'une déforestation

Des émissions complémentaires de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants associées au brûlage d'une partie de la biomasse perdue lors d'une déforestation sont estimées, qu'elle que soit la catégorie finale. La part de la quantité de biomasse brûlée sur site est estimée par hypothèse à 20% avec une fraction oxydée de 90% [199, p.93]. Les émissions associées de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants sont calculées sur la base de cette quantité de carbone de la biomasse brûlée sur site, et de facteurs d'émissions issus du Giec [199] – voir ci-après.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

### **Emissions de CO<sub>2</sub>**

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock de carbone associées aux terres converties en Zones Humides ou aux Zones Artificialisées changeant de sous-catégorie entraînent des flux de CO<sub>2</sub>. La conversion du flux de C en CO<sub>2</sub> se base sur le rapport des masses moléculaires (44/12).

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont déjà comptabilisées au niveau de la perte de carbone lors du calcul de la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Seules des émissions complémentaires d'autres gaz et substances sont estimées.

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées à l'extraction de tourbe (wetlands under Peat extraction)

Seules les émissions « Off-Site » sont prises en compte dans la catégorie « Peat extraction ». Ces émissions correspondent à la dégradation du carbone contenu dans la tourbe, considéré comme entièrement perdu l'année de l'extraction. La densité de la tourbe sèche est estimée à 0,4 t/m<sup>3</sup> [1312], et la fraction de carbone dans la tourbe est de 0,4 t C par tonne de

tourbe sèche à l'air (air-dry Rich peat) [672]. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont ensuite calculées en convertissant les quantités de carbone en CO<sub>2</sub> via le facteur de conversion 44/12.

Une analyse des potentiels écarts significatifs des facteurs d'émission rapportés par la France, en pertes de carbone ou de CO<sub>2</sub> à l'hectare, par rapport à d'autres pays est présentée dans la section précédente (*Matière organique du sol (zones humides restant zones humides) – sols organiques*)

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Aucune émission liée au drainage ou à la remise en eau n'est estimée pour la catégorie Zones Humides. Ces émissions sont uniquement estimées pour les sols organiques des cultures et de prairies et sont négligées sur les autres catégories.

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de CH<sub>4</sub> associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,012 tCH<sub>4</sub>/tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Aucune fertilisation n'est estimée sur les Zones humides.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées au drainage ou à la remise en eau

Aucune émission liée au drainage ou à la remise en eau n'est estimée pour la catégorie Zones Humides. Ces émissions sont uniquement estimées pour les sols organiques des cultures et de prairies et sont négligées sur les autres catégories.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols

Les émissions de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation des sols sont estimées en cohérence avec l'estimation des pertes de carbone.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de N<sub>2</sub>O associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,007 tN<sub>2</sub>O/tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

#### Emissions de SO<sub>2</sub> liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Pour ce brûlage les émissions de SO<sub>2</sub> associées ne sont pas estimées, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

### **Emissions de NO<sub>x</sub>, CO**

#### Emissions de NO<sub>x</sub>, CO liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de NO<sub>x</sub> associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,121 tNO<sub>x</sub>/tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50]. Des émissions de CO associées à ce brûlage sont aussi estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,06 tCO/tC [199, table 3A.1.15].

## **Emissions de COVNM**

### Emissions de COVNM de la végétation (biotiques)

Aucune émission de COV biotique n'est estimée, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

### Emissions de COVNM liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Pour ce brûlage les émissions de COVNM associées ne sont pas estimées, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Zones artificialisées ou établissements (settlements)

Cette section concerne les émissions par les changements d'occupation des terres à destination des usages « zones artificialisées ». Deux types de terres peuvent être distingués : les « zones artificialisées » établies depuis plus de 20 ans et « zones artificialisées » issues d'un changement d'usage d'une terre sur la période de 20 ans précédant l'année d'inventaire considérée.

Les zones artificialisées correspondent aux terres artificialisées, qu'elles soient bâties, revêtues, ou non (habitations, parcs urbains, routes, pelouses, etc.), non incluses dans les autres catégories.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4E
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.35.01 à 11.35.16
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

### Niveau de méthode :

Se référer à la section UTCATF-Général - Description du secteur.

### Références utilisées :

[424] INRA INFOSOL – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009

[672] Giec 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.

[721] Robert C. 2016, Comprendre les changements d'utilisation des terres en France pour mieux estimer leurs impacts sur les émissions de gaz à effet de serre. De l'observation à la modélisation. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Diderot, ADEME-CITEPA-LADYSS, 530p.

[199] Giec, Guide sur les Bonnes Pratiques pour l'UTCATF, 2003.

# Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

## Définitions

### Définition de « zones artificialisées »

Zones artificialisées est l'expression usuellement employée dans le cadre de l'inventaire UTCATF de la France pour traduire le terme du Giec « *Settlements* », dont la traduction officielle est « Etablissements ». Le terme « artificialisé » ne doit pas être compris ici dans un sens strict (la majorité du paysage en France étant, à un certain degré, marqué par l'anthropisation et étant une création artificielle) mais dans le sens restreint des espaces associés aux lieux construits (habitations, infrastructures industrielles, commerciales, de transport) et aux espaces associés, tant que ceux-ci ne sont pas déjà comptabilisés dans une autre catégorie. Cette catégorie peut donc inclure des terres enherbées ou boisées si leur utilisation principale n'est ni agricole ni forestière, c'est le cas des jardins, des parcs ou des terrains de sport.

Pour le calcul des flux de carbone, on distingue dans l'inventaire français d'une part les espaces artificiels principalement bâtis et/ou revêtus, et d'autre part les espaces artificiels principalement végétalisés. Des classes d'occupation du sol plus précises permettent de distinguer un gradient de présence de végétation, permettant d'affiner l'estimation des stocks de carbone dans la biomasse et le sol.

**Tableau 41 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Etablissements**

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
3	Artificiel	30	Artificiel à définir	300	Artificiel indéfini
		31	Artificiel principalement bâti/revêtu	310	Artificiel principalement bâti/revêtu indéfini
				31ba	Espaces entièrement artificiels (bâtis, nus ou revêtus)
				31bn	Espaces en partie artificiels bâtis, nus ou revêtus -
		32	Artificiel principalement végétalisé	320	Artificiel principalement végétalisé indéfini
				32vh	Espaces végétalisés artificiels - herbe et buissonnant
				32va	Espaces végétalisés artificiels - arborés

### Définition des « zones artificialisées restant zones artificialisées » et « terres devenant zones artificialisées »

La catégorie des zones artificialisées restant zones artificialisées est une catégorie utilisée pour le rapportage. Elle correspond, par convention, aux surfaces classées en dans la catégorie « zones artificialisées » l'année N et l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec). Dans les faits, cela inclut des terres qui ont pu changer d'usage et redevenir zones artificialisées.

La catégorie des terres devenant zones artificialisées correspond à l'ensemble des terres en zones artificialisées l'année N mais dans une autre catégorie l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec).

# Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

## Approche et données

### Approche générale

Les flux de carbone sur l'ensemble des catégories de terres sont estimés en deux temps :

1. Dans un premier temps, la routine du *modèle de variation de stock par maille* estime, pour chaque année, et chaque compartiment, les flux par variation du stock pour tous les compartiments, en fonction des changements d'usage (y compris les changements entre sous-catégories d'une même catégorie Giec) ;

2. Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée, d'autres flux de carbone sont ajoutés : sols organiques drainés ; émissions de N<sub>2</sub>O liés à la perte de carbone, etc.

Il est important de souligner que, en Guyane, il est considéré que l'intégralité du carbone du sol est perdue suite aux défrichements vers zones artificialisées. En effet, une grande partie des défrichements correspond à de l'orpaillage, et dans ces cas le sol est clairement décapé ce qui entraîne une perte importante de carbone pour ce réservoir.

### **ZONES ARTIFICIALISEES RESTANT ZONES ARTIFICIALISEES**

La catégorie « Zones artificialisées restant zones artificialisées » inclut des terres changeant de sous-catégories, par exemple des conversions entre zones artificialisées végétalisées en zones bâties ; et des terres restant dans la même sous-catégorie.

#### **Biomasse vivante (zones artificialisées restant zones artificialisées)**

##### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

##### Flux estimés en complément

Des flux de carbone dans la biomasse liés à l'évolution du linéaire de haies sont pris en compte. La méthodologie est décrite dans la section UTCATF – général.

#### **Bois mort et litière (zones urbanisées restant zones urbanisées)**

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

#### **Matière organique du sol (zones urbanisées restant zones urbanisées) - sols minéraux**

##### Flux estimés dans la routine du modèle de variation de stock par maille

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

##### Flux estimés en complément

Des émissions complémentaires de N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote) associées à la minéralisation de l'azote lors d'une perte de carbone du sol sont estimées et calculées en cohérence avec les pertes de carbone estimées pour les Zones Artificialisées restant Zones artificialisées mais changeant de sous-catégorie. L'estimation des émissions directes de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation du carbone du sol se base sur les valeurs par défaut fournies par le Giec 2006 (eq. 11.8) pour le ratio C/N (15), et le facteur d'émission de 0.01 tN-N<sub>2</sub>O/tN. L'estimation des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O liées à la lixiviation de l'azote libéré lors de la minéralisation du carbone du sol prennent aussi en considération les paramètres de calculs fournis par le Giec (2006), à savoir la fraction lixiviée de 0,3 tN/tN et le facteur d'émission de 0,0075 tN-N<sub>2</sub>O/tN (table 11.3).

### **TERRES DEVENANT ZONES ARTIFICIALISEES**

La catégorie Terres devenant Zones artificialisées reflète les dynamiques d'artificialisation du territoire et estime les flux de carbone associés. Il s'agit surtout de pertes de carbone (perte de biomasse, diminution du stock de carbone dans le sol) mais des gains sont aussi possibles (par exemple : gains de biomasse lié à la création d'une zone artificielle arborée sur une zone précédemment sans arbres).

##### Tous compartiments – flux de carbone

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

##### N<sub>2</sub>O de la minéralisation liée à la perte de C du sol



Des émissions complémentaires de  $N_2O$  (protoxyde d'azote) associées à la minéralisation de l'azote lors d'une perte de carbone du sol sont estimées et calculées en cohérence avec les pertes de carbone estimées pour les Terres devenant Zones Artificialisées. L'estimation des émissions directes de  $N_2O$  liées à la minéralisation du carbone du sol se base sur les valeurs par défaut fournies par le Giec 2006 (eq. 11.8) pour le ratio C/N (15), et le facteur d'émission de 0.01 tN- $N_2O$ /tN. L'estimation des émissions indirectes de  $N_2O$  liées à la lixiviation de l'azote libéré lors de la minéralisation du carbone du sol prennent aussi en considération les paramètres de calculs fournis par le Giec (2006), à savoir la fraction lixiviée de 0,3 tN/tN et le facteur d'émission de 0,0075 tN- $N_2O$ /tN (table 11.3).

#### Emissions liées au brûlage sur site de biomasse lors d'une déforestation

Des émissions complémentaires de  $CH_4$ , de  $N_2O$  et de polluants, associées au brûlage d'une partie de la biomasse perdue lors d'une déforestation sont estimées, qu'elle que soit la catégorie finale. La part de la quantité de biomasse brûlée sur site est estimée par hypothèse à 20% avec une fraction oxydée de 90% [199, p.93]. Les émissions associées de  $CH_4$ , de  $N_2O$  et de polluants sont calculées sur la base de cette quantité de carbone de la biomasse brûlée sur site, et de facteurs d'émissions issus du Giec [199] – voir ci-après.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

### **Emissions de $CO_2$**

#### Emissions de $CO_2$ liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock de carbone associées aux terres converties en Zones Artificialisées ou aux Zones Artificialisées changeant de sous-catégorie entraînent des flux de  $CO_2$ . La conversion du flux de C en  $CO_2$  se base sur le rapport des masses moléculaires (44/12).

#### Emissions de $CO_2$ liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Les émissions de  $CO_2$  sont déjà comptabilisées au niveau de la perte de carbone lors du calcul de la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Seules des émissions complémentaires d'autres gaz et substances sont estimées.

### **Emissions de $CH_4$**

#### Emissions de $CH_4$ liées au drainage ou à la remise en eau

Aucune émission liée au drainage ou à la remise en eau n'est estimée pour la catégorie Zones Artificialisées. Ces émissions sont uniquement estimées pour les sols organiques des cultures et de prairies et sont négligées sur les autres catégories.

#### Emissions de $CH_4$ liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $CH_4$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,012 t $CH_4$ /tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de $N_2O$**

#### Emissions de $N_2O$ liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Aucune fertilisation n'est estimée sur les Zones artificialisées.

#### Emissions de $N_2O$ liées au drainage ou à la remise en eau

Aucune émission liée au drainage ou à la remise en eau n'est estimée pour la catégorie Zones Artificialisées. Ces émissions sont uniquement estimées pour les sols organiques des cultures et de prairies et sont négligées sur les autres catégories.

#### Emissions de $N_2O$ liées à la minéralisation des sols

Les émissions de  $N_2O$  liées à la minéralisation des sols sont estimées en cohérence avec l'estimation des pertes de carbone.

#### Emissions de $N_2O$ liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $N_2O$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,007 t $N_2O$ /tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de $SO_2$**

#### Emissions de $SO_2$ liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Pour ce brûlage les émissions de  $SO_2$  associées ne sont pas estimées, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

### **Emissions de $NO_x$ , CO**

#### Emissions de $NO_x$ , CO liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $NO_x$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,121 t $NO_x$ /tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50]. Des émissions de CO associées à ce brûlage sont aussi estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,06 tCO/tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de COVNM**

#### Emissions de COVNM de la végétation (biotiques)

Aucune émission de COV biotique n'est estimée, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

#### Emissions de COVNM liées au brûlage

Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Pour ce brûlage les émissions de COVNM associées ne sont pas estimées, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Autres terres (Other land)

Cette section concerne les émissions par les changements d'occupation des terres à destination des « autres terres ». Deux types de terres peuvent être distingués : les « autres terres » établies depuis plus de 20 ans et les « autres terres » issues d'un changement d'usage d'une terre sur la période de 20 ans précédant l'année d'inventaire considérée.

Les autres terres au sens du Giec regroupent toutes les terres qui ne correspondent pas aux cinq autres définitions de terres (dunes, glaciers, roches affleurantes, etc.).

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4F
CEE-NU / NFR	NFR mémo hors total national
SNAPc (extension CITEPA)	11.36.01 à 11.36.16
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surfaces	Données spécifiques nationales

### Niveau de méthode :

Se référer à la section UTCATF-Général - Description du secteur.

### Références utilisées :

[672] Giec, Lignes directrices 2006 pour les inventaires nationaux – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.

[199] Giec, Guide sur les Bonnes Pratiques pour l'UTCATF, 2003.

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

### Définition des Autres terres

En principe, la catégorie « Autres Terres » du Giec permet de rassembler toute autre terre qui n'est pas comptabilisées dans les 5 autres catégories précédentes (Forêt, Cultures, Prairies, Zones humides, Zones artificielles), quelle que soit son occupation du sol précise. Dans les faits, les terres concernées sont des surfaces avec un stock de carbone dans la biomasse et dans le sol nul ou faible : sols nus, sables, rochers, glaciers...

Tableau 42 : Extrait de la nomenclature pour la catégorie Autres Terres

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul	
4	Autres	40	Autres à définir	400	Autres indéfini
		42	Sols nus, et minéraux	420	Sols nus, minéraux indéfinis
				42sn	Sols nus, sables, rochers
				42gl	Glaciers et neiges

**Définition de « autre terres restant autres terres » et « terres devenant autres terres »**

La catégorie des autres terres restant autres terres est une catégorie utilisée pour le rapportage. Elle correspond, par convention, aux surfaces classées en dans la catégorie « Autres terres » l'année N et l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec). Dans les faits, cela inclut des terres qui ont pu changer d'usage et redevenir Autres terres.

La catégorie des terres devenant Etablissements correspond à l'ensemble des terres en Autres terres l'année N mais dans une autre catégorie l'année N-20 (20 ans étant la période par défaut définie par le Giec).

## Méthode générale d'estimation des émissions (NID) :

**Approche et données**Approche générale

Les flux de carbone sur l'ensemble des catégories de terres sont estimés en deux temps :

1. Dans un premier temps, la routine du *modèle de variation de stock par maille* estime, pour chaque année, et chaque compartiment, les flux par variation du stock pour tous les compartiments, en fonction des changements d'usage (y compris les changements entre sous-catégories d'une même catégorie Giec) ;
2. Dans un second temps, à une échelle plus désagrégée, d'autres flux de carbone sont ajoutés : flux complémentaires liés aux sols organiques drainés ; émissions de N<sub>2</sub>O liés à la perte de carbone, etc.

**AUTRES TERRES RESTANT AUTRES TERRES**

La catégorie « Autres terres restant autres terres » inclut des terres changeant de sous-catégories et des terres restant dans la même sous-catégorie.

Tous compartiments

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suividerres, section CARBONE.

Les lignes directrices du Giec [672] ne prévoient aucune estimation pour cette sous-catégorie. Les tables de rapportage des émissions et absorptions au titre de la CCNUCC (tables CRT) ne prévoient pas non plus la possibilité de rapporter des flux sur cette sous-catégorie.

**TERRES DEVENANT AUTRES TERRES**

Les terres devenant autres terres sont des conversions improbables ou très rares en France. Les lignes directrices du Giec [672] indiquent qu'il peut s'agir de déforestation suivie de forte dégradation des terres.

Tous compartiments – flux de carbone

Les variations de stocks de ces compartiments sont calculées avec le modèle de variation de stock à la maille. Se référer à l'annexe UTCATF\_suivides terres, section CARBONE.

#### N<sub>2</sub>O de la minéralisation liée à la perte de C du sol

Des émissions complémentaires de N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote) associées à la minéralisation de l'azote lors d'une perte de carbone du sol sont estimées et calculées en cohérence avec les pertes de carbone estimées pour les Terres devenant Autres terres. L'estimation des émissions directes de N<sub>2</sub>O liées à la minéralisation du carbone du sol se base sur les valeurs par défaut fournies par le Giec 2006 (eq. 11.8) pour le ratio C/N (15), et le facteur d'émission de 0.01 tN-N<sub>2</sub>O/tN. L'estimation des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O liées à la lixiviation de l'azote libéré lors de la minéralisation du carbone du sol prennent aussi en considération les paramètres de calculs fournis par le Giec (2006), à savoir la fraction lixiviée de 0,3 tN/tN et le facteur d'émission de 0,0075 tN-N<sub>2</sub>O/tN (table 11.3).

#### Emissions liées au brûlage sur site de biomasse lors d'une déforestation

Des émissions complémentaires de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants associées au brûlage d'une partie de la biomasse perdue lors d'une déforestation sont estimées, qu'elle que soit la catégorie finale. La part de la quantité de biomasse brûlée sur site est estimée par hypothèse à 20% avec une fraction oxydée de 90% [199, p.93]. Les émissions associées de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O et de polluants sont calculées sur la base de cette quantité de carbone de la biomasse brûlée sur site, et de facteurs d'émissions issus du Giec [199] – voir ci-après.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

### **Emissions de CO<sub>2</sub>**

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la variation de stocks des différents réservoirs de carbone

Les variations de stock de carbone associées aux terres converties en Autres Terres entraînent des flux de CO<sub>2</sub>. La conversion du flux de C en CO<sub>2</sub> se base sur le rapport des masses moléculaires (44/12).

#### Emissions de CO<sub>2</sub> liées au brûlage

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont déjà comptabilisées au niveau de la perte de carbone lors du calcul de la variation de stock des différents réservoirs de carbone. Seules des émissions complémentaires d'autres gaz et substances sont estimées.

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au drainage ou à la remise en eau

Aucune émission liée au drainage ou à la remise en eau n'est estimée pour la catégorie Autres Terres. Ces émissions sont uniquement estimées pour les sols organiques des cultures et de prairies et sont négligées sur les autres catégories.

#### Emissions de CH<sub>4</sub> liées au brûlage

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de CH<sub>4</sub> associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,012 tCH<sub>4</sub>/tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées à la fertilisation (directes et indirectes)

Aucune fertilisation n'est estimée sur les Autres terres.

#### Emissions de N<sub>2</sub>O liées au drainage ou à la remise en eau

Aucune émission liée au drainage ou à la remise en eau n'est estimée pour la catégorie Autres Terres. Ces émissions sont uniquement estimées pour les sols organiques des cultures et de prairies et sont négligées sur les autres catégories.

#### Emissions de $N_2O$ liées à la minéralisation des sols

Les émissions de  $N_2O$  liées à la minéralisation des sols sont estimées en cohérence avec l'estimation des pertes de carbone.

#### Emissions de $N_2O$ liées au brûlage

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $N_2O$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,007 t $N_2O$ /tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de $SO_2$**

#### Emissions de $SO_2$ liées au brûlage

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Pour ce brûlage les émissions de  $SO_2$  associées ne sont pas estimées, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

### **Emissions de $NO_x$ , CO**

#### Emissions de $NO_x$ , CO liées au brûlage

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Des émissions de  $NO_x$  associées à ce brûlage sont estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,121 t $NO_x$ /tN, [199, table 3A.1.15], les quantités perdues de N étant estimées à partir du ratio N/C de 0,01 [199, p.3.50]. Des émissions de CO associées à ce brûlage sont aussi estimées, sur la base du facteur d'émission suivant : 0,06 tCO/tC [199, table 3A.1.15].

### **Emissions de COVNM**

#### Emissions de COVNM de la végétation (biotiques)

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucune émission de COV biotique n'est estimée, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

#### Emissions de COVNM liées au brûlage

Les Autres Terres sont des terres dénuées de végétation. Aucun feu de végétation, ni brûlage de résidu de récolte de bois, n'est estimé pour cette catégorie. Néanmoins, du brûlage contrôlé de biomasse est estimé lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination. Pour ce brûlage les émissions de COVNM associées ne sont pas estimées, conformément aux spécificités actuelles du rapportage international.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	MJ	19/02/2026	EM

## Produits ligneux récoltés (harvested wood products)

Cette section concerne les absorptions et les émissions de CO<sub>2</sub> par les produits ligneux récoltés (PLR) aussi désignés par l'expression « produits bois ».

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4G
CEE-NU / NFR	Hors champ
SNAPc (extension CITEPA)	11.25.00
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Quantité de produits bois fabriquée	Densité de carbone des produits bois

### Niveau de méthode :

Rang 2

### Références utilisées :

- [674] Carbone 4. Méthode opérationnelle de comptabilisation des produits-bois dans l'inventaire national GES, Juin 2014.
- [710] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 4, Chap. 12
- [718] Marland, E. S., Stellar, K. & Marland, G. H. A distributed approach to accounting for carbon in wood products. Mitigation Adapt. Strat. Glob. Change 15, 71:91 (2010).
- [804] 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol



## Caractéristiques de la catégorie (NID) :

### Définition

Définition du guide GIEC 2006 [710] : « Les PLR incluent tous les matériaux ligneux (y compris l'écorce) extraits des sites de récoltes. Les rémanents et autres matériaux laissés sur le site des récoltes doivent être considérés comme de la matière organique morte et non pas des PLR »

Définition de la décision UE n° 529/2013 du 21/05/13 : « produit ligneux récolté », tout produit issu de la récolte du bois, qui a quitté un site où le bois est récolté.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

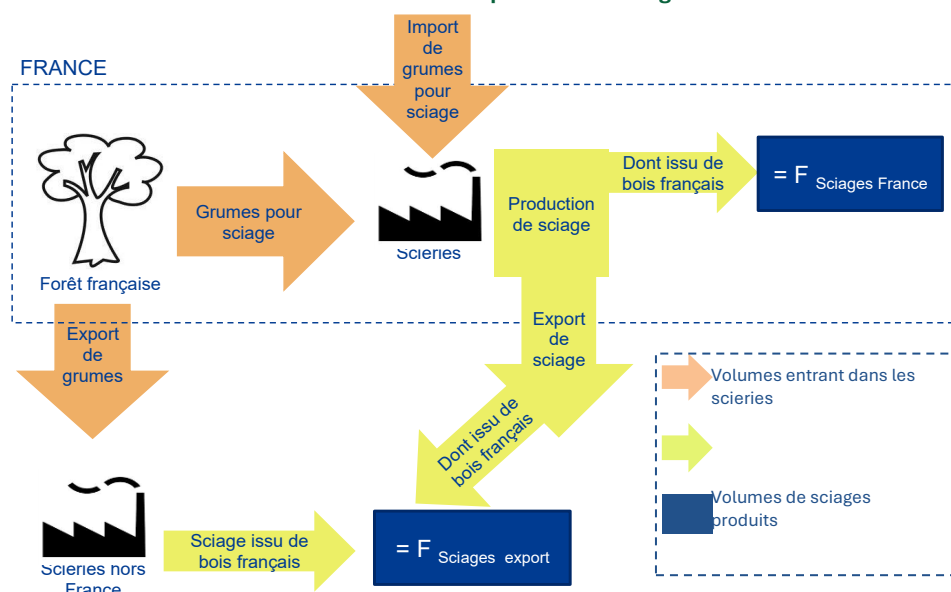
### Emissions de CO<sub>2</sub>

Les produits bois sont estimés dans l'inventaire sur la base des travaux menés au niveau national spécifiquement pour l'inventaire de GES France [674] et avec l'aide des lignes directrices du GIEC 2006 [710] et du guide révisé du GIEC 2013 [804].

Les produits bois sont comptabilisés selon une approche de production, qui prend en compte les produits bois fabriqués avec la récolte française, qu'ils soient destinés au marché français ou exportés. Les importations ne sont pas prises en compte. Les données d'activité (production aux différentes étapes de la chaîne industrielle) proviennent notamment des enquêtes de branche du SSP, du ministère de l'Agriculture. Afin de prendre en compte les produits bois produits avant 2008, mais encore en cours de décomposition pendant les périodes d'engagement du Protocole de Kyoto, la comptabilisation des PLR démarre dès 1900. De plus, lors de la première période d'engagement les flux de carbone provenant des PLR produits entre 2008 et 2012, comptabilisés par la méthode d'oxydation instantanée, sont exclus du stock de produits bois en cours de décomposition.

Le schéma général des flux pour le compartiment sciages est représenté sur la figure ci-dessous. Le flux entrant total correspond à la somme des deux flux représentés par les rectangles bleu marine. Les PLR récoltés en France sont pris en compte, mais les PLR importés (sciés en France à partir de bois non français) sont eux retranchés de la production. En revanche, les produits sciés à l'étranger à partir de bois français sont bien pris en compte.

Figure 1 : Flux considérés dans la formulation concernant le compartiment "sciages"



## Données

Les données de production de bois sont issues principalement des statistiques du Ministère de l'Agriculture, mais aussi d'Eurostat, du FCBA et de la Copacel. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 43 : Principales sources de données pour les Produits Ligneux Récoltés**

Donnée	Source
<b>Sciage</b>	
Production de sciages de feuillus par les scieries françaises	DISAR Scieries
Production de sciages de résineux par les scieries françaises	DISAR Scieries
Exportation de sciages de feuillus	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Exportation de sciages de résineux	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Récolte de bois d'œuvre destiné au sciage, feuillus	DISAR Exploitations forestières
Récolte de bois d'œuvre destiné au sciage, résineux	DISAR Exploitations forestières
Récolte de chablis, bois d'œuvre, feuillus	DISAR Exploitations forestières
Récolte de chablis, bois d'œuvre, résineux	DISAR Exploitations forestières
Récolte de bois d'œuvre, feuillus	DISAR Exploitations forestières
Récolte de bois d'œuvre, résineux	DISAR Exploitations forestières
Exportation de bois d'œuvre, feuillus	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Exportation de bois d'œuvre, résineux	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Importation de bois d'œuvre pour sciage, feuillus	DISAR Scieries
Importation de bois d'œuvre pour sciage, résineux	DISAR Scieries
<b>Panneaux de process</b>	
Production annuelle de panneaux	EUROSTAT
Exportation annuelle de panneaux	EUROSTAT
Exportation de bois rond destiné à la trituration	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Exportation de produits connexes de scierie	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Réception de bois de trituration par les usines de panneaux	Memento FCBA
Réception de bois de trituration par les usines de pâte à papier	Memento FCBA
Production de produits connexes de scierie	DISAR Scieries
Importation de bois rond destiné à la trituration	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Importation de produits connexes de scierie	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Récolte de bois de trituration par les exploitations forestières	DISAR Exploitations forestières
Récolte de chablis, trituration	DISAR Exploitations forestières
<b>Contreplaqués</b>	
Récolte de bois d'œuvre destiné au placage	DISAR Exploitations forestières
Exportation de bois d'œuvre destiné au placage	Calcul
Rendement grumes -> contreplaqués	Memento FCBA
Récolte totale de bois d'œuvre	DISAR Exploitations forestières
<b>Papiers et cartons</b>	
Rendement trituration -> papier 1	COPACEL
Production de trituration comme produits connexes de scierie	DISAR Scieries
Exportation de produits connexes de scierie	DISAR Conjoncture bois et dérivés
Réception de bois de trituration par les usines de panneaux	Memento FCBA
Réception de bois de trituration par les usines de pâte à papier	Memento FCBA

## Méthode

Ces données permettent de reconstituer les flux entrants de produits bois issus de la forêt française et issus d'importation.

### Récupération des données disponibles

Dans un premier temps, les données d'entrée disponibles dans les différentes bases de données source sont directement recopiées, dans l'unité correcte.

### Estimation des valeurs non disponibles

Certaines valeurs ne sont plus disponibles. Des estimations sont faites à partir de ratio d'évolution à l'aide des autres données.

### Facteurs de conversion et paramètres

Ces données sources sont combinées et converties avec différents paramètres :

- facteurs de conversion (0,675 t de bois de trituration/m<sup>3</sup> de bois brut ; 0,5t de panneaux /m<sup>3</sup>) [674]
- taux de rendement (0,5 m<sup>3</sup> sciage/m<sup>3</sup> de bois rond sur écorce ; 0,47m<sup>3</sup> de contreplaqué /m<sup>3</sup> de grume ; 50% de rendement pour le papier journal et 25% pour le papier ramette) [674] ;

- répartition entre feuillus et résineux des produits issus du sciage [674] ;
- répartition des papiers entre journal (65%) et ramette (35%) [674].

#### Durée de demi-vies

**Tableau 44 : Durées de demi-vie des produits bois**

Catégorie	Demi-vie	Source
Panneaux	25 ans	Décision (UE) n°529/2013 du 21/05/2013
Contreplaqués	30 ans	IPCC, 2003
Papier journal et ramette	7 ans	Calcul Carbone 4 prenant en compte le recyclage, d'après IPCC, 2006 et COPACEL
Emballages	3 ans	IPCC, 2003
Ameublement	10 ans	Carbone 4 d'après la durée de vie moyenne (FCBA 2008)
Agencement et menuiseries	15 ans	
Couverture/Charpente	50 ans	
Parquets/lambris	30 ans	

#### Gestion des imports et des exports

Les flux entrants permettent de distinguer :

- Les produits bois issus de bois récolté en France.
- Les produits bois issus de bois importé
- Le bois exporté.

Les statistiques de récolte de bois traitent de l'ensemble du bois commercial récolté, qu'il s'agisse de bois en forêt ou hors forêt. Les statistiques de récolte de bois et de sciages sont cohérentes avec les statistiques de récolte de bois utilisés pour estimer les prélèvements en Forêt.

Les quantités de bois exporté proviennent des statistiques du Ministère de l'Agriculture sur le commerce extérieur.

#### Série temporelle des flux entrants dans les produits bois

Le tableau ci-dessous présente la quantité de produits bois, exprimée en carbone, par grande catégorie, produits à partir de la récolte de bois intérieure.

**Tableau 45 : Production de produits bois issus des prélèvements intérieurs**

	Sciages (tC)	Panneaux (tC)	Contreplaqués (tC)	Papier (tC)
1990	1 739 967	1 028 287	247 959	1 055 362
1991	1 676 759	1 034 084	232 197	1 086 234
1992	1 599 148	1 040 879	218 389	1 087 747
1993	1 481 853	972 760	200 420	967 959
1994	1 566 798	1 022 514	213 623	1 095 640
1995	1 606 520	1 070 680	221 094	1 140 985
1996	1 528 577	1 161 306	208 955	1 006 277
1997	1 570 121	1 245 132	215 478	1 069 617
1998	1 639 225	1 361 391	224 062	1 069 319
1999	1 645 708	1 405 547	226 191	1 091 645
2000	1 597 425	1 419 193	314 326	1 267 556
2001	1 602 483	1 497 635	259 492	1 194 145
2002	1 463 264	1 462 663	219 609	1 103 313
2003	1 443 739	1 512 446	216 322	1 050 051
2004	1 481 198	1 578 797	220 494	1 139 391
2005	1 611 585	1 744 020	197 464	1 070 514
2006	1 654 431	1 736 324	206 368	1 107 607
2007	1 674 695	1 866 835	227 516	1 101 279
2008	1 564 739	1 692 367	223 228	1 060 155
2009	1 415 183	1 367 314	244 328	918 046
2010	1 456 606	1 611 673	183 860	1 201 340
2011	1 541 549	1 732 617	193 521	1 100 916
2012	1 473 085	1 713 551	168 392	1 041 271
2013	1 470 472	1 657 161	166 891	962 063
2014	1 400 477	1 574 948	183 438	1 031 166
2015	1 394 143	1 506 026	179 175	950 596
2016	1 381 098	1 469 827	193 084	878 665

	Sciages (tC)	Panneaux (tC)	Contreplaqués (tC)	Papier (tC)
2017	1 420 733	1 413 368	206 352	882 188
2018	1 442 164	1 405 807	221 864	816 561
2019	1 366 401	1 403 944	213 576	798 950
2020	1 347 187	1 060 003	193 412	798 027
2021	1 541 699	1 397 016	209 296	920 587
2022	1 495 194	1 304 599	211 509	930 031
2023	1 363 470	1 128 971	180 758	747 953
2024	1 386 011	1 062 960	174 117	716 955

L'intégralité du bilan des produits bois utilisées dans l'inventaire est disponible par produit et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

#### Estimation des flux sortants : fonction de décomposition et durées de vie des produits bois

La fonction de décomposition de 1er ordre proposée par le Giec (2006) est utilisée. La fonction Gamma, utilisée dans les précédentes éditions d'inventaire, n'est plus utilisée. L'approche préconisée par le Giec est appliquée, notamment dans le cadre du règlement EU 2018/841.

#### Série temporelle des flux sortants des produits bois

Le tableau ci-dessous présente la quantité de produits bois en fin de vie (flux sortants), exprimée en carbone, par grande catégorie.

**Tableau 46 : Fin de vie des produits bois issus des prélèvements intérieurs**

	Sciages (tC)	Panneaux (tC)	Contreplaqués (tC)	Papier (tC)
1990	1 198 514	562 861	127 327	909 625
1991	1 222 329	575 667	129 902	924 844
1992	1 235 344	588 296	132 080	940 131
1993	1 236 645	599 736	133 845	948 308
1994	1 237 074	610 620	135 517	956 279
1995	1 244 467	622 545	137 387	971 590
1996	1 249 197	636 044	139 160	981 105
1997	1 252 117	651 559	140 828	986 514
1998	1 260 777	669 387	142 632	994 334
1999	1 272 254	688 916	144 516	1 002 473
2000	1 279 923	708 700	147 392	1 019 309
2001	1 284 321	729 206	150 576	1 039 195
2002	1 281 227	749 738	152 607	1 049 451
2003	1 271 324	769 917	154 099	1 051 977
2004	1 264 662	791 133	155 568	1 056 076
2005	1 268 550	814 941	156 787	1 060 630
2006	1 280 985	840 241	157 818	1 063 339
2007	1 294 780	866 537	159 170	1 067 209
2008	1 301 837	891 494	160 681	1 068 451
2009	1 294 995	908 929	162 352	1 060 860
2010	1 284 797	924 820	163 531	1 060 970
2011	1 283 557	945 263	164 106	1 069 392
2012	1 283 695	966 532	164 490	1 069 506
2013	1 280 929	986 185	164 562	1 063 048
2014	1 275 729	1 003 403	164 805	1 056 839
2015	1 268 442	1 018 085	165 181	1 050 558
2016	1 261 970	1 030 931	165 661	1 037 687
2017	1 258 549	1 042 157	166 439	1 022 864
2018	1 259 220	1 052 204	167 528	1 006 457
2019	1 257 213	1 061 848	168 674	987 711
2020	1 251 114	1 066 478	169 469	969 871
2021	1 255 654	1 070 930	170 198	959 542
2022	1 266 927	1 078 578	171 116	956 322

2023	1 267 444	1 082 346	171 686	945 119
2024	1 262 539	1 082 714	171 817	925 046

L'intégralité du bilan des produits bois utilisées dans l'inventaire est disponible par produit et par année dans l'annexe LULUCF\_background.xlsx.

## Discussion

### Différence entre l'approche Giec (appliquée) et l'approche Gamma (non utilisée)

La fonction plus évoluée, à deux paramètres, qui s'appuie sur la fonction de distribution Gamma présentait notamment l'intérêt de corriger l'erreur intrinsèque portée par la fonction de décomposition de 1er ordre, qui considère que la décomposition maximale d'une catégorie de produits a toujours lieu la première année. C'est en effet incorrect dans les faits pour les produits bois à longue durée de vie, par exemple.

### Origine du bois récolté – part issue de récoltes en France

Les produits ligneux récoltés importés (sciés en France à partir de bois non français) sont retranchés de la production prise en compte dans le bilan des produits bois. Les données statistiques du Ministère de l'Agriculture sur le commerce extérieur du bois permettent de connaître les quantités de grumes importées achetées par les scieries, et ainsi connaître la part du bois entrant qui provient de l'étranger. Ainsi, cette part est retranchée du bois entrant pour ne prendre en compte que la part issue de récoltes domestiques.

L'équation suivante synthétise ce calcul :

### Équation 28 (UTCATF)

$$P_{dom} = P_{tot} \times \frac{P_{fra}}{P_{fra} + I}$$

Avec :

P <sub>dom</sub>	Production de sciages issue de bois domestique
P <sub>tot</sub>	Production de sciages totaux en France hexagonale (données DISAR)
P <sub>fra</sub>	Récolte de bois destiné au sciage (récoltes classiques et accidentelles)
I	Import (achats de grumes – données DISAR sur le commerce extérieur du bois)

La production de sciages totaux en France provient de l'enquête annuelle Exploitations forestières et scieries (EXF-SRI) qui mesure la production en quantités physiques en France hexagonale, de l'ensemble des branches d'activité Exploitations forestières et scieries. Elle permet de connaître chaque année les volumes de bois récoltés, de bois sciés, de merrains ou bois sous rails et de certains produits finis.

Les données sur les achats de grume sont suivies par le service statistique du ministère de l'Agriculture à partir de deux sources :

- Intra UE, les déclarations d'échanges mensuelles de biens fournies par les entreprises sont obligatoires pour les entreprises dépassant 460 000 € d'échanges annuels avec l'UE. Les données sous ce seuil déclaratif font l'objet d'estimation par pays.
- Pour les pays hors UE, tous les échanges de marchandises sont déclarés directement au passage de la frontière sur la base d'un Document administratif unique.

### Origine du bois récolté – répartition entre boisements et forêt restant forêt

L'ensemble du bois récolté en France, et alimentant les réservoirs des produits bois issus de production domestique, provient de la catégorie « forêt restant forêt », c'est-à-dire les forêts de plus de 20 ans, à dire d'expert. Ainsi, le bilan des Produits Ligneux Récoltés, dans le rapportage au titre du Protocole de Kyoto, est entièrement rapporté au sein de l'activité « Forest management ». Il n'est pas rapporté au sein de l'activité « Afforestation/reforestation ».

### Origine du bois récolté – Outre-mer

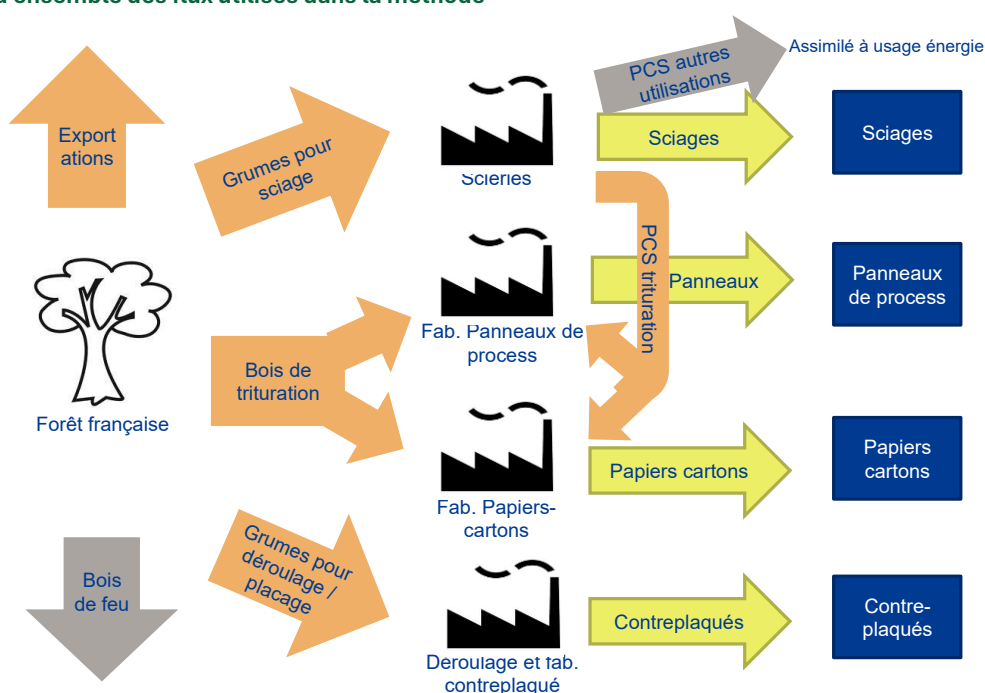
Les statistiques de production de sciages (l'enquête annuelle Exploitations forestières et scieries (EXF-SRI) sont uniquement disponibles pour la France hexagonale. Dans l'inventaire, les flux des produits bois issus d'Outre-mer sont donc comptabilisés en tant qu'oxydation instantanée.

Le seul territoire d'Outre-mer pour lequel une récolte de bois est estimée dans l'inventaire est la Guyane. Sur ce territoire, les pertes liées à ces récoltes sont compensées par des regains, étalés dans le temps. Les récoltes en Guyane sont estimées à environ 50 000 m<sup>3</sup> en 2000 et 90 000 m<sup>3</sup> en 2020, soit 0,2% environ de la récolte hexagonale. L'hypothèse d'oxydation instantanée est une hypothèse conservatrice appliquée en attendant d'inclure des estimations plus fines basées sur des données plus précises sur le devenir des bois récoltés en Outre-mer.

#### Bois énergie et déchets :

Les PLR entrant dans ces deux catégories sont comptabilisés dans des secteurs séparés (respectivement secteur énergie, et secteur traitement des déchets) par la méthode d'oxydation instantanée. La figure ci-dessous procure une vision d'ensemble (simplifiée) des flux principaux qui structurent l'ensemble de la méthode. En gris figurent les flux non pris en compte dans la méthode, ici parce qu'ils concernent une utilisation énergétique :

**Figure 14 : Vision d'ensemble des flux utilisés dans la méthode**



#### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances provenant des produits bois.

#### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances provenant des produits bois.

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
25/01/2024	MJ	16/02/2024	EM

## Barrage de Petit-Saut (Guyane)

Cette section traite spécifiquement des émissions du barrage de Petit-Saut, seul barrage pris en compte dans l'inventaire français du fait de ses spécificités :

- Une surface importante de 30 000 ha,
- Un climat tropical,
- Une mise en eau sans déforestation préalable.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	4H
CEE-NU / NFR	(Hors champ)
SNAPc (extension CITEPA)	11.34.02
CE / directive IED	(Hors champ)
CE / E-PRTR	(Hors champ)
CE / directive GIC	(Hors champ)

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Surface	Modèle développé par EDF

### Niveau de méthode :

Rang 3

### Références utilisées :

[425] GALY LACAUX C. – Modification des échanges de constituants mineurs liés à la création d'une retenue hydroélectrique : Impact des barrages sur le bilan de méthane dans l'atmosphère, 1996

[599] GUERIN F. – Emission de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) par une retenue de barrage hydroélectrique en zone tropicale (Petit-saut, Guyane française) : expérimentation et modélisation. Thèse soutenue en 2006

[600] DESCLOUX – EDF - Mise à jour de données de la thèse de F. GUERIN pour le barrage de Petit-Saut, 2013

## Caractéristiques de la catégorie (NID) :

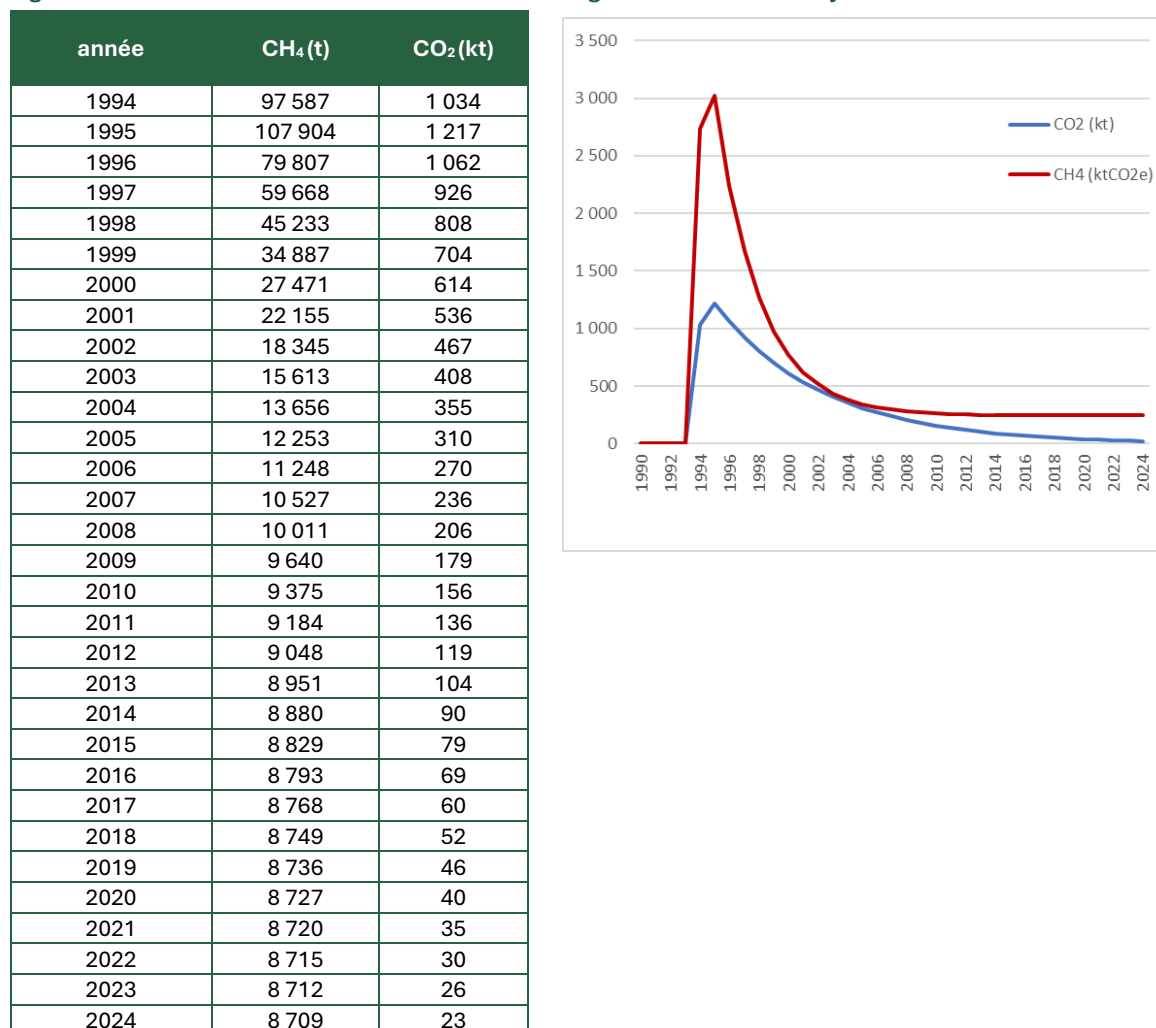
La mise en eau d'un barrage est une source potentielle de CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub> par dégradation de la biomasse immergée. La mise en eau en 1994 du barrage de Petit Saut en Guyane a conduit à inonder 300 km<sup>2</sup> de forêt tropicale, ces émissions ont pu être estimées par plusieurs travaux successifs notamment des thèses [425, 599, 600] et ajoutées de manière spécifique à l'inventaire français. Les émissions associées sont rapportées sous la catégorie 4H pour plus de transparence et prises en compte dans le cadre de l'article 3.3 pour le Protocole de Kyoto.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

## Emissions de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>

Les émissions de CH<sub>4</sub> et de CO<sub>2</sub> du barrage de Petit-Saut ont récemment été mises à jour sur la base des dernières données disponibles dans la publication de DESCLOUX [600], telles que présentées dans le tableau ci-dessous :

Figure 15 : Emissions de CH<sub>4</sub> et de CO<sub>2</sub> dues au barrage de Petit-Saut en Guyane



## Emissions de N<sub>2</sub>O

Aucune émission n'est attendue pour ce secteur.

## Emissions de Gaz fluorés

Aucune émission n'est attendue pour ce secteur.



# Crédit des illustrations

Couverture

@ Steven KAMENA / Unsplash

Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie | Introduction (de gauche à droite)

@ Steven KAMENA / Unsplash

@ Pixabay / PEXELS

@ Romeo A / Unsplash





© Citepa, 2026

[citepa.org](https://citepa.org)