REPUBLIQUE TOGOLAISE

- -

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA PROTECTION DE LA NATURE

- -

COORDINATION NATIONALE REDD+

- -

NIVEAU DE REFERENCE POUR LES FORETS (NRF) DU TOGO

Version révisée, Août 2020

Table des matières

Liste des figures iii
Liste des tableaux iv
Sigles et abréviations v
Informations générales vi
Résumé exécutif vii
Introduction 1
1. Définitions des concepts clés 3
1.1. La forêt 3
1.2 La déforestation 5
1.3 La dégradation forestière 5
1.4 L'afforestation et le reboisement/reforestation 5
1.5 Causes de la déforestation et de la dégradation forestière 6
2 Échelle du NRF 7
3 Période de référence du NRF 7
4 Porté du NRF 7
4.1 Les activités REDD+ prises en compte dans le NRF 7
4.2 Les réservoirs de carbone dans le NRF 8
4.3 Les gaz à effet de serre considérés dans le NRF 8
5 Informations utilisées pour le développement du NRF 9
5.1 Données d'activités 9
5.1.1 Les données de télédétection disponibles au Togo 9
5.1.2 Caractéristiques techniques des données de télédétection disponibles 10
5.1.4 Méthode d'analyse de la déforestation historique 13
5.15 Changements de la superficie forestière entre 2003 et 2018 23
5.2 Réservoirs de carbone et facteurs d'émission 27
5.2.3 Cartographie de la biomasse aérienne 31
6 Niveau de référence pour les forêts 37
7 Evaluation de l'incertitude du NRF 38
7.1 Sources d'incertitudes des données d'activité 38
7.2 Sources d'incertitudes des facteurs d'émissions 40
7.2.3 Erreur d'échantillonnage 41
7.2.4 Estimation de la biomasse racinaire 41
7.3 Estimation de l'incertitude des données d'activité 42
7.4 Estimation de l'incertitude des facteurs d'émissions 43
7.5 L'incertitude du niveau de référence 44
8 Cohérence du NRF avec les données des inventaires nationaux de GES du secteur AFAT du PRBA . 46
9 Discussion, conclusion et plan d'action pour l'amélioration du NRF 47
9.1 Manque / insuffisance de données et des méthodes 47
9.2 Plan d'Action pour l'amélioration du NRF 47
Références bibliographiques 49
Annexe 1 : Chiffres et cartes par région I
Annexe 2 : Liste de présence atelier de validation du rapport NRF XIII

Liste des figures

Figure 1: Canevas synthétique des causes directes et sous-jacentes de la déforestation et la dégradation des forêts au Togo (Source : REDD+/MERF, 2018) 6
Figure 2: Bandes utilisées : bandes comparables sur tous les senseurs Landsat (B, G, R, NIR, SWIR1, SWIR2) et indices dérivés 15
Figure 3: Identifier WGS-2 des scènes Landsat couvrant le Togo (chemin_ligne) 15
Figure 4: Diagramme de classification du changement du couvert forestier à partir des parcelles d'entrainement et des données de télédétection RF : algorithme de classification RandomForest, OA : précision globale, OOB : estimation de la précision globale sur base des parcelles d'entraînement. 17
Figure 5: Définition du couverture houppier sur des pixels d'entrainement. Le carré correspond à un pixel d'entraînement Landsat. À l'aide d'une grille 7x7, la couverture des houppiers est déterminée sur la base d'une image satellite Google Earth à très haute résolution. 19
Figure 6: Comparaison des erreurs d'omission et les erreurs de commission à un seuil forêt/non-forêt de 10% (« terres boisées », à gauche) et de 30% (« terres forestières », à droite). 20
Figure 7: Nettoyage des séries temporelles des cartes forêt/non-forêt avec des fenêtres coulissantes. Les bruits individuels sont filtrés. Dans cet exemple, des classifications individuelles comme non-forêt N à l'intérieur d'une série classifiée comme forêt F. 21
Figure 8: Diagrammes d'évolution de la couverture des terres forestières entre 2003 et 2018 et les taux de changements (voir cartes détaillées par région dans l'annexe). 24
Figure 9: cartes de pertes des terres forestières entre 2003 – 2015 – 2018 25
Figure 10: cartes de gains des terres forestières entre 2003 – 2015 – 2018 26
Figure 11: Méthode de sélection des placettes échantillons par échantillonnage systématique non aligné (Source : MERF 2016) 28
Figure 12 : Dispositif d'échantillonnage et rayons des différentes sous placette 28
Figure 13: Distribution de la biomasse aérienne par strate d'occupation du sol selon l'inventaire forestier national 30
Figure 14: Distribution de la biomasse du bois mort par strate d'occupation du sol selon l'inventaire forestier national 30
Figure 15: Comparaison de l'AGB prédit par la carte de l'AGB issue des données d'inventaires (R2 = 70,7%, RMSE = 27,9 t/ha) 32
Figure 16: a) : Distribution des parcelles du IFN-1, avec les cercles indiquant la quantité de biomasse aérienne et bois mort trouvés sur les parcelles. b) : carte de biomasse 2015 résultante, avec valeurs en tonnes de biomasse par hectare**.** 33
Figure 17: Diagramme de la modélisation des cartes biomasses 2003, 2015 et 2018 34
Figure 18: Évolution de la distribution de biomasse aérienne entre 2003 et 2018. Boxplots en dessous indiquent la distribution de biomasse aérienne de différentes strates IFN. 35
Figure 19: Différences entre les cartes biomasse 2003 et 2018 pour les pixels identifiés comme déforestation et comme reforestation. Les zones rouges indiquent des contractions entre les cartes de changement d'occupation des sols et les cartes biomasse. 36
Figure 20: Exemples d'interprétation visuelle de la placette de validation pour le changement de la couverture du sol à l'aide de QGis, d'images QuickBird/Google Earth et d'images Landsat, De haut à gauche en bas à droite : grappe de tracés de formation 42

Liste des tableaux

Tableau 1: Classes d'utilisation des terres utilisées dans le cadre de l'IFN-1 4
Tableau 2: Caractéristiques techniques des images satellitaires Landsat, RapidEye et orthophotos 11
Tableau 3: Base de données d'images Landsat utilisée pour l'analyse historique de la déforestation entre 1986 et 2019 : scènes WRS2 192-054, 192-055, 192-056 / 193-052, 193-053, 193-054, 193-055 / 194-052, 194-053..... 16
Tableau 4 : Allocation des points de validation aux différents transitions forêt/non-forêt dans la période de référence NRF 2003–2018..... 22
Tableau 5: Surface forestière estimée en 2003, 2015 et 2018 selon (Olofsson et al. 2014)..... 23
Tableau 6: Strates forestières retenues pour l'inventaire forestier 29
Tableau 7: Statistiques de l'inventaire forestier national avec valeurs moyennes et écart types par strate pour différent réservoirs carbone..... 31
Tableau 8: Emissions par la déforestation et séquestration par la reforestation entre 2003 et 2018..... 38
Tableau 9: Matrice de confusion proportionnelle des transitions forêt/non-forêt dans la période 2003-2018 selon (Olofsson et al, 2014)..... 43

Sigles et abréviations

ACDD	Action conseil pour le développement durable
BA	Biomasse aérienne
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CH_4	Méthane
CO_2	Dioxyde de carbone
COP	Conférence of parties
CP	Conférence des Parties
DCN	Deuxième Communication Nationale sur les changements climatiques
DE	Direction de l'Environnement
DEP	Direction des Etudes et de la Planification
DFS	Deutsche Forst Service
DHP	Diam à hauteur de poitrine
ETM+	Enhanced Thematic Mapper plus
F/NF	Forêt / Non Forêt
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FCPF	Fonds de partenariat pour le carbone forestier
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HAFL	Haute Ecole Spécialisée des Sciences Agronomiques, Forestières et Alimentaires, Berne, Suisse
ICRAF	International Centre for Research in Agroforestry/ Centre international pour la recherche en agroforesterie
IFN	Inventaire forestier national
IFN-1	Premier inventaire forestier national de 2015/16
IGES	Inventaire de gaz à Effet de Serre
ITRA	Institut Togolais de Recherche Agronomique
MAEP	Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
MEDDPN	Ministère de l'Environnement du développement durable et de la protection de la nature
MERF	Ministère de l'environnement et des ressources forestières
MRV	Monitoring, Reporting et Vérification
N_2O	Oxyde nitrite
NERF	Niveau d'émission de référence des forêts
NRF	Niveau de référence des forêts
ODEF	Office de Développement et d'Exploitation des Forêts
ProREDD	Programme Appui à la REDD+-Readiness et réhabilitation des forêts
PTF	Partenaires Techniques et Financiers
RMSE	Root-mean-square error
R-PP	Readness Preparation Proposal
RSR	Root-shoot ratios
SIG	Système d'Information Géographique
SSTS	Systèmes de Surveillance des Terres par Satellite
UL	Université de Lomé
TM	Thematic Mapper

Informations générales

Contact

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU DEVELOPPMENT DURABLE ET DE LA PROTECTION DE LA NATURE
DIRECTION GENERALE DE L'OFFICE DE DEVELOPPEMENT ET D'EXPLOITATION DES FORETS,
COORDINATION NATIONALE REDD+

Siège : Direction générale de l'ODEF, 20, rue des Evala, quartier Agbalépédogan, BP : 334, Tél : 26 61 87 35 ; Fax : 22 51 42 14- Lomé-TOGO. Email : reddtogo@yahoo.fr
Site web : http://www.reddtogo.tg.

Equipe chargée de l'élaboration du NRF

Nom	Organisme
Partenaires en développement et Expert internationaux ayant appuyé l'élaboration	
BLASER Juergen	Assistant Technique International (ATI) / Haute École spécialisée bernoise, Département des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL)
GARDI Oliver	Expert élaboration du NRF, HAFL
DANGBO Fifonsi Ayélé	Assistant de l'ATI, HAFL
CAILLARD Iris	Experte forestière, HAFL Suisse
SERKOVIC Mirko	Banque Mondiale
SCHLEENBAECKER Andreas	Chef programme ProREDD/Coopération allemande/GIZ
KAMMER Franck	DFS
Représentants des institutions de l'Etat membres de l'équipe d'élaboration	
BAKABIMA Ditorgue Bakén'na	Coordination nationale REDD+
AKPENE Afiwa Dzigbodi	Coordination nationale REDD+
ETSE Komla E.	Direction des études et de la planification /UGBDC
SAMAROU Moussa	Direction des ressources forestières/ CBDR-IFN
ABIGUIME Mamalnassoh	Direction des ressources forestières
DJERI WAKE Lantam	Agence Nationale de Gestion de l'Environnement
AGBESSI Koffi G. Eric	Direction des ressources forestières
TOLEBA Aklasson	Office de développement et d'exploitation forestière (ODEF)
KONKO Yawo	Agence Nationale de Gestion de l'Environnement
BAYADEA Makoumambe	Direction des études et de la planification
OURO-BANG'NA Solizama	Direction des études et de la planification
Personnes ressources	
DITOATOU Kanfitine	Coordonnateur national REDD+
DAMETOUGLE Totetiébe	Coordination nationale REDD+
AZANKPO Komla	Direction de l'environnement/ Point focal du Togo pour la CCNUCC
EDOU Komla	Direction de l'environnement/ Coordonnateur Rapport biennal/Communication nationale
ADJONOU Kossi	Université de Lomé (UL/FDS)
DOURMA Marra	Université de Lomé (UL/FDS)/Membre de l'équipe de l'GES
OURO-AGBANDAO Tchabanna	Direction des ressources forestières/ CBDR-IFN

Résumé exécutif

Ce document présente le niveau de référence pour les forêts (NRF) du Togo à soumettre à la CCNUCC. Le NRF du Togo servira de base pour mesurer les réductions d'émissions résultant de la déforestation et l'augmentation des stocks de carbone par le reboisement dans un cadre REDD+ de paiement basé sur les résultats. Ce document offre des informations détaillées sur les émissions historiques du CO_2 dues à la déforestation, avec une couverture houppier ≥ 30%, et les absorptions due à la reforestation, ainsi que sur les méthodes appliquées et les sources de données utilisées pour calculer les émissions et les absorptions.

Les programmes REDD+ envisagés par le Togo et décrits dans la Stratégie nationale REDD+ représentent un engagement ambitieux et réel pour réduire les émissions du secteur de l'utilisation des terres tout en réalisant des co-bénéfices significatifs tels que la réduction de la pauvreté et l'amélioration de la productivité agricole.

Les éléments clés de la version actuelle du NRF du Togo sont les suivants :

- Les activités REDD+ : la déforestation, l'augmentation du stock de carbone dues à la plantation et/ou au reboisement ;
- La période de référence historique est 2003-2018 sélectionnée sur la base de la disponibilité des images satellitaires historiques sur toute l'étendue du territoire ;
- L'échelle considérée est l'échelle nationale ;
- Les émissions historiques dues à la déforestation, et l'augmentation des stocks de carbone liée à la reforestation ont été estimées en utilisant les données et les méthodes du GIEC et du niveau tiers 3.

La construction du NRF du Togo s'appuie sur les moyennes historiques des émissions dues à la déforestation et aux absorptions par le reboisement/reforestation au niveau national et sans ajustement aux circonstances nationales. Le NRF prend en compte la reforestation, donc le changement d'utilisation de terres de non-forêt vers forêt dans le cadre du renforcement du stock de carbone. Les émissions de CO_2 dues à la déforestation entre la période de référence 2003 et 2018 est de - 845 034 tCO_2/an et la séquestration de CO_2 due à la reforestation entre la même période est de + 115 514 tCO_2/an. Le niveau de référence durant la même période est de - 729 520 tCO_2/an. Les chiffres présentés dans le NRF pour les émissions due à la déforestation sont consistantes avec les émissions estimées par les études globales de GFW[1].

En outre, le Togo a également l'intention de considérer l'évolution des terres boisées (couverture houppier entre 10 et 30%) et les autres activités REDD+ (dégradation des forêts, renforcement des stocks de carbone à l'intérieur de la forêt, conservation de stock de carbone forestier et gestion durable des forêts) dans le futur dès que les données et méthodes pour une quantification précise des émissions et séquestrations seront disponibles.

[1] Global Forest Watch Togo : https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/TGO

Introduction

Dans le contexte global d'accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES), les pays membres de la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ont pris des engagements de réduction de ces émissions. Ces engagements se traduisent, entre autres sous la forme de la mise en œuvre des activités de réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts, de gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestier (REDD+). L'établissement du niveau d'émission de référence / niveau de référence des forêts (NERF/ NRF) est l'un des quatre éléments structurants qui ont été convenus à l'échelle internationale comme prérequis pour mettre en œuvre la REDD+.

Le Togo, un pays de l'Afrique de l'ouest est situé entre 6° et 11° de latitude Nord et entre 0° et 2° de longitude Est. Il a une superficie de 56 600 km², et s'étend sur une longueur de 660 km du sud au nord et sur une largeur variant de 50 à 150 km d'est en ouest. Il est limité au sud par l'Océan Atlantique, au nord par le Burkina Faso, à l'ouest par le Ghana et à l'est par le Bénin et est subdivisé en cinq zones écologiques selon Ern (1979) et en cinq régions administratives et économiques. Sa population est estimée à 6 303 800 habitants en 2018 d'après les projections de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques et Démographiques (INSEED).

Le Togo n'est pas un pays forestier à l'image de ses pays voisins, mais connait cependant le phénomène accru de dégradation de forêts. En effet les résultats de la cartographie d'occupation des terres réalisée lors du premier inventaire forestier national (IFN-1) de 2015 à 2016 ont montré que le Togo a une couverture forestière estimée à 24,24% du territoire. Les résultats de l'IFN-1 (MERF 2016) donnent un potentiel ligneux faible de 54,42 m^3/ha et une faible présence des peuplements de grands diamètres. En utilisant la méthodologie de la cartographie d'occupation des terres de l'IFN-1, la couverture forestière de la période 1976–1984 a été estimée à 25,30% (MERF 2019). Ces résultats indiquent que la perte des surfaces forestières de 4,2% en 30 ans, n'est probablement pas l'activité REDD+ la plus importante, mais que le phénomène le plus observé est la dégradation à l'intérieur des forêts.

En vue de répondre à la problématique de la déforestation et de la dégradation des forêts, le Togo a adhéré au mécanisme REDD+ notamment au fonds de partenariat pour le carbone forestier (FCPF) à travers la résolution PC/16/2013/9 en 2013 puis au programme ONU-REDD, en 2014, grâce à la décision 3.1 de son conseil d'orientation. Depuis 2015, il met en œuvre son document de proposition de mesures pour l'état de préparation à la REDD+ (R-PP).

Aussi, conformément au paragraphe 131 de la décision 12 / CP.17 de la CCNUCC et les orientations et directives les plus récentes du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC), le NRF est-il considéré comme un repère pour évaluer les résultats obtenus dans la mise en œuvre des activités. Le NRF sera exprimé en équivalent de dioxyde de carbone par année, en tenant compte des données historiques, en cohérence avec les inventaires nationaux de GES, de manière transparente, en fournissant des informations et une justification pour son élaboration. Le Togo a adopté une approche de construction du NRF à une échelle nationale mais par étape, avec une amélioration progressive de la précision des méthodes, des données utilisées, des activités REDD+ et des réservoirs carbones considérés.

Le présent rapport fait le point des données et des méthodes utilisées pour estimer le profil historique des émissions par la déforestation et les absorptions par la reforestation, ainsi que des détails sur la façon dont ces émissions de référence ont été utilisées pour le développement du NRF. L'approche méthodologique dans la construction du NRF, l'ensemble des données sur la portée, les activités et les facteurs d'émission seront affinés au fur et à mesure de la disponibilité des données plus précises. Les informations présentées sont transparentes, complètes et cohérentes avec les orientations de la CCNUCC, précises et guidées par les orientations et directives les plus récentes du GIEC. Les méthodes, les données et la portée du présent NRF ne sont pas cohérentes avec l'Inventaire de gaz à Effet de Serre (IGES) au niveau national. Le processus national REDD+ du Togo contribuera à améliorer l'IGES à venir.

1. Définitions des concepts clés

1.1. La forêt

Dans le code forestier du Togo[2] on entend par forêt :

- Un espace occupant une superficie de plus de 0,5 ha avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 m et un couvert arboré de plus de 10%, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ ;
- Les terrains qui étaient couverts de forêts récemment coupées ou incendiées mais qui sont soumis à la régénération naturelle ou au reboisement ;
- Les terres en friche destinées à être reboisées ;
- Les terrains de culture affectés par le propriétaire ou l'usufruitier aux actions forestières ;
- Toutes terres dégradées impropres à l'agriculture et destinées à être boisées ou reboisées ;
- Les formations forestières ayant subi une coupe ou un incendie entraînant leur destruction totale et ce durant une période de dix ans à compter du jour de constatation de leur destruction.

Dans le cadre de l'inventaire forestier national 2015/2016 et dans le contexte de la REDD+ au Togo, la forêt est définie comme : « un espace occupant une superficie de plus de 0,5 ha avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 m et un couvert arboré de plus de 10%, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ » (MERF, 2015). Cette définition est basée sur celle du code forestier et des catégories du GIEC utilisées dans l'inventaire des GES (IGES) lors des communications nationales ainsi que sur la définition de la forêt selon la FAO3. La définition a également fait objet de consultation des acteurs au niveau national au cours d'un atelier organisé du 05 au 07 février 2015 à Kpalimé.

Les strates forestières qui ont été distinguées dans le cadre de l'IFN-1 sont la forêt dense semi-décidue et décidue, la forêt galerie, la forêt claire et la savane boisée, la savane arborée et arbustive, la mangrove et les plantations (tableau 1). Les strates ont été discriminées visuellement sur la base des images satellitaires de très haute résolution (RapidEye, 5 m de résolution spatiale). La clé d'interprétation des images satellitaires est faite sur la base de l'application de la définition de la forêt sur les strates forestières distinguées.

[2] Code forestier du Togo : http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/tog85011.pdf

[3] La définition de « forêt » utilisée par la FAO inclut toutes les zones d'une superficie d'au moins 0,5 ha avec une densité de couvert arboré supérieure à 10% et une hauteur d'arbre supérieure à 5 m (FAO, 2010)

Tableau 1: Classes d'utilisation des terres utilisées dans le cadre de l'IFN-1

Strates GIEC	**Strates Nationales**
Terres forestières	Forêts denses semi-décidues et décidues
	Forêt galerie
	Forêt claire et savane boisée
	Savane arborée et arbustive
	Mangroves
	Plantation
Terres cultivées	Terres cultivées
Prairies	Formations herbeuse
Terres humides	Terres humides
	Formations marécageuses
Établissements humains	Etablissements
Autres terres	Autres terres
	Autres

Toutefois ces strates, notamment les forêts à faible densité d'arbres comme la savane arborée et arbustive ne peuvent pas être distinguées avec précision à partir des images satellitaires Landsat (30 m de résolution spatiale). Les analyses faites dans le cadre de l'élaboration de ce document ont montré qu'une cartographie des surfaces forestières à couverture houppier ≥ 10% sur la base des images Landsat surestime la surface forestière. Pour une meilleure évaluation de la forêt avec les images Landsat, il faudrait considérer une couverture du houppier supérieure à 30% (FAO et JRC 2012).

Ainsi dans le cadre de l'élaboration de son niveau de référence, le Togo a subdivisé la définition de la forêt en deux sous entités selon le pourcentage du couvert arboré :

- ***« Forêt »*** est une terre ayant un couvert arboré supérieur à 30% avec des arbres qui peuvent atteindre une hauteur de 5m et une surface minimale de 0,5ha ;
- « ***Terre boisée*** » est une terre ayant un couvert arboré entre 10 et 30 % avec des arbres qui peuvent atteindre une hauteur de 5m et une surface minimale de 0,5ha.

À cause des difficultés techniques pour déterminer les changements historiques sur des zones à faible couverture houppier, cette première version du NRF prend en compte seulement l'évolution historiques des forêts et pas les terres boisées. Ainsi les terres boisées sont considérées comme non-forêt dans le présent document.

Le présent NRF ne distingue pas les forêts naturelles des forêts anthropiques (plantations).

1.2 La déforestation

La plupart des définitions caractérisent la déforestation comme la conversion définitive, ou à long terme, des terres forestières en terres non forestières. Au titre de la décision 16/CMP.1, la CCNUCC définit la déforestation comme : « ...la conversion directe par l'action humaine de terres forestières en terres non forestières ».

Dans le contexte national où l'affectation des terres n'a pas été stratifiée, il est difficile d'observer les différents changements d'utilisation des terres. Toutefois, pour ce NRF, la déforestation est considérée comme toute réduction de la couverture de la canopée à un niveau qui est inférieur à 30%.

1.3 La dégradation forestière

La dégradation représente une baisse des stocks de carbone directement imputable à une cause anthropique, alors que la canopée reste au-dessus du seuil de définition de la forêt, et il n'y a aucun changement de l'affectation des terres. Par conséquent, la réduction des émissions résultant de la dégradation des forêts correspond à la réduction des stocks de carbone imputables à l'homme (décision 1/CP.16 prise lors de la conférence des parties COP 16 à Cancún).

Dans le présent NRF, ni la dégradation, ni la régénération à l'intérieur de la forêt n'ont pas été prises en compte à cause du manque de données historiques. Cependant, d'après les résultats de l'IFN-1, la dégradation est probablement une activité clé pour le Togo et elle sera estimée dans les versions futures du NRF.

1.4 L'afforestation et le reboisement/reforestation

L'afforestation ou boisement est «la conversion par l'action humaine de terres non forestières en terres forestières à travers la plantation, l'ensemencement et/ou la promotion par l'homme de l'ensemencement naturel, sur des terrains qui n'avaient pas porté de forêts pendant au moins 50 ans » (décision 1/CP.16 prise lors de la COP 16 à Cancún).

La reforestation/reboisement est « la conversion directe par l'action humaine de terres non forestières en des terres forestières à travers la plantation, l'ensemencement et/ou la promotion par l'homme de l'ensemencement naturel, sur des terres qui étaient forestières, mais qui ont été converties en terres non forestières » (décision 1/CP.16 prise lors de la COP 16 à Cancún).

Dans le cadre du présent NRF, le terme reforestation est utilisé pour une afforestation et un reboisement qui résultent d'une augmentation de la couverture du houppier au-dessus de 30% stable, au minimum pour 10 ans. Les jachères et la régénération temporaire qui persistent moins de 10 ans n'entrent pas dans cette définition.

1.5 Causes de la déforestation et de la dégradation forestière

Des analyses détaillées des causes de la déforestation et de la dégradation des forêts ont été réalisées dans le cadre du processus de préparation de la stratégie nationale REDD+ avec l'appui des cabinets ONFI (MERF/Coordination Nationale REDD+ 2018) et DFS (MERF 2019). Cette analyse a porté sur trois aspects :

- L'analyse de la dynamique forestière entre 1976-1984 et 2013/2014 suivant les photos aériennes et les images RapidEye ;
- L'analyse quantitative et spatiale des points chauds et des tendances historiques de la déforestation sur la base des images satellitaires de 2005 à 2017 ; et
- L'analyse qualitative de la déforestation au Togo basée sur les enquêtes.

Le croisement des analyses qualitatives basées sur un processus de consultation des acteurs locaux et des analyses quantitatives alimentées par des données d'imagerie satellite a permis d'identifier et d'hiérarchiser les principales causes directes de déforestation au Togo. L'analyse qualitative a permis d'identifier les principales causes ci-après : (i) les pratiques agricoles telles que l'agriculture itinérante et les feux de végétation ; (ii) l'exploitation du bois, notamment le bois énergie (charbon de bois et bois de feux), (iii) le bois d'œuvre et bois de service ; et (v) l'urbanisation liée à la croissance démographique (figure 1). Les moteurs indirects qui guident la déforestation au Togo sont la pauvreté, la croissance démographique et l'urbanisation galopante.

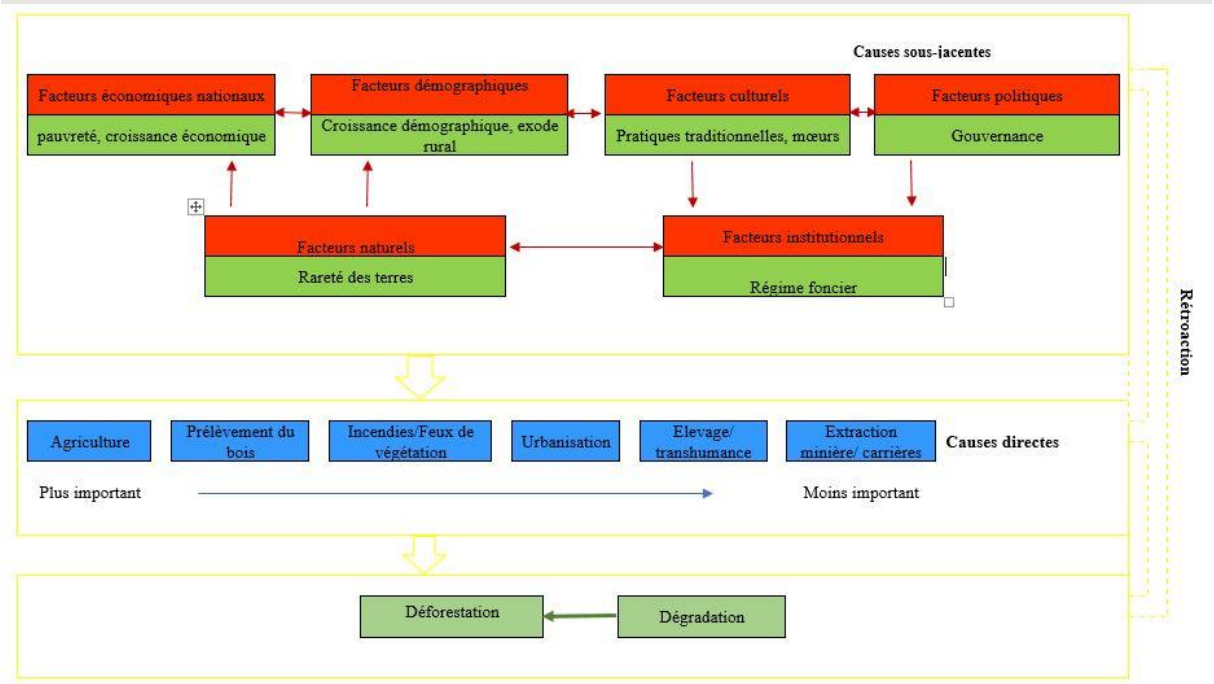


Figure 1: Canevas synthétique des causes directes et sous-jacentes de la déforestation et la dégradation des forêts au Togo (Source : REDD+/MERF, 2018)

2 Échelle du NRF

Dans le cadre de cette soumission à la CCNUCC, le Togo a décidé de soumettre un NRF qui couvre tout le territoire national. Les images Landsat historiques disponibles dans les archives de l'USGS, ainsi que les images satellites RapidEye 2013/2014 et les photos aériennes 1976–1984 acquis dans le cadre de l'IFN-1 couvrent tout le territoire et permettent d'analyser les activités sur tout le Togo. Cette échelle nationale du NRF permettra également un meilleur suivi des phénomènes de fuites. Ce choix se base également sur la stratégie nationale REDD+ qui couvre tout le Togo.

3 Période de référence du NRF

La période de référence pour la construction du NRF est de 2003 à 2018, et les émissions historiques seront estimées sur la base de données et de cartes de couverture terrestre élaborées. Ce choix se justifie d'abord par la disponibilité et la consistance des données satellitaires au cours de cette période et aussi par le souci d'être conforme au cadre méthodologique du Fonds de partenariat pour le carbone forestier (FCPF), qui demande que la période de référence ne dépasse pas les 15 ans.

L'année 2015 constitue une année charnière où le Togo dispose de données d'inventaire fiables et d'images satellites de hautes résolutions couvrant tout le pays.

L'année 2018 marque le début de la mise en œuvre du plan national de développement (PND) où la problématique REDD+ est abordée. Le PND est un cadre de mise en œuvre des Objectifs de développement durable (ODD) au Togo. L'ODD 7 : « Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable » et l'ODD 15 : « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des sols et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité » se retrouvent bien dans les actions de la REDD+.

4 Porté du NRF

4.1 Les activités REDD+ prises en compte dans le NRF

Les activités REDD+ retenues au Togo dans le cadre du NRF sont : la déforestation et la reforestation (afforestation /reboisement). A ce stade des travaux, les activités de réduction des émissions dues à la dégradation des forêts, l'augmentation des stocks de carbone à l'intérieur de la forêt, de conservation de stock de carbone forestier et de gestion durable des forêts ne sont pas prises en compte pour la construction du présent NRF, mais seront incluses dans le futur (dans la prochaine version du NRF) avec une amélioration de la méthodologie, du système de collecte et de la qualité des données. Les recherches sont en cours pour développer une méthodologie adaptée pour l'estimation de la variation du stock de carbone due à la dégradation des forêts.

4.2 Les réservoirs de carbone dans le NRF

Trois réservoirs sont pris en compte pour la construction du présent NRF. Il s'agit de :

- **La biomasse aérienne** constituée par le fût et le houppier. Les émissions provenant de la biomasse aérienne constituent la majorité des émissions et il est donc indispensable de comptabiliser ce réservoir. La biomasse aérienne est estimée sur la base des données dendrométriques relevées dans le cadre de l'IFN-1.
- **La biomasse souterraine ou racinaire** constituée par les racines des arbres. Ce réservoir est significatif à l'échelle nationale et sera donc pris en compte. La biomasse souterraine est estimée sur la base de la biomasse aérienne et les facteurs « root-shoot » publiés par le GIEC.
- **Le bois mort** : constitué par le bois mort tombé, le bois mort sur pied et les souches. Lors de l'inventaire forestier national de 2015/2016, les bois morts sur pied et couché ont été mesurés et ils ont été pris en compte dans le calcul de la biomasse.

Les deux autres réservoirs de carbone forestier (la litière et le carbone du sol) ne sont pas pris en compte dans ce rapport à défaut d'informations pertinentes, disponibles.

- **La litière** n'est pas prise en compte, aussi bien pour la déforestation que l'augmentation du stock de carbone, car elle constitue un réservoir mineur de carbone ;
- **Le carbone du sol** a été omis par manque de données. Vue qu'une réduction de la déforestation, ou le reboisement, a plutôt des effets positifs que négatifs sur le stock de carbone du sol, cette omission conduira à une sous-estimation plutôt qu'à une surestimation de la réduction des émissions (conservateur).

Ces réservoirs de carbone pourront être inclus dans de futures soumissions, à l'issue des recherches bibliographiques et travaux scientifiques, qui seront effectués en vue de mieux évaluer ces réservoirs de carbone et leurs potentiels dans les sols forestiers.

4.3 Les gaz à effet de serre considérés dans le NRF

Le seul gaz à effet de serre considéré dans la construction du NRF au Togo est le dioxyde de carbone (CO_2) émis par les activités de déforestation principalement et capté par le reboisement. Les émissions de gaz liées au feu de végétation telles que le CO_2, le méthane (CH_4) et l'oxyde nitrique (N_2O) ne sont pas prises en compte dans cette présente version du NRF par manque de données. Toutefois les recherches de données sont en cours et seront considérées dans les prochaines soumissions du NRF.

En effet, les feux de végétation touchent environ 8 500 km^2 par année au Togo (MERF, 2018). Cependant des études utilisant des technologies appropriées pour la quantification de ces émissions sont en cours en vue de discriminer les superficies réellement brûlées et les émissions associées pour chaque type d'occupation des terres. Lorsque les résultats de ces évaluations seront disponibles, elles seront utilisées pour actualiser le NRF du Togo.

5 Informations utilisées pour le développement du NRF

Le présent chapitre décrit notamment le procédé d'acquisition et le choix des images satellitaires, les méthodes de traitements et de classification, ainsi que les principaux résultats obtenus. Les détails techniques sont décrits dans le manuel de référence disponible en ligne[4].

Le présent NRF est développé en suivant les orientations du GIEC. En effet :

- La Décision 4/CP15 incite les pays en développement à utiliser les orientations et les directives les plus récentes du GIEC, telles qu'elles ont été adoptées ou préconisées par la Conférence des Parties (CP), pour calculer les émissions (sources) et les absorptions (puits) de GES liées aux forêts ainsi que les stocks de carbone forestier et les changements de superficies forestières ;
- De même, le Cadre Méthodologique du Fonds Carbone du FCPF, Critère 5 demande que « Le Programme de Réduction d'Emissions applique les directives et orientations les plus récentes du GIEC, telles qu'adoptées ou préconisées par la Conférence des parties, en tant que base d'estimation des émissions de gaz à effet de serre liées aux forêts, par source, et des absorptions par puits ».

Conformément à ces orientations, le NRF a été développé en suivant les règles et les méthodes préconisées par le GIEC, 2006. D'après les définitions du GIEC, la méthodologie se base sur l'approche de différence des stocks, c'est-à-dire une estimation du solde net des additions et des absorptions à partir de l'évolution des stocks de carbone dans les réservoirs considérées (IPCC/ Eggleston et al. 2006).

5.1 Données d'activités

5.1.1 Les données de télédétection disponibles au Togo

Pour le moment, trois différents types de données de télédétection sont disponibles au Ministère de l'environnement, du développement durable et de la protection de la nature (MEDDPN). Il s'agit de : a) un pivot des images satellitaires RapidEye des années 2013/2014 avec une résolution spatiale de 5 m ; b) une série des images Landsat 1986 – 2019 avec une résolution spatiale de 30 m et c) un pivot des photos aériennes des années 1976 – 1984 avec une résolution spatiale de 0,5 m (tableau 2). Dans le cadre du premier inventaire forestier national (IFN-1), une cartographie des différentes occupations des terres (le tableau 1) a été faite sur base des images RapidEye. Les cartes résultantes ont montré une couverture des forêts de 24,24%. Dans la suite, l'analyse des images aériennes des années 1976-85 selon la même méthode a montré une couverture forestière de 25,30%. Une comparaison directe de ces deux cartes n'est pas possible parce que : a) les orthophotos n'étaient pas ortho-rectifiées spatialement (manque des points de contrôle de terrain GCP (Ground control points)), b) les deux types d'images sont différents en termes de résolution spectrale et spatiale et c) les classifications ont été faites d'une

[4] Le manuel de référence du SNSF ainsi que les scripts R utilisées pour faire le traitement des données et les analyses sont disponible sous https://ogardi.github.io/SNSF-Togo/

manière indépendante, donc les erreurs de classification sont probablement plus importantes que les changements d'occupation du sol.[5]

Les raisons évoquées plus haut ont conduit le Togo à établir le présent NRF sur la base de la série des images Landsat disponibles dans les archives USGS couvrant toute la période de 1986 – 2019 avec des images co-registrés du même type et donc permet une analyse multi-temporelle.

5.1.2 Caractéristiques techniques des données de télédétection disponibles

Le paragraphe 8 de la décision 12/CP.17 exige que les niveaux d'émission de référence/niveaux de référence pour les forêts (NERF/NRF) soient en cohérence avec les émissions anthropiques de gaz à effet de serre liées aux forêts. Le Togo a cherché à établir cette cohérence comme exigé par le GIEC (IPCC, 2006). Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**2 présente les caractéristiques des images satellitaires RapidEye et Landsat. Les images satellitaires RapidEye ont été utilisés pour la cartographie de l'occupation de la terre en 2013/2014 dans le cadre de l'IFN-1 effectué en 2015/2016. Quant aux images Landsat, elles ont été utilisées pour l'analyse du changement du couvert des terres forestières dans le cadre de ce NRF.

Les images Landsat utilisées pour l'établissement du NRF sont des images avec des corrections radiométriques, géométriques et atmosphériques faites par USGS qui montrent la réflectance à la surface de la terre (USGS Landsat produit Level-2)[6]. Les données acquises sont les images avec une faible couverture nuageuse prises à la fin de la période sèche (Décembre – Février). Ces images ont des bandes spectrales B, G, R, NIR, SWIR-1 et SWIR-2 avec des valeurs de réflectance dans les spectres électromagnétiques correspondants, ainsi que les différents indices spectraux mis à disposition par USGS (EVI, NDVI, NIRI, NDMI, NBR-1, NBR-2, SAVI et MSAVI).

[5] En effet, selon Fuller et al (2003), l'estimation du changement du couvert forestier sur la base de la comparaison des cartes qui sont individuellement produites pour différentes dates risque de relever des changements avec des erreurs de classification plus élevées que les changements effectifs, particulièrement si les changements sont localisés sur de petites surfaces

[6] Description technique disponible sous https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-surface-reflectance

Tableau 2: Caractéristiques techniques des images satellitaires Landsat, RapidEye et orthophotos

Caractéristique	**RapidEye**	**Landsat (TM, ETM+, OLI)**	**Orthophotos**
Source	RapidEye, payant, mis à disposition à travers le projet ProREDD (GIZ)	Archives USGS, disponible gratuitement sous earthexplorer.usgs.gov	Copies des films des photos aériennes obtenues dans les archives de la Direction générale de la cartographie (DGC) mis à la disposition de la REDD+
Période de réception	depuis 2005	depuis 1982	1976, 1977, 1978, 1979, 1982, 1985
Résolution spatiale	5 m	15 m panchromatique 30 m multi-spectral	50 cm
Résolution spectrale	0,48 - 0,89 µm (B, G, R, RE, NIR)	0,45 - 0,90 µm (B, G, R, NIR, SWIR-1, SWIR-2)	monochromatiques
Résolution radiométrique	12 bit	TM/ETM : 8 bit , OLI : 12 bit	Photos scannées en niveau de gris dont les valeurs comprises 0-256 (8bits)
Pivots disponibles	1 pivot : 2013 / 2014	13 pivots (Déc – Fév, fin saison sèche) : 1985/86, 1986/87, 1991-97, 2000/01, 2002/03, 2004/05*, 2006/07*, 2009-11*, 2012/13*, 2014/15, 2016/17, 2017/18, 2018/19	1 pivot : 1976, 1977, 1978, 1979, 1982, 1985
Corrections	Ortho-rectification (UTM31)	• Ortho-rectification (UTM31) • Réfléctance à la surface (Corrections athmosphériques et radiometriques, Produit Level-2)	Géo-référencement Pas d'ortho-rectification

5.1.3 Analyse des données disponibles et prises en compte dans le contexte du NRF

Les cartes d'utilisation des terres qui ont été produites sur la base des images RapidEye 2013/2014 et des images aériennes de 1976 à 1985 sont difficiles à valoriser dans le cadre du présent NRF. En effet, la carte d'occupation des terres basée sur les images satellite RapidEye 2014/15, qui a été produite dans le cadre de l'IFN-1, était fait avec l'objectif de fournir un aperçu les différentes catégories d'occupation des terres pour la planification et l'évaluation des relevées sur le terrain. La méthodologie utilisée est basée essentiellement sur une segmentation automatique des images et une classification manuelle des sept (7) strates forestières décrits plus haut en Tableau 2. La procédure choisie n'avait pas comme objectif d'enregistrer de manière cohérente les changements d'occupation des terres au fil du temps. La carte obtenue n'était donc pas produite pour l'analyse des changements d'occupation des sols.

Les défis mentionnés ci-dessus sont aussi relevés dans l'analyse des photos aériennes de la période 1976 – 1984 (MERF/REDD+ 2018) selon la même méthode de traitement (segmentation et interprétation visuelle).

L'utilisation de ces deux cartes produites sur la base des images RapidEye et des orthophotos pour la quantification du changement historique s'avère difficile pour plusieurs raisons :

- La première raison est la non-disponibilité des images avec une même qualité de résolution spatiale et spectrale dans le passé. En effet, la résolution des images RapidEye (5 m) est significativement inférieure à celle des Orthophotos (50 cm). Par ailleurs, les images RapidEye distinguent 5 bandes spectrales (B, G, R, RE, NIR) et les orthophotos sont monochromatiques. Ces différences ne permettent pas de distinguer les différentes classes forestières d'une manière consistante ;

- La seconde raison est due au fait que la méthodologie utilisée pour la réalisation de la carte d'occupation du sol sur la base des images RapidEye et des orthophotos (segmentation et interprétation visuelle) est très difficile, voire impossible, à reproduire et à appliquer d'une manière consistante sur des images des autres senseurs et dates. Lorsque deux cartes d'occupation du sol correspondant à deux dates différentes et produites de façon indépendante sont combinées, les erreurs individuelles sont multipliées si l'on considère que les erreurs des deux cartes sont indépendantes (Fuller et al 2003). La comparaison des cartes qui sont individuellement produites pour différentes dates risque donc de relever des changements avec des erreurs de classification plus élevées que les changements effectifs, particulièrement si les changements sont localisés sur de petites surfaces (Fuller et al 2003) ;

- La troisième raison est due aux faites que les orthophotos ne sont pas géo-référencées par manque de points de contrôle du terrain (GCPs). Aussi, une classification exacte des différentes strates n'était pas possible à cause des différentes résolutions spatiales et spectrales (p. ex. confusion entre forêts claires et forêts riveraines). Vue que les deux cartes produites ne sont pas superposables, il est donc impossible d'identifier et d'analyser les zones de changement directement, mais seulement à travers les chiffres statistiques globaux de la couverture forestière.

La carte RapidEye est la carte d'occupation du sol validé sur le plan national et utilisée dans le cadre de l'IFN-1. Même si elle ne peut pas être utilisée directement pour le NRF, elle est considérée comme données de référence pour une classification thématique accrue des terres forestières (distinction des différents types de forêts) et servira comme carte de référence pour valider des cartes qui sont produites différemment.

Les orthophotos des années 1980 constituent un ensemble de données de référence très précieux pour la classification et la validation des cartes historiques F/NF. Pour ce faire, les images devraient être géo-référencées.

Face aux difficultés liées aux données disponibles, une nouvelle approche transparente, efficace, efficiente et facilement réalisable a été développée pour obtenir des cartes fiables et vraisemblable du changement du couvert forestier dans le cadre du NRF au Togo.

5.1.4 Méthode d'analyse de la déforestation historique

5.1.4.1 Aperçu des données et méthodes

Les travaux réalisés dans le cadre de l'élaboration de ce NRF ont montré que les dynamiques d'utilisation des sols sont très complexes et que l'analyse des changements du couvert forestier au Togo est une affaire très délicate pour les raisons suivantes :

- Tout d'abord, les différentes utilisations des terres se superposent. Typiquement, la limite entre forêt et non-forêt est graduelle. Il est donc très difficile voire impossible de dire exactement où est-ce que la forêt commence et où est-ce qu'elle s'arrête, même si on est sur le terrain.
- Le processus de changement d'occupation des terres est également graduel. La déforestation est normalement le résultat d'une dégradation continue. Souvent, c'est très difficile à dire quand exactement la conversion de forêt vers non-forêt a eu lieu.
- Vue que les causes principales de la déforestation sont l'agriculture itinérante, les changements d'occupation de terres sont normalement à petite échelle et diffusé autour de la lisière forestière partout dans le pays.
- Dans les zones d'utilisation des terres par l'agriculture, on trouve également une régénération par les jachères, qui est également à petite échelle et graduelle dans le temps. Des fois, ces jachères peuvent se développer vers une forêt secondaire qui devra être prise en compte comme reforestation, alors que les jachères sont souvent seulement une régénération temporaire qui ne devraient pas être enregistré comme reforestation.

Une telle situation pose plusieurs défis méthodologiques :

- Au niveau spatial, on risque que les déviances dans la définition de la lisière forêt / non-forêt sur plusieurs dates soient dans le même ordre de magnitude que les changements effectifs qui sont à petite échelle. Dans l'approche méthodologique utilisée pour élaborer ce NRF, ces erreurs ont été évitées en calibrant la lisière forêt / non-forêt des différentes dates avec une seule carte de référence. Une telle approche cherche à minimiser les changements entre les dates et de montrer seulement des changements réels sur le terrain.
- Au niveau temporel, des petits changements dans la couverture du houppier peuvent provoquer un changement de la classe d'occupation des terres. C'est notamment le cas dans des situations où la couverture du houppier est autour du seuil retenu par la définition de la forêt (30% dans le cadre de ce NRF). Autour de ce seuil, l'erreur de classification est très élevée. Dans l'approche méthodologique utilisée pour établir ce NRF, ces erreurs (le bruit) ont été filtrées, par un lissage temporel de 13 cartes forêts / non-forêts produites pour la période 1986 – 2019. En principe, un changement d'occupation des terres doit être confirmé par les observations au cours des années qui suivent.

Un aspect spécifique de la dynamique temporelle est la régénération temporaire comme les jachères qui ne devra pas être considérée comme reforestation. Pour ces cas également, l'utilisation d'une série temporelle des cartes forêt / non-forêt permet de filtrer les surfaces de régénération qui ont moins de 10 ans. Avec une série d'images satellitaires de la période 1987

– 2019 on peut appliquer ce filtrage temporel d'une manière consistante sur toute la période de référence 2003 – 2018.

Les sections suivantes décrivent en détail les différentes étapes de l'analyse : (a) acquisition, prétraitement et empilement des données satellitaires ; (b) définition des parcelles d'entraînements ; (c) classification de la carte de référence ; (d) classification récursive de la série d'images 1986 – 2019, (e) filtrage temporel des cartes forêt/non-forêt sur toute la période et (f) évaluation de la précision à l'aide d'un échantillon aléatoire stratifié de données de référence (figure 4).

5.1.4.2 Collecte et prétraitement des images Landsat

Les données Landsat de la fin de la période sèche ((Nov) Déc – Fév (Mar)) avec une couverture nuageuse inférieure à 10 % ont été téléchargées gratuitement à partir du portail du « Center for Earth Resources Observation and Science (EROS) of U.S. Geological Survey (USGS) » (https://earthexplorer.usgs.gov/). Le Togo est couvert par 9 scènes d'images Landsat sur 3 chemins[7] (Figure 3). Les produits de Level-2 (Surface réflectance), des satellites Landsat 4 et 5 (1986 – 2005), Landsat 7 (2000 – 2013) et Landsat 8 (à partir 2015) ont été choisis car elles ont déjà fait objet des corrections géométriques, radiométriques et atmosphériques. Les images téléchargées ont normalement la même date pour tout le chemin (Tableau 3). Les données téléchargées sont les bandes spectrales B, G, R, NIR, SWIR-1 et SWIR-2 (Figure 2) ainsi que les indices spectraux EVI, NDVI, NIRI, NDMI, NBR-1, NBR-2, SAVI et MSAVI mis à disposition par USGS.

Selon Gutman et al. (2008), ces données Landsat ont des qualités radiométriques et géométriques satisfaisantes pour effectuer des analyses de changement d'affectation des terres et en particulier l'analyse historique de la déforestation. Cependant, en raison d'une panne de capteur (Scan Line Corrector ou SLC) à partir de mai 2003, les images Landsat 7 des années 2005 à 2013 présentent des taux élevés de données manquantes (effeuillage) même si elles sont de bonnes qualités géométriques et radiométriques (Barsi et al. 2007).

Caractéristiques des données appropriées : Les données de type Landsat, avec des résolutions spatiales de 30 sur 30 m, se sont avérées utiles pour l'évaluation de la couverture forestière à l'échelle nationale et l'évaluation des changements de la couverture forestière pour des unités cartographiques minimales (UCM) d'environ 1 ha ou 10 pixels Landsat (Achard et al. 2014). Un certain nombre d'autres cartes nationales ou régionales de la déforestation ont été produites à partir de l'analyse de la couverture complète des données Landsat (Achard et al. 2014 ; Grinand et al. 2013 ; Hansen et al. 2013). Les données sélectionnées sont relatives à la fin de la saison sèche (décembre à février) où a) les variations saisonnières (phénologiques) sont supposées être constantes au cours de cette période et b) la différence spectrale entre végétation pérenne et la végétation herbacée et cultures est prononcée. De plus, la disponibilité d'images sans nuage est limitée pendant la saison des pluies par rapport à la saison sèche (Liu et al. 2015).

[7] Chemins WGS-2 (en anglais « path ») : trajet du satellite, les images sur un chemin sont normalement prise à la même date. Les chemins WGS-2 qui passent sur le Togo sont p192, p193 et p194.

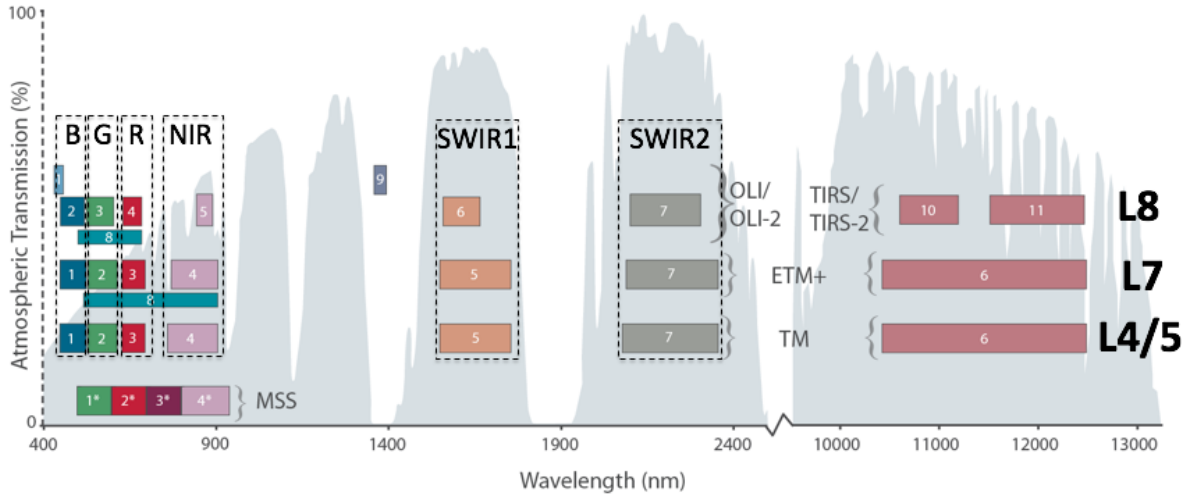


Figure 2: Bandes utilisées : bandes comparables sur tous les senseurs Landsat (B, G, R, NIR, SWIR1, SWIR2) et indices dérivés

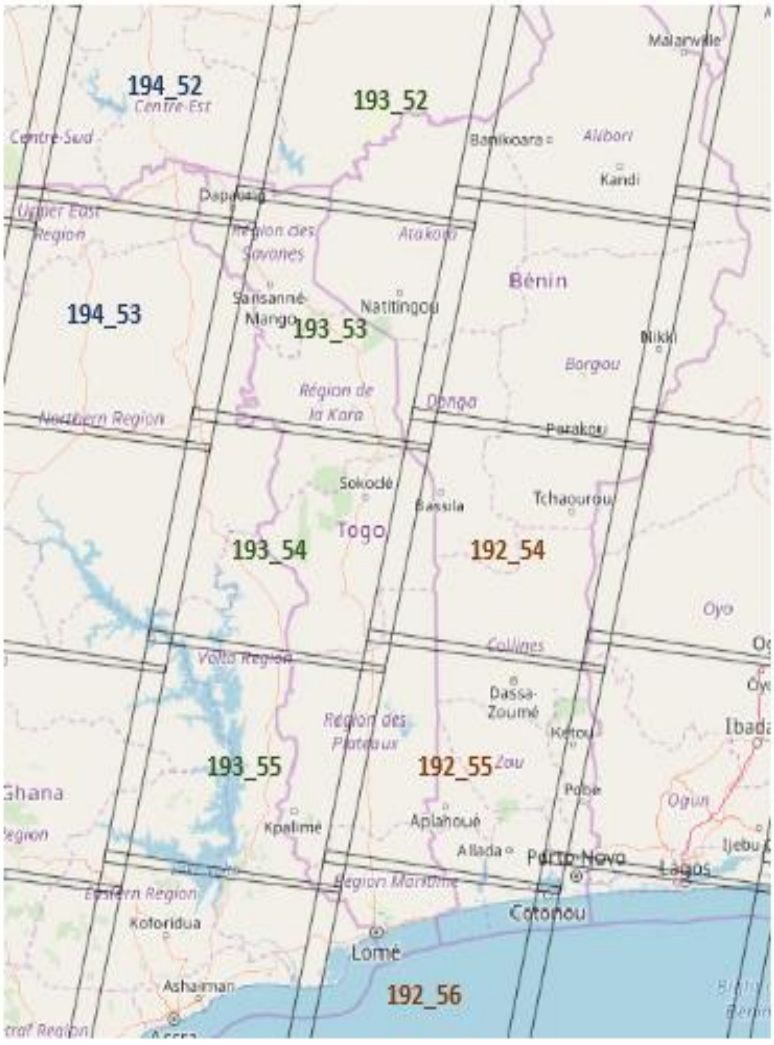


Figure 3: Identifier WGS-2 des scènes Landsat couvrant le Togo (chemin_ligne)

Tableau 3: Base de données d'images Landsat utilisée pour l'analyse historique de la déforestation entre 1986 et 2019 : scènes WRS2 192-054, 192-055, 192-056 / 193-052, 193-053, 193-054, 193-055 / 194-052, 194-053.

	192 (054, 055, 056)	193 (052, 053, 054, 055)	194 (052, 053)
1986	L5 / 13.01.86	L5 / 06.03.85	L5 / 11.01.86
1987	**L5 / 31.12.86**	**L5 / 23.01.87**	**L5 / 29.12.86**
…	—	—	—
1991	L4 / 03.01.91	L4 / 10.01.91 & L5 / 28.11.89	—
…	—	—	—
1997	—	—	L5 / 10.02.97
…	—	—	—
2000	—	L7 / 04.02.00	L7 / 26.01.00
2001	L7 / 13.12.00	—	—
2002	—	—	—
2003	**L7 / 04.01.03**	**L7 / 26.12.02**	**L7 / 17.12.02**
2004	—	—	—
2005	L7* / 24.12.04	L7* / 17.02.05	L7* / 22.12.04
2006	—	—	—
2007	L7* / 30.12.06	L7* / 22.01.07	L5 / 05.01.07
2008	—	—	—
2009	—	L7* / 27.01.09	—
2010	—	—	L7* / 21.01.10
2011	L7* / 10.01.11	—	—
2012	—	—	L7* / 11.01.12
2013	L7* / 31.01.13	L7* / 23.02.13	—
2014	—	—	—
2015	**L8 / 13.01.15**	**L8 / 04.01.15**	**L8 / 27.01.15**
2016	—	—	—
2017	L8 / 19.02.17	L8 / 25.01.17	L8 / 31.12.16
2018	**L8 / 05.01.18**	**L8 / 12.01.18**	**L8 / 18.12.17**
2019	L8 / 23.12.18	L8 / 16.02.19	L8 / 22.01.19

Les images de la même date ont été sélectionnées pour les scènes qui se trouvent sur le même chemin, sauf pour l'année 1991 du chemin 193 où on a dû prendre, à cause des nuages, les images L5 de Novembre 1989 pour les lignes 052 et 053 et les images L4 de Janvier 1991 pour les lignes 054 et 055. L7* indique les images Landsat 7 avec SLC-off (images partielles).

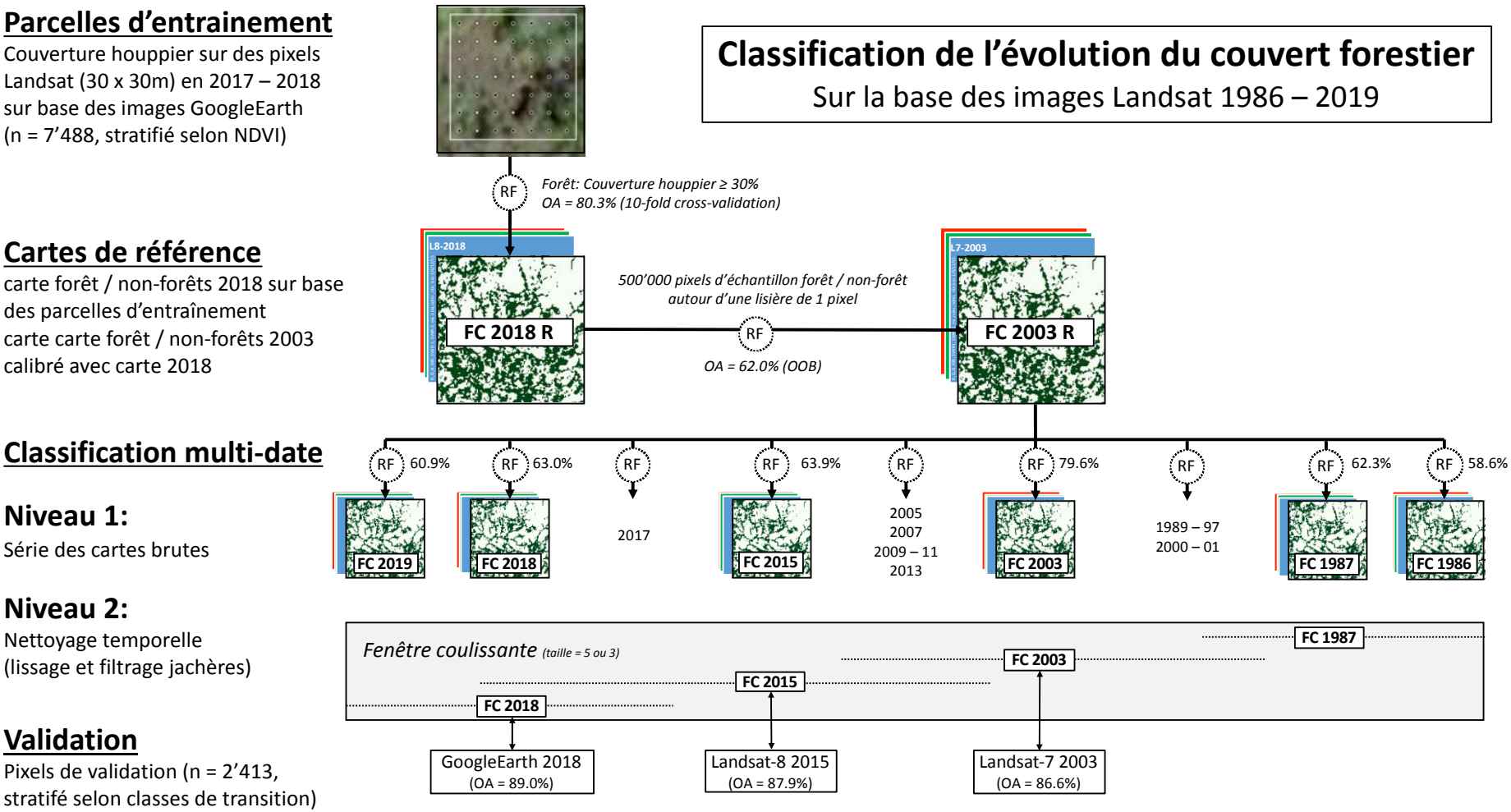


Figure 4: Diagramme de classification du changement du couvert forestier à partir des parcelles d'entrainement et des données de télédétection RF : algorithme de classification RandomForest, OA : précision globale, OOB : estimation de la précision globale sur base des parcelles d'entraînement.

5.14.3 Classification du changement de la couverture forestière

5.1.4.3.1 Prétraitement des données

Aucune correction majeure n'a été appliquée aux images téléchargées étant donné que ce sont les produits Landsat niveau 2 qui ont été utilisées, cependant, une calibration radiométrique a été effectuée afin de ramener les valeurs des pixels en compte numérique en valeur de réflectance. Les bandes B, G, R, NIR, SWIR-1, SWIR-2 ainsi que les indices de végétation qui sont disponibles dans le produit niveau 2, donc le EVI, NDVI, NIRI, NDMI, NBR-1, NBR-2, SAVI et MSAVI[8] ont été sélectionnés. Les images de la même date ont été mosaïquées pour chaque chemin et coupées avec l'extension du Togo. Ensuite, les mosaïques du chemin 194, qui sont dans la projection UTM30 par défaut, ont été projetées dans le système de projection WGS 84 - Zones UTM 31 (EPSG : 32631). En plus des variables topographiques SRTM de résolution 1 arc seconde (CGIAR et USGS) et les variables bioclimatiques de Worldclim version 2.0 de résolution 30 arc secondes (Fick et Hijmans, 2017) ont été téléchargées et interpolées sur la grille Landsat de 30x30 m. Tous les traitements et analyses des données ont été effectués dans le logiciel libre R (R Core Team 2019).

5.1.4.3.2 Collecte de données sur les placettes d'entraînement du couvert forestier

Pour la classification de la carte forêt/non-forêt 2018, 10'000 pixels à 30x30 m ont été sélectionnés, stratifiés selon 10 strates NDVI des images Landsat 2018. À l'intérieur de chaque pixel, une grille de 7x7 points a été définie. On a superposé ces grilles sur des images de très haute résolution disponible sur GoogleEarth en QGIS (figure 5). Sur cette base, les photo-interprétateurs ont défini la couverture houppier dans chaque pixel d'entraînement (nombres de points qui tombent sur un houppier, divisé par 49).

Les images disponibles sur GoogleEarth sont de différentes dates. Pour la calibration de la carte forêt/non-forêt 2018 les pixels d'entraînement qui ont été définis sur la base d'une image des années 2017 – 2018 ont été utilisés. Dans un deuxième tour on a ajouté 1 000 points d'entraînement dans les régions ou l'algorithme de classification a eu des ambigüités dans la prédiction de la classe. Finalement, 7 488 points d'entraînement ont été utilisés pour la classification de la carte de référence forêt/non-forêt 2018.

[8] Voir les guides des produits Landsat niveau 2 (surface réflectance) disponible sous: https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-surface-reflectance

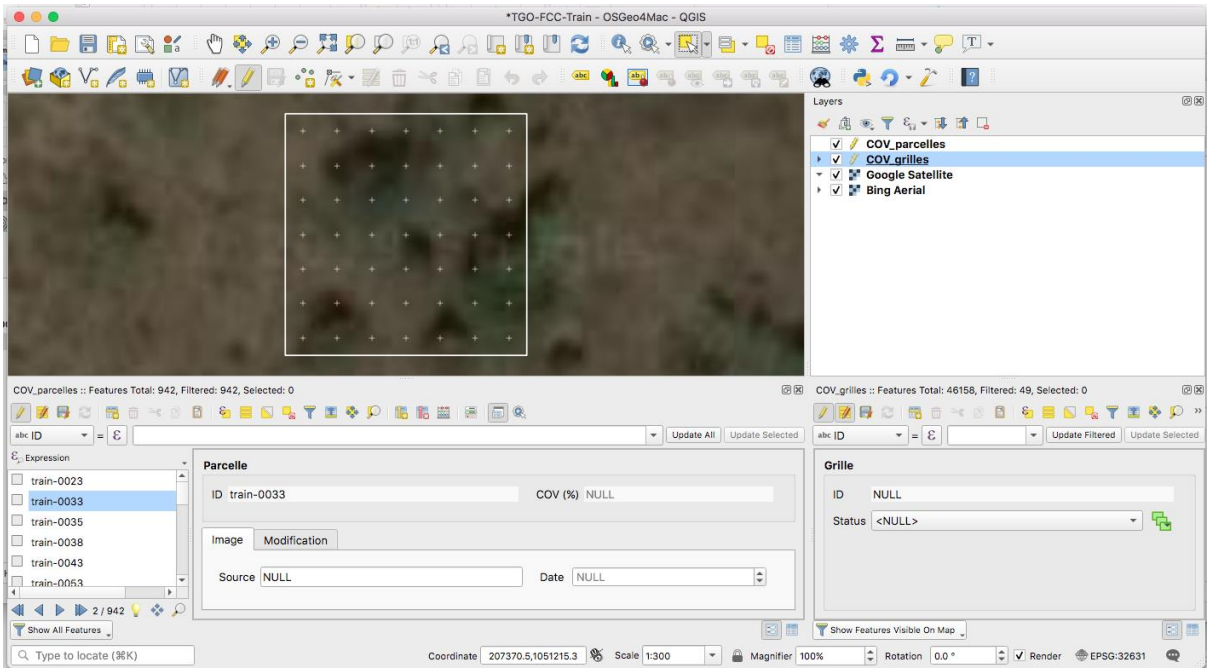


Figure 5: Définition du couverture houppier sur des pixels d'entrainement. Le carré correspond à un pixel d'entraînement Landsat. À l'aide d'une grille 7x7, la couverture des houppiers est déterminée sur la base d'une image satellite Google Earth à très haute résolution.

5.1.4.3.3 Entraînement de l'algorithme de classification Random Forest

L'algorithme de classification RandomForest (RF), développé par Breiman (2001), a été choisi pour ses bonnes capacités de prédiction de l'utilisation des sols (Gislason et al. 2006). Il s'agit d'un algorithme de régression ou de classification supervisée non paramétrique qui combine l'algorithme de l'arbre décisionnel et une technique d'agrégation. En R il est présent dans le package "RandomForest" (Liaw et Wiener, 2002).

Tout d'abord, la capabilité de l'algorithme RandomForest a été testée dans le mode de régression pour reproduire les taux de couverture houppier trouvé sur les pixels d'entraînement sur tout le chemin WRS 193. Le R^2 est de 51,8 % (10-fold cross-validation). Les variables qui ont le plus expliquées la variabilité observée sont les six bandes Landsat (B, G, R, NIR, SWIR-1 et SWIR-2), les indices spectrales NBR, NDVI, NDMI et EVI et les variables bioclimatiques température moyenne et sa saisonnalité, ainsi que la précipitation annuelle et sa saisonnalité. La figure 6 montre que l'algorithme RandomForest a une tendance à surestimer les faibles couvertures des houppiers et à sous-estimer les couvertures élevées des houppiers. Aussi les erreurs sont-elles plus balancées à un seuil de 30% pour la classification forêt/non-forêt qu'à un seuil de 10%.

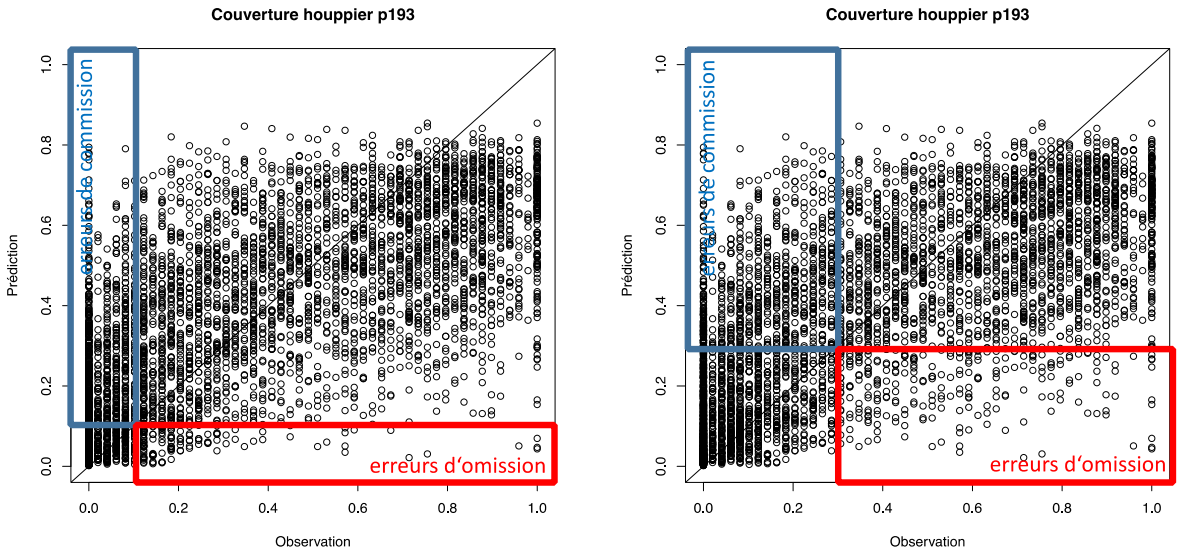


Figure 6: Comparaison des erreurs d'omission et les erreurs de commission à un seuil forêt/non-forêt de 10% (« terres boisées », à gauche) et de 30% (« terres forestières », à droite).

5.1.4.3.4 Classification des cartes forêt/non-forêt (F/NF) de référence

L'algorithme RF a été utilisé pour la classification de la carte forêt/non-forêt (carte F/NF) de 2018 à un seuil de 30% de couverture du houppier. Les points d'entraînement ont tout d'abord été utilisés pour classifier les images Landsat 2018 du chemin WRS 193. La précision globale était à 80,3%, le Kappa à 60,6% (10-fold cross-validation). L'erreur d'omission (forêt selon les points d'entraînement mais non-forêt selon la classification) était à 17,6% et l'erreur de commission à 20,1%. Dans la suite, les autres chemins (192 et 194) ont été classifiés en utilisant les points d'entraînement, plus de 2000 points de calibration autour de la lisière forêt/non-forêt (largeur de la zone : un pixel non-forêt et un pixel forêt) de la carte F/NF du chemin 193, là où les deux chemins WRS se chevauchent (192-193 et 194-193).

Etant donné que les points d'entraînement pour les années passées sur la base de GoogleEarth ne sont pas disponibles, la carte F/NF 2018 a été prise comme carte de référence pour la calibration des cartes F/NF des autres dates. Pour éviter un biais à cause de cette calibration récursive, une carte F/NF 2003 a tout d'abord été calibrée pour faire la classification des autres dates à partir de l'année 2003, qui se trouve au milieu de notre période d'observation 1986 – 2019 et où des images Landsat 7 de très bonne qualité sont disponibles pour l'ensemble du pays. Pour la calibration de la carte F/NF 2003, un échantillon de 500 000 points ont été tirés de façon aléatoire autour de la lisière forêt/non-forêt de la carte F/NF 2018 du chemin WRS 103 et ont été utilisés pour la classification des images Landsat 2003 du chemin 193.

Dans la suite, la même approche a été utilisée pour les chemins 192 et 194 avec moins de points d'entraînement des cartes 2018 mais en ajoutant de points de calibration de la carte F/NF 2003 du chemin 193.

5.1.4.3.5 Production des séries de cartes forêts / non-forêts (F/NF)

La carte F/NF 2003 a finalement été utilisée pour calibrer la série de cartes F/NF pour toutes les dates (y compris les années 2003 et 2018). Avec une telle approche de calibration récursive, les changements entre les dates sont minimisés. L'algorithme RF a montré une stabilité dans la distinction des surfaces de changements lorsqu'elles sont petites par rapport à la grandeur des classes.

La calibration des cartes F/NF des différentes dates (13 dates de 1986 – 2019) était faite de la même façon comme la calibration de la carte F/NF 2003 sur la base de celle de 2018 : calibration du chemin 193 avec 500 000 points autour de la lisière forêt/non-forêt (largeur 1 pixel) et calibration des chemins 192 et 194 avec des points de calibration du chemin 193 en plus.

5.1.4.3.6 Lissage temporel et filtrage spatial des séries

Le « bruit » dans les séries des 13 cartes F/NF brutes des années 1986 à 2019 a été nettoyé avec une fenêtre coulissante de taille 5 (taille 3 pour la deuxième et l'avant dernière date dans la série) (figure 7). Cette étape a été répétée jusqu'à ce que la série reste stable. Ce lissage permet également d'éradiquer les données manquantes des images Landsat 7 SLC-off et également les effets des situations particulières sur les images d'une date comme par exemple les nuages et ombres.

Figure 7: Nettoyage des séries temporelles des cartes forêt/non-forêt avec des fenêtres coulissantes. Les bruits individuels sont filtrés. Dans cet exemple, des classifications individuelles comme non-forêt N à l'intérieur d'une série classifiée comme forêt F.

Dans la suite, les séries ont été filtrées de façon à considérer seulement comme forêt les pixels qui ont été classifiés comme forêt pendant une période de 10 ans au minimum. La raison pour laquelle ce filtrage temporel a été fait est la forte présence des jachères qui ressemblent aux forêts dans certaines régions du pays. Donc les pixels qui sont considérés comme forêt en 2003 ont été forêts au minimum depuis 1993 et les pixels forêt en 2018 depuis 2008. Finalement tous les pixels ne faisant pas partie d'une surface forestière selon la surface minimale de 0,5 ha (6 pixels de 30 x 30 m) entre 2003 et 2018 ont été filtrés.

Les cartes F/NF retenues pour l'établissement du NRF sont celles de 2003 et de 2018 (et la carte de 2015 pour voir les tendances). Les autres dates ont seulement été utilisées pour le nettoyage des cartes.

5.1.4.3.7 Analyse de la précision

Pour la validation des cartes 4 000 pixels de validation ont été tirés aléatoirement et stratifiés selon les 16 classes de transition 1987–2003–2015–2018 sur base des cartes préliminaires (voir tableau 4).

Tableau 4 : Allocation des points de validation aux différents transitions forêt/non-forêt dans la période de référence NRF 2003–2018.

Transition 2003–2018	Allocation égale	Allocation proportionnelle	Allocation moyenne	Echantillons effectifs
Forêt stable	1 000	666	833	756
Non-forêt stable	1 000	2 774	1 887	1 127
Déforestation	1 000	260	630	227
Reforestation	1 000	300	650	303
Echantillon totales	4 000	4 000	4 000	2 431

Le nombre des échantillons a été déterminé sur base des ressources disponibles (photo-interprètes). Les échantillons ont été alloués aux strates et étaient la moyenne entre une allocation égale et une allocation proportionnelle à la surface (Olofsson et al. 2014). Pour chaque pixel de validation, les photo-interprètes ont identifiés la couverture du houppier en 2018 sur la base des images GoogleEarth (comme pour les pixels d'entraînement) et ont associé une des classes « forêt », « terre boisée » ou « non-forêt » aux pixels des images Landsat des années 2003, 2015 et 2018 avec le logiciel libre de cartographie QGIS, en prenant l'image 2018 comme référence.

D'autres sources d'information pour déterminer les données de référence comme des anciens inventaires, des données de cadastre qui permettra de juger l'occupation des terres plus précis qu'avec des images satellitaires n'existent pas. D'autres source des images de très haute résolution comme les images Yandex ou Bing n'ont pas été prises en compte car la date d'enregistrement est inconnue.

Les données de validation ont été recueillies entre septembre et octobre 2019 par un total de 10 photo-interprètes, dont certains avaient très peu d'expérience dans l'interprétation des images satellitaires. Certaines données de validation manquaient, ne pouvaient pas être déterminées en raison des nuages ou de la mauvaise qualité des images ou étaient erronées. Pour des raisons de qualité, les données de validation de trois photo-interprètes n'ont pas pu être utilisées. Le nombre total d'échantillon des parcelles utilisées pour la validation des cartes est 2 431.

5.1.4.3.8 Estimation des taux de déforestation

Les pertes de forêts peuvent être mesurées à l'aide d'images satellitaires et d'analyses spatiales. Le taux annuel de déboisement est calculé en comparant la superficie sous couvert forestier d'une même région à deux moments différents. La formule standard proposée par Puyravaud (2003) a été adoptée pour calculer le taux annuel de déforestation (équation 1).

Equation 1 : $$\theta = -\frac{1}{t2-t1} ln \frac{A2}{A1} x100$$

Où A1 et A2 sont respectivement la superficie forestière aux temps t1 et t2.

5.15 Changements de la superficie forestière entre 2003 et 2018

Selon les cartes nettoyées, la surface des forêts avec une couverture du houppier ≥ 30% a diminué de 1 359 051 ha en 2003 et de 1 280 513 ha en 2018 (22,6% de la surface du pays) (Tableau 5, chiffres et cartes par région dans l'annexe) ; ce qui correspond à une perte moyenne des terres forestières de 5 236 ha soit 0,40% par an. Si on prend en compte également l'année 2015, le taux de perte nette des terres forestières est passé de 0,3 % entre 2013 et 2015 à 0,27% entre 2015 et 2018 (Figure 8).

Le changement net est le résultat de la déforestation d'un côté et d'une reforestation de l'autre côté. Entre 2003 et 2018 la déforestation des terres forestières était de 16 222 hectares ou 1,32% par an donc deux tiers de la surface déforestée étaient compensés par une reforestation ailleurs. La perte annuelle des surfaces forestières a augmenté d'environ 50% dans la période 2015 à 2018 par rapport à la période 2003 à 2015, le gain annuel a doublé ; donc une augmentation générale de la dynamique des changements de couverture des terres.

Pour les cartes F/NF nettoyées temporellement (mais sans filtrage spatial), les points de validation montrent des Kappas de 69% pour la carte forêt/non-forêt 2018 ; de 66% pour 2015, et de 64% pour 2003. Vue qu'on a utilisé la carte F/NF 2003 comme référence pour la production de toutes ces cartes, la réduction de la précision des cartes 2018, 2015 et 2003 peut seulement être expliquée par la détérioration de la qualité des données de validation lorsqu'on s'éloigne de plus en plus dans le temps. Ceci est confirmé par les photo-interprètes qui trouvaient difficile d'attribuer des classes sur la base des images Landsat lorsqu'on s'éloigne de plus en plus des images de référence de très hautes résolution disponibles sur GoogleEarth.

En utilisant le guide d'Olofsson et al (2014) pour évaluer la précision des cartes, on arrive à des intervalles de confiance de ± 5,1% jusqu'à ± 5,3% pour l'estimation des surfaces des terres forestières et ± 13,6% pour la surface déforestée et ± 14,0% pour les gains des terres forestières dans la période 2003 – 2018 (tableau 5).

Tableau 5: Surface forestière estimée en 2003, 2015 et 2018 selon (Olofsson et al. 2014)

Année	Surface cartographiée (ha)	Proportion de la surface cartographiée (%)	Surface ajustée (ha)	Intervalle de confiance de la surface ajustée (ha)	Proportion de la surface ajustée (%)
2003	1 359 051	23,8	1 433 181	75 719	25,1
2015	1 290 948	22,6	1 371 094	72 254	24,1
2018	1 280 513	22,5	1 377 042	69 845	24,2
Defor	225 897	4,0	444 034	60 300	7,8
Regen	147 360	2,6	363 320	50 777	6,4

Dans le cadre de ce NRF, les surfaces cartographiées ont été utilisées au lieu des surfaces ajustées selon le guide d'Olofsson et al (2014) pour les raisons suivantes :

- Très probablement, les données de validation sont imprécises. Elles sont basées (à l'exception de l'année 2018) sur les mêmes images Landsat qui ont été utilisées pour la classification. Avec une résolution de 30x30m, il est très difficile pour un photo-interprète de déterminer si la couverture de la couronne est de 30% ou non. Le photo-interprète n'est pas non plus en mesure d'utiliser toutes les informations sur lesquelles se base la classification des cartes : bandes spectrales, indices spectrales, données climatiques, série chronologiques temporelle de 13 cartes F/NF de 1986 – 2019. Prenant en compte ce dernier point, on doit supposer que la classification est probablement plus précise que les données de validation ;
- Les données de validation montrent des taux de déforestation et de reforestation nettement plus élevés que les cartes. La raison est probablement que les photo-interprètes savaient qu'ils validaient une carte des changements et qu'ils ont donc surestimé les classes de changement ;
- La perte nette des surfaces forestières cartographiées entre 2003 et 2018 est 78 537 ha, celle des surfaces ajustées avec les données de validation est 80 714 ha. En prenant les surfaces cartographiées comme base, on sous-estime les émissions plutôt qu'on les surestime ;
- Le Togo opte pour l'utilisation directe des cartes, pour :Valoriser des facteurs d'émissions qui sont également spatialement explicite, notamment la cartographie de la biomasse qui va s'évoluer dans les années prochaines (par exemple par les missions satellitaires GEDI et Biomass)

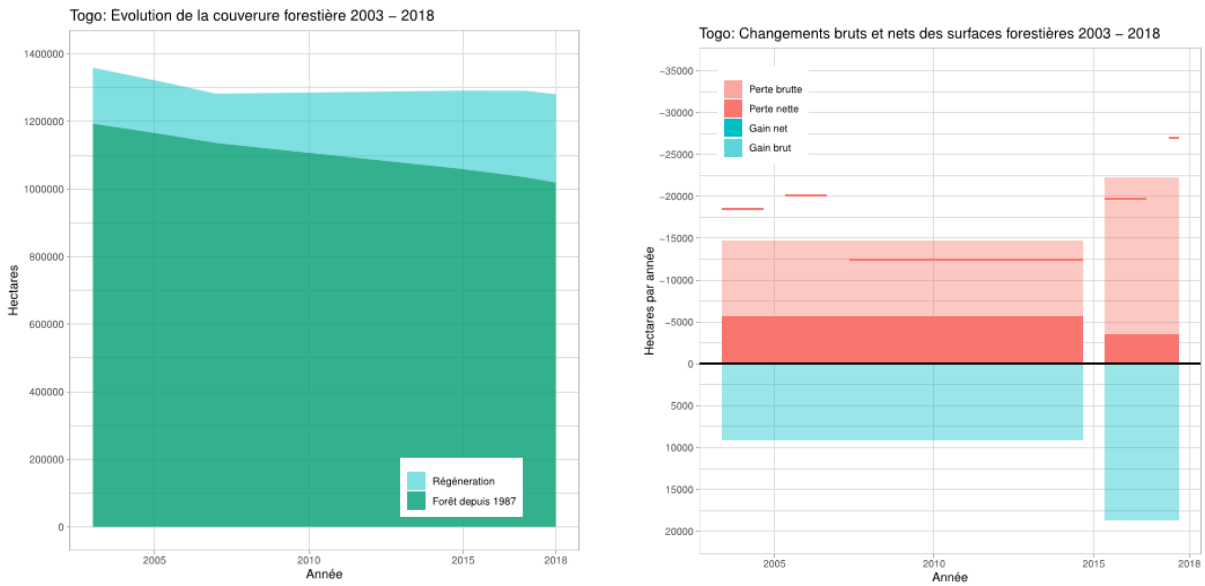


Figure 8: Diagrammes d'évolution de la couverture des terres forestières entre 2003 et 2018 et les taux de changements (voir cartes détaillées par région dans l'annexe).

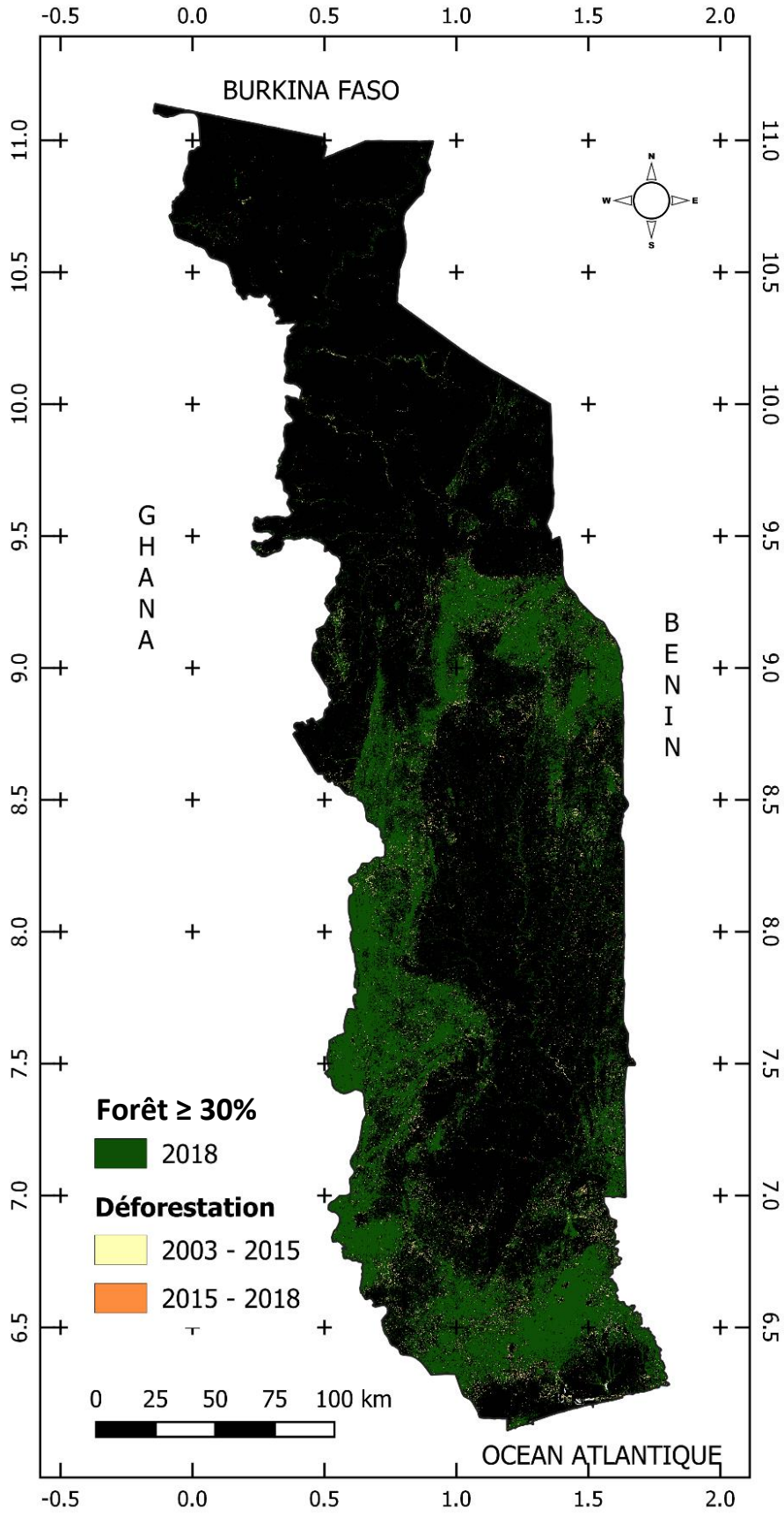


Figure 9: cartes de pertes des terres forestières entre 2003 – 2015 – 2018

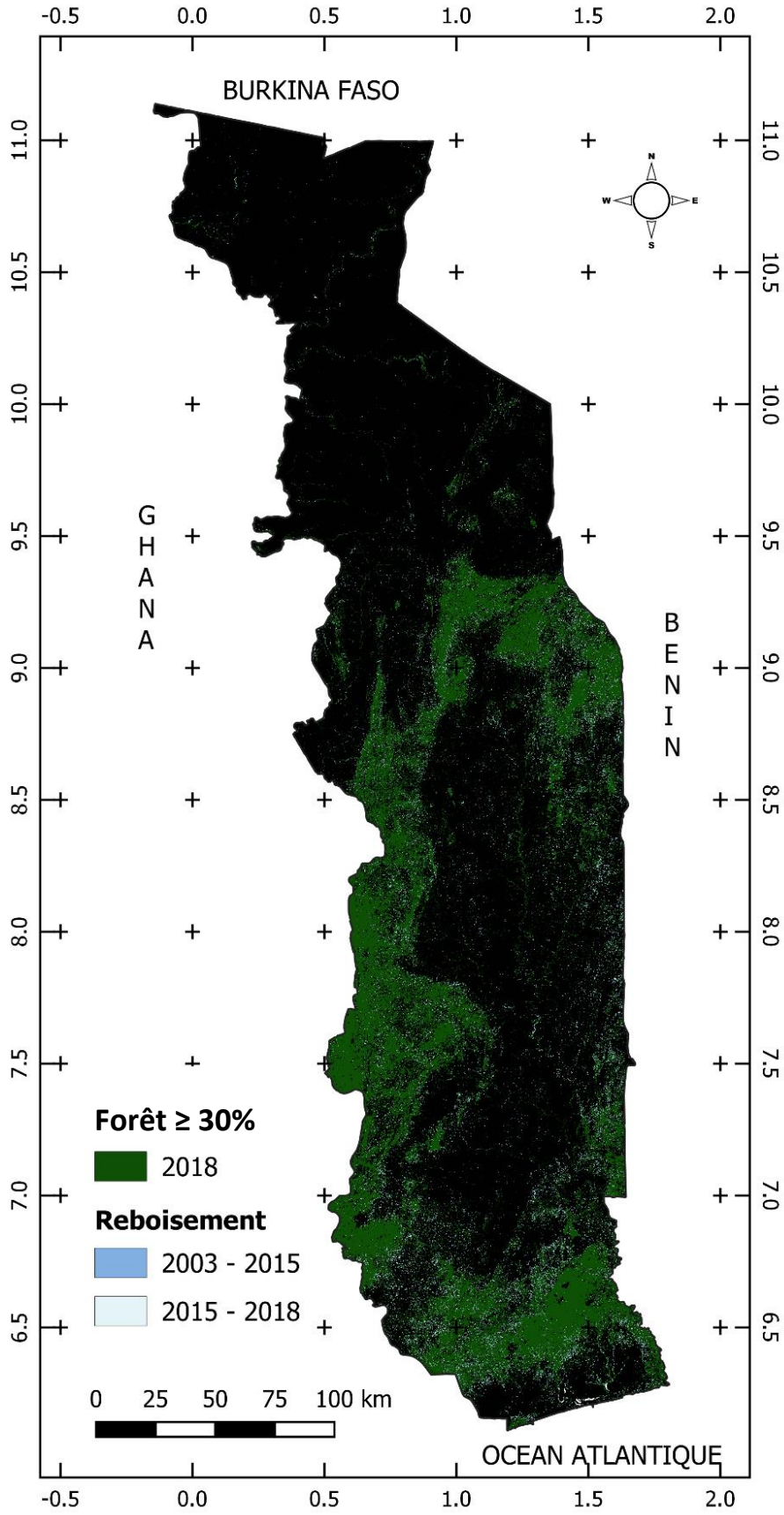


Figure 10: cartes de gains des terres forestières entre 2003 – 2015 – 2018

5.2 Réservoirs de carbone et facteurs d'émission

Le premier inventaire forestier national (IFN-1) qui a été effectué dans les années 2015/2016 a servi de base pour la détermination des facteurs d'émissions.

5.2.1 Méthodologie de l'inventaire forestier national 2015/2016

La méthodologie de l'inventaire forestier national du Togo a été conçue et mise au point par le cabinet d'étude DFS/UNIQUE (Kammer et Sepulchre, 2015). Cette méthodologie fut ensuite validée sur le plan national et un manuel de terrain a été conçu pour les agents de collecte de données. Les caractéristiques essentielles de cette méthodologie d'inventaire résumées ci-après se retrouvent dans le document de MERF (2016).

5.2.1.1 Plan d'échantillonnage de l'IFN-1

L'IFN-1 est un inventaire de type systématique non aligné auquel se greffe une stratification établie sur la base des travaux cartographiques et d'interprétation des images satellitaires RapidEye 2013/2014. La stratification de l'IFN-1 s'est faite sur les strates forestières dont les variantes constituent des indicateurs du potentiel ligneux et de la couverture au sol par les végétaux ligneux (classes Forêts denses, Forêts riveraines, Forêts claires, Savanes arborées et arbustives, Plantations (Khaya, Teck, Eucalyptus, etc), Plantations fruitières et de palmiers, Cultures_Jachères/ Fourrées).

Avec un coefficient de variation prudemment pré-estimé à 160%, une précision de 10% exigée et un niveau de confiance de 95%, un nombre de 1000 unités d'échantillonnage a été retenue.

Pour trouver un système optimal de distribution des placettes-échantillons qui soit représentatif, et en même temps efficace, il a été fait une répartition des placettes permettant de consacrer la plupart du temps aux mesures des échantillons.

Dans le cadre de l'IFN-1 du Togo, il a été retenu de distribuer les placettes échantillons d'une façon aléatoire selon le schéma de distribution décrit et illustré à la Figure 11 :

1) Une grille de 2 x 2 km est installée sur la carte de l'ensemble du pays. Une telle grille sur le territoire du Togo génère à peu près 14 000 polygones ;

2) Parmi les polygones, 4 000 sont sélectionnés de façon aléatoire ;

3) Sur les polygones sélectionnés, on appose une grille carrée fine de 200 m de côté, ce qui génère une centaine d'intersections par polygone ;

4) Pour chaque polygone, une intersection de la grille est alors choisie de façon aléatoire ; cette intersection devenant le centre d'une unité d'échantillonnage potentielle.

L'étape suivante est alors l'interprétation visuelle des points sélectionnés sur la base des images satellitaires de haute résolution RapidEye afin d'écarter les points identifiés comme appartenant à la classe « non-forêt ».

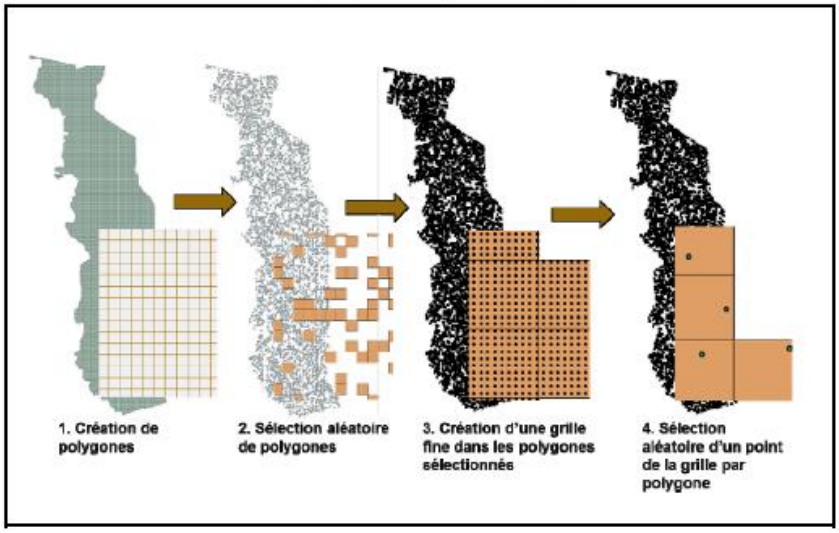


Figure 11: Méthode de sélection des placettes échantillons par échantillonnage systématique non aligné (Source : MERF 2016)

5.2.1.2 Schéma des unités d'échantillonnage

Il a été retenu dans le cadre de l'inventaire de recourir à des unités d'échantillonnage (UE) de forme circulaire (meilleure relation entre la surface de l'échantillon et son périmètre). La taille de la placette circulaire est à choisir de façon à ce que le coefficient de variation de la surface terrière par hectare (G/ha) ne dépasse pas 160% ; autrement la précision demandée ne sera pas obtenue.

Les unités d'échantillonnage étaient de forme circulaire avec un rayon de 20 m dans lequel il a été relevé tous les arbres vivants et morts avec un diam à hauteur de poitrine ≥ 10cm et un rayon de 4 m pour tous les arbres et arbustes échantillons dont le DHP est ≥ 5cm et < 10cm. Quatre sous-placettes circulaires de 1 m de rayon pour la régénération, c'est-à-dire pour tous les arbres / arbustes dont le diam est inférieur à 5 cm et dont la hauteur est supérieure ou égale à 1,3 m (Figure 12).

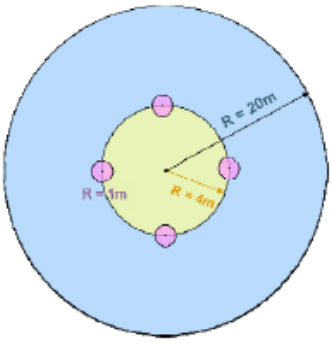


Figure 12 : Dispositif d'échantillonnage et rayons des différentes sous placette

Le centre des Unités d'échantillonnage a été marqué avec une barre métallique pour qu'on puisse les retrouver dans un inventaire futur (parcelles permanentes).

5.2.1.3 Données collectées

Au total 945 de 1000 unités d'échantillonnage de l'IFN ont été inventoriées par les 4 équipes d'inventaire entre Septembre 2015 et Mars 2016, à raison en moyenne de 2,5 unités d'échantillonnage par équipe et par jour de travail.

Dans les parcelles d'inventaire on a relevé les paramètres suivants de tous les arbres vivants et morts inventoriés : essence, diamètre à hauteur de poitrine (DHP), hauteur de l'arbre. En plus, la classe d'occupation du sol a été redéterminée selon les classes dans le Tableau 5.

Tableau 6: Strates forestières retenues pour l'inventaire forestier

Forêts denses
Forêts riveraines (galeries forestières et forêts ripicoles)
Forêt claires
Savanes arborées et arbustives
Plantations (Khaya, Teck, Eucalyptus, etc,)
Plantations fruitières et de palmiers
Cultures_Jachères/ Fourrées

5.2.2 Évaluation biomasse de l'inventaire forestier national

En utilisant les données dendrométriques de l'IFN-1, on a estimé la biomasse aérienne de tous les arbres avec DHP ≥ 10 cm relevée dans l'IFN (donc seulement les arbres relevés dans le rayon de 20m) en utilisant l'équation allométrique de Chave et al. (2014).

$$AGB = 0{,}0673 * (\rho D^2 H)^{0{,}976}$$

Avec AGB (biomasse aérienne) en kg matière sèche, D (Diamètre à hauteur de poitrine en cm), H (hauteur de l'arbre en m), et ρ (densité du bois en g/cm^3).

Comme démontré dans une étude faite par le cabinet ACDD dans le cadre de la préparation à la REDD+ (MERF 2017), où on a testé des différentes fonctions allométriques disponibles sur une vingtaine d'arbres abattus avec DHPs entre 14 et 59 cm, cette équation de Chave était la meilleure des fonctions testées (RMSE = 189 kg, R^2 = 0,94).

La densité du bois des différentes essences a été extraite des bases de données mondiales de ICRAF et Dryad (Chave et al, 2009; Zanne et al, 2009). Une densité par défaut de 0,5 g/cm^3 a été utilisée pour les espèces dont des valeurs spécifiques de densité du bois pour le genre n'ont pas été trouvé. Ensuite la biomasse aérienne de tous les arbres par parcelle IFN a été sommée et les valeurs converties en tonnes de matière sèche par hectare. La même chose a été faite pour les arbres morts. La biomasse racinaire était estimée avec les rapports racine tige (root-shoot ratio RSR) par défaut du GIEC de 0,275 pour les parcelles où la biomasse aérienne était au-dessus de 20 t/ha et 0,563 pour les parcelles au-dessous de 20 t/ha (Référence GIEC). Le Tableau 6, la figure 13 et la figure 14 montrent les valeurs moyennes et les écart-types des réservoirs de biomasse pour les différentes strates distinguées dans l'IFN.

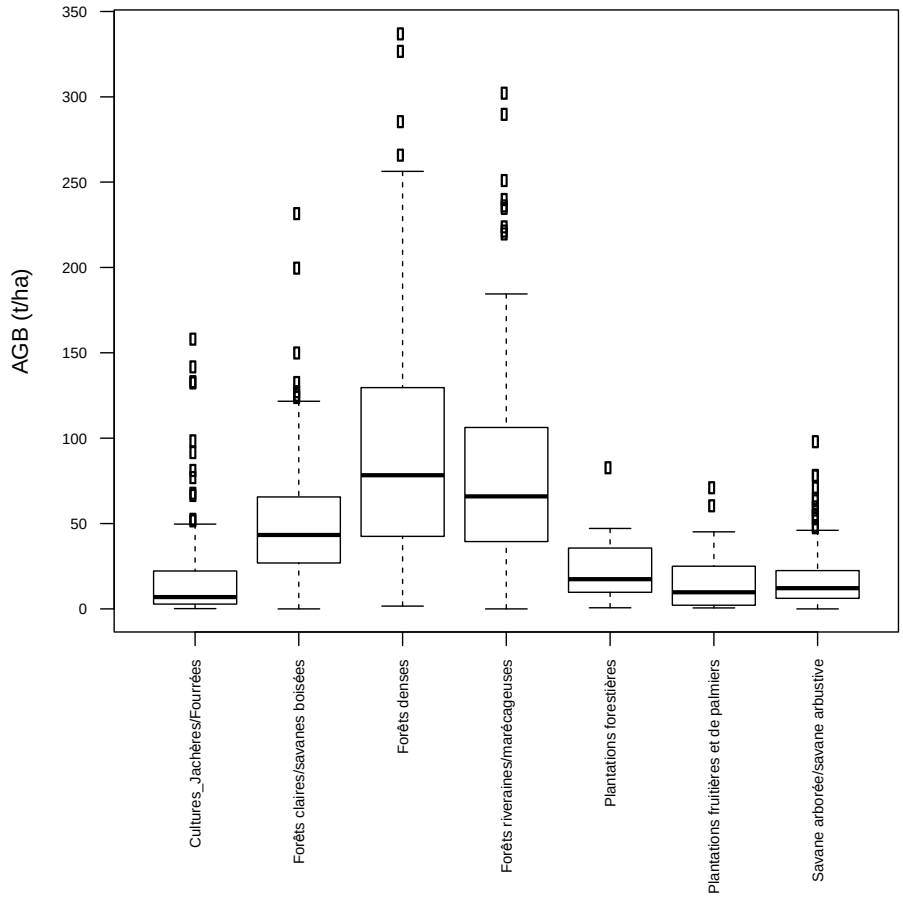


Figure 13: Distribution de la biomasse aérienne par strate d'occupation du sol selon l'inventaire forestier national

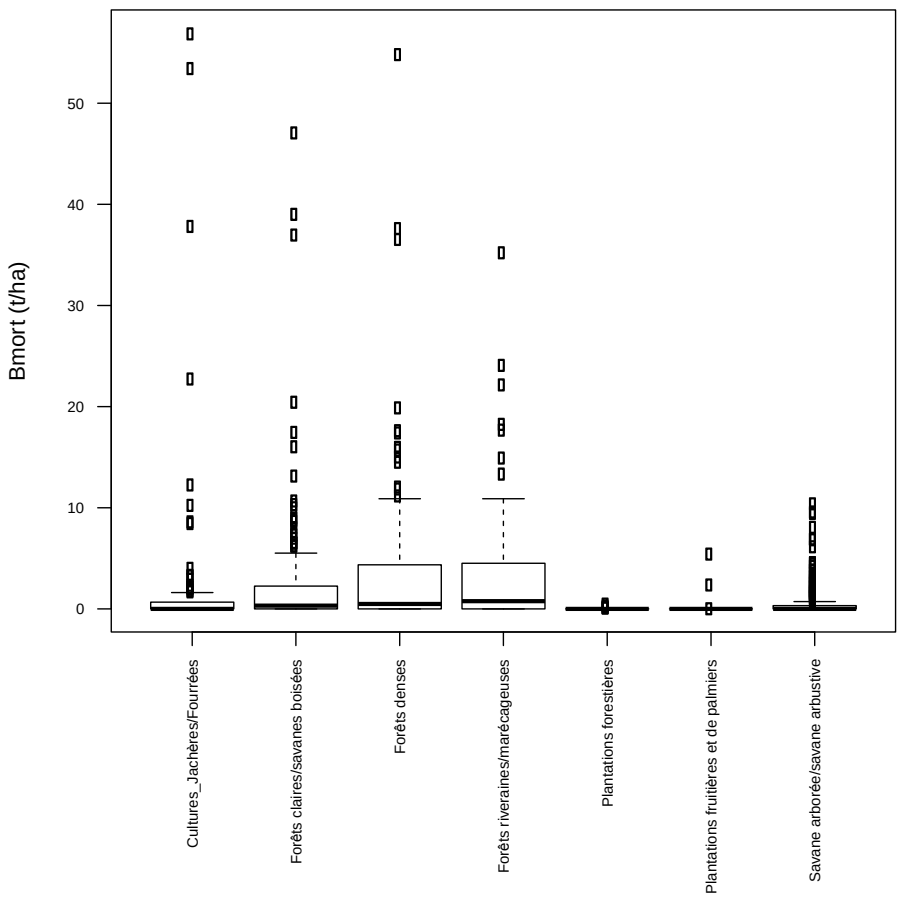


Figure 14: Distribution de la biomasse du bois mort par strate d'occupation du sol selon l'inventaire forestier national

Tableau 7: Statistiques de l'inventaire forestier national avec valeurs moyennes et écart types par strate pour différent réservoirs carbone.

	n	AGB	BGB	Bmort	Total	IC 95%
Cultures_Jachères/Fourrées	108	20,0±31,7	6,6±8,4	2,3±8,6	28,9±40,6	±7,7
Forêts claires/savanes boisées	251	50,1±33,5	14,4±8,7	2,1±5,2	66,6±42,6	±5,3
Forêts denses	138	96,8±69,7	26,8±19,0	3,8±7,5	127,3±89,3	±14,9
Forêts riveraines/marécageuses	101	84,1±66,1	23,3±18,0	3,5±5,9	110,8±84,9	±16,6
Plantations forestières	24	23,3±19,6	7,9±4,8	0,1±0,1	31,2±24,1	±9,6
Plantations fruitières / palmiers	19	18,9±21,0	6,0±5,4	0,4±1,4	25,3±27,1	±12,3
Savane arborée/savane arbustive	277	16,4±15,4	6,3±4,1	0,7±1,6	23,3±19,7	±2,3

AGB : biomasse aérienne, BGB : biomasse racinaire, Bmort : biomasse bois mort. Total : moyenne de tous les réservoirs carbones avec IC : intervalle de confiance à un niveau de 95%

5.2.3 Cartographie de la biomasse aérienne

Vue que les strates d'IFN ne peuvent pas être discriminées exactement sur la base des images satellitaires, on a opté d'utiliser les biomasses mesurées sur les parcelles d'IFN 2015/2016 pour calibrer une carte biomasse sur la base des images Landsat-8 de 2015 et les variables bioclimatiques de Worldclim 2. L'objectif de cette analyse est de combiner les données d'inventaire national et les données de télédétection pour : (1) produire une carte de référence de la biomasse aérienne pour l'année 2015 ; (2) générer des cartes de biomasse aérienne des années 2003 et 2018 sur la base de la carte de référence de 2015 et (3) Analyser les changements de la biomasse aérienne au cours des années 2003, 2015 et 2018. L'approche méthodologique est illustrée dans la figure 17.

L'algorithme RandomForest en R a été utilisé pour calibrer un modèle de régression entre les biomasses aériennes et la biomasse du bois mort observées et les mêmes variables spectrales et climatiques qu'on a déjà utilisé pour la classification forêt/non-forêt, donc les bandes B, R, G, NIR, SWIR-1 et SWIR-2 de l'image Landsat, les indices spectrales NBR, NDVI, NDMI et EVI, la température moyenne et sa saisonnalité ainsi que la précipitation totale et sa saisonnalité. Le modèle pour le chemin WRS 193 a un R^2 de 70,7% (figure 15) avec une erreur moyenne de 27,9 t/ha (10-fold cross-validation).

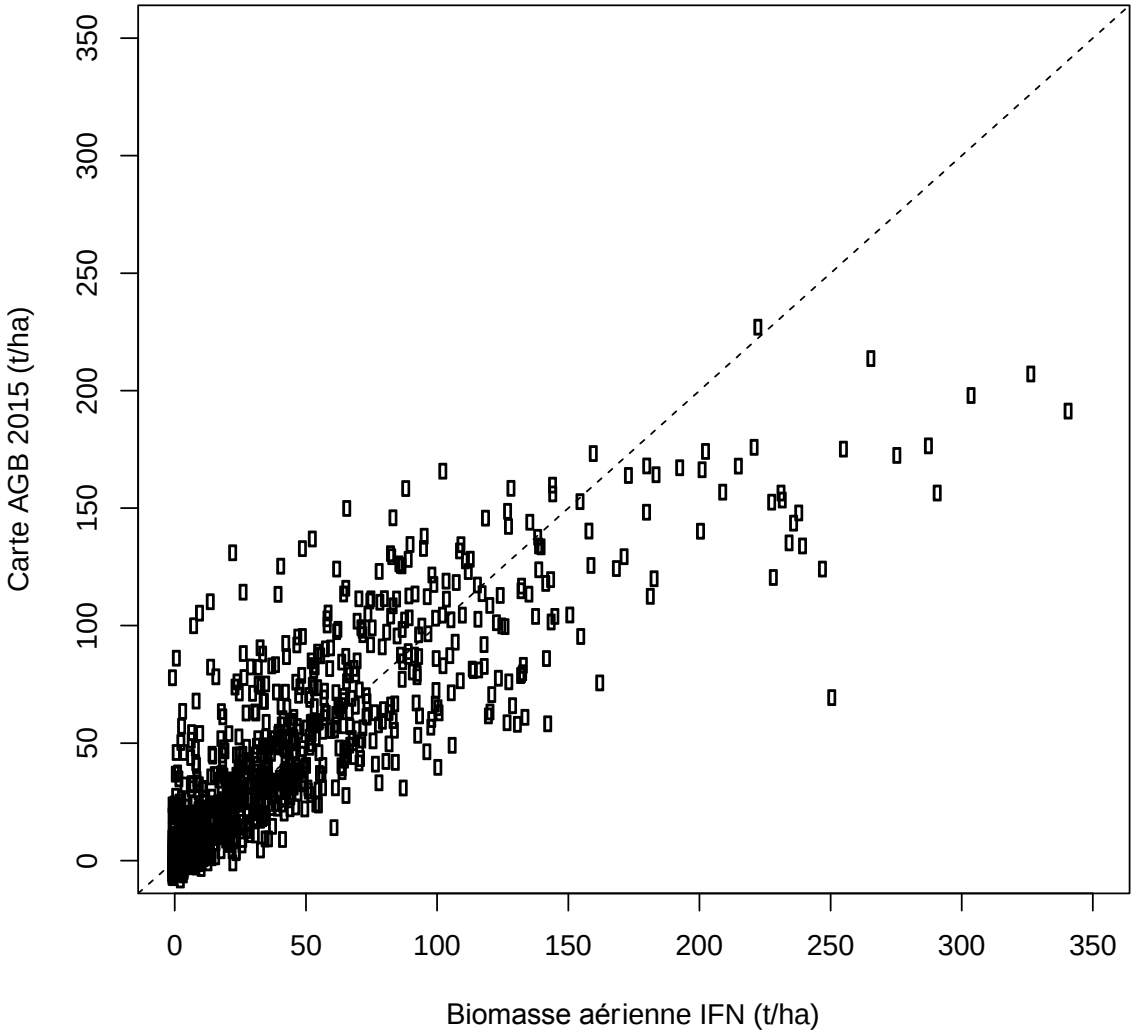
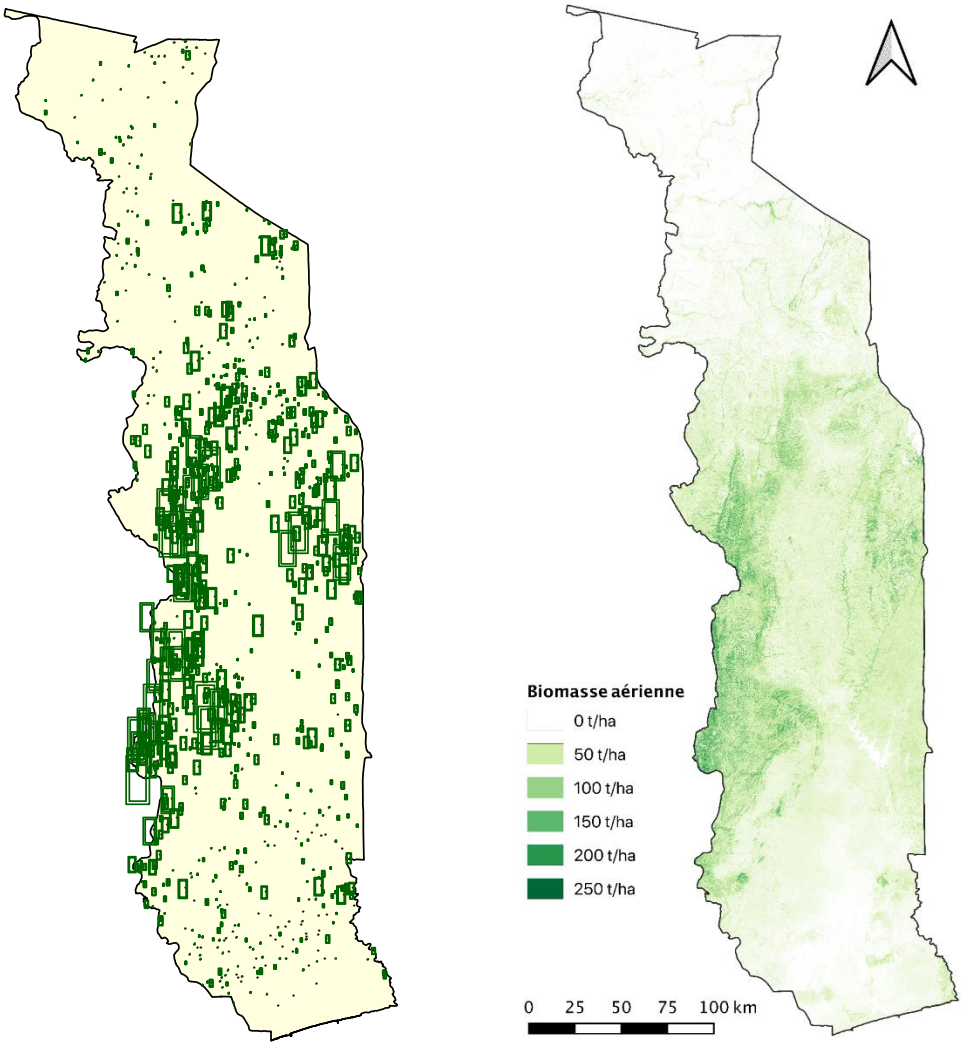


Figure 15: Comparaison de l'AGB prédit par la carte de l'AGB issue des données d'inventaires (R2 = 70,7%, RMSE = 27,9 t/ha)

5.2.3.1 Production des cartes de biomasse aérienne et du changement de la biomasse

Comme la carte des terres forestières 2018 a été utilisée comme référence pour les séries des cartes forêts/non-forêt, la carte biomasse 2015 a été utilisée comme référence pour la production des cartes biomasse pour les années 2003 et 2018.

Pour la calibration des images d'une certaine date, 100000 pixels d'échantillons ont été tirés aléatoirement et stratifiés selon 10 classes de densité de biomasse aérienne de la carte biomasse 2015 (figure 16). La calibration était faite avec l'algorithme RandomForest en mode de régression.



a) b)

Figure 16: a) : Distribution des parcelles du IFN-1, avec les cercles indiquant la quantité de biomasse aérienne et bois mort trouvés sur les parcelles. b) : carte de biomasse 2015 résultante, avec valeurs en tonnes de biomasse par hectare**.**

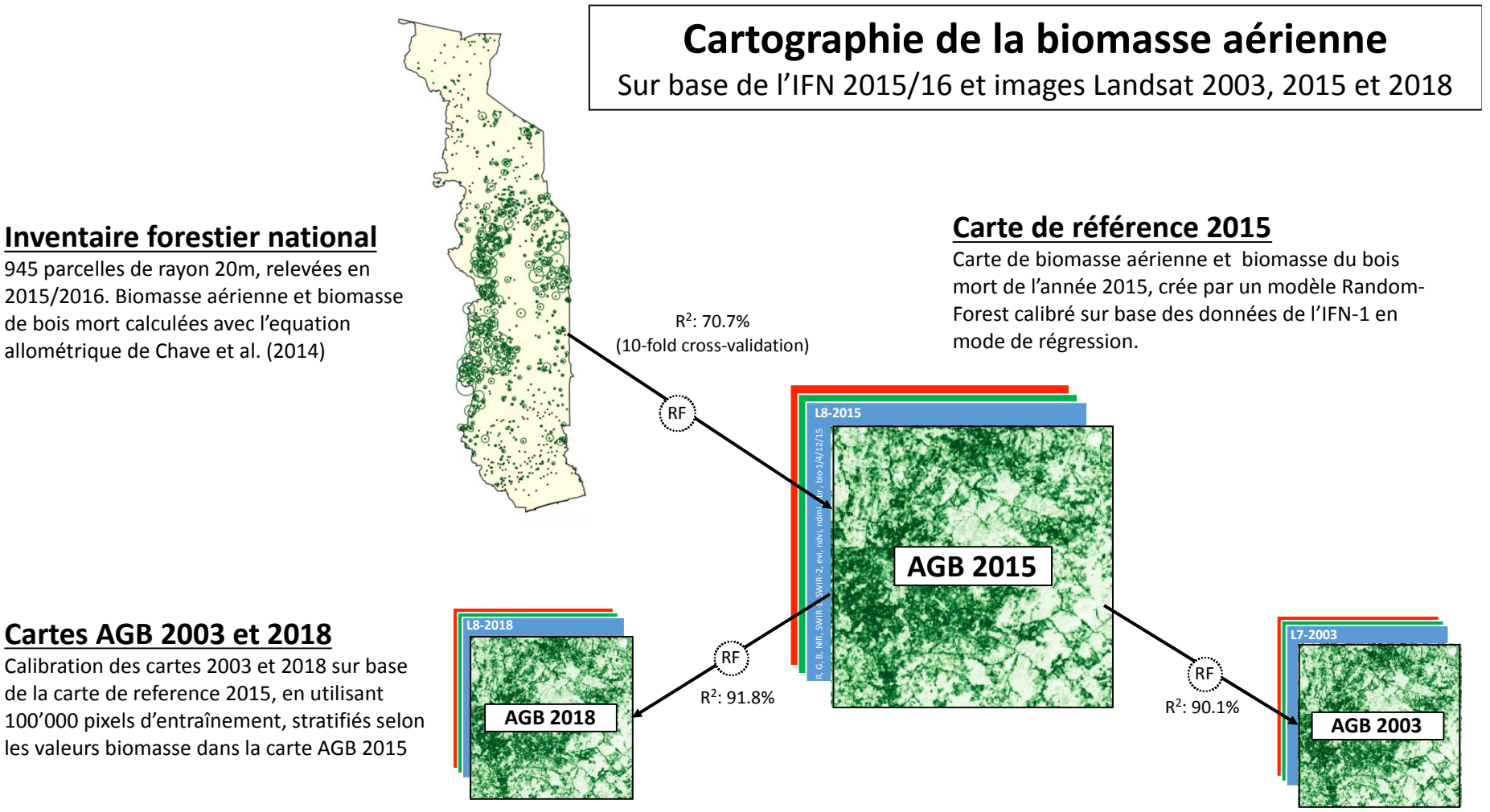


Figure 17: Diagramme de la modélisation des cartes biomasses 2003, 2015 et 2018

5.2.3.2 Validation des cartes

La validation du modèle de la biomasse aérienne est basée sur les données d'inventaire IFN 2015/2016 avec la méthode 10-fold cross-validation. Comme mentionné en haut, le R^2 est de 70,7% avec une erreur moyenne de 27,9 t/ha.

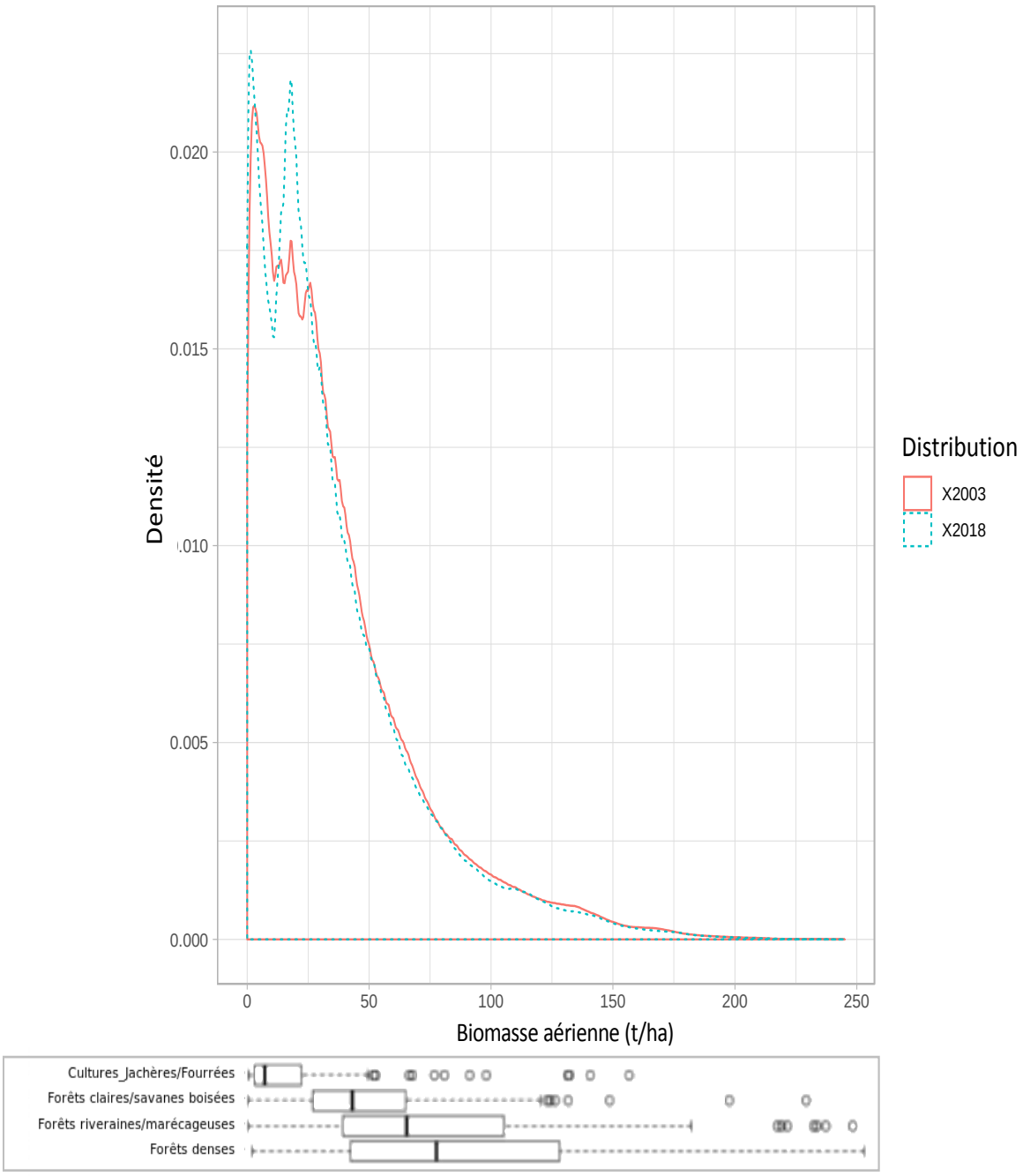


Figure 18: Évolution de la distribution de biomasse aérienne entre 2003 et 2018. Boxplots en dessous indiquent la distribution de biomasse aérienne de différentes strates IFN**.**

Les changements de la biomasse aérienne entre les différentes dates ne peuvent pas être validés quantitativement à cause d'un manque de données d'inventaire dans le passé. La plausibilité des changements de biomasse aérienne observés sur les cartes a été testé par une comparaison des dynamiques observés avec les attentes de personnes qui connaissent la réalité du terrain.

Entre 2003 et 2018, les cartes montrent une augmentation des formations ayant de faibles stocks de biomasse aérienne (0 à 25 t/ha) (figure 18). La strate IFN qui correspond à ces faibles stocks de biomasse est notamment celle des jachères et des fourrées. Au cours de la même période, on observe une régression des formations à stock de biomasse aérienne au-dessus de 25 t/ha. Les strates correspondantes sont les formations forestières, donc les forêts denses, les forêts riveraines dégradées, les forêts claires et les savanes boisées. Ces évolutions sont tout à fait raisonnables et correspondent aux observations des experts de terrain. Donc les changements de biomasse observés sur les cartes sont plausibles.

5.2.4 Facteurs d'émission

Les facteurs d'émissions sont déterminés par un croisement des cartes du changement du couvert forestier 2003 – 2018 avec les cartes de biomasse aérienne des années correspondantes. Figure 19 montre les changements de la biomasse aérienne entre les deux dates pour les pixels où une déforestation ou une reforestation a été observé. Les erreurs combinées dans les cartes de la biomasse de ±39.5 t/ha en moyenne[9], entraînent une augmentation de la biomasse dans 22 % des pixels déboisés et une diminution dans 33 % des pixels reboisés.

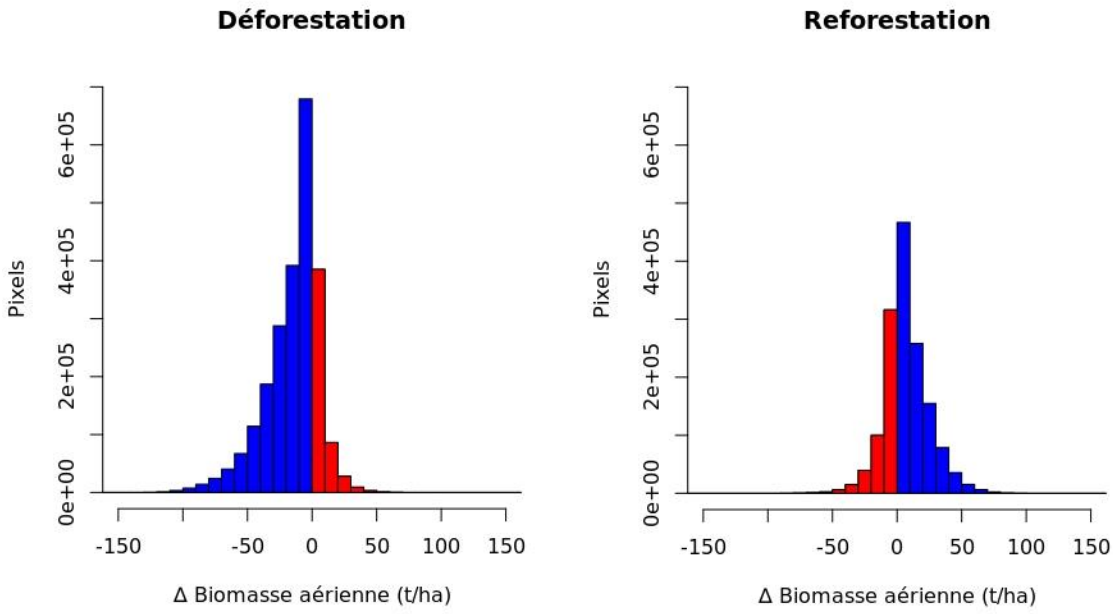


Figure 19: Différences entre les cartes biomasse 2003 et 2018 pour les pixels identifiés comme déforestation et comme reforestation. Les zones rouges indiquent des contractions entre les cartes de changement d'occupation des sols et les cartes biomasse.

[9] L'erreur moyenne d'une carte biomasse au niveau pixel est de 27,9 t/ha. Selon la propagation des erreurs, l'erreur combiné de deux cartes est donc en moyenne 39,5 t/ha.

Pour le calcul des facteurs d'émission, les cartes de biomasse aérienne ont été tout d'abord utilisées pour ajouter une estimation de la biomasse souterraine, en utilisant les rapports racine tige (root-shoot ratio, RSR) de Mokany et al. (2006) pour les forêts tropicales sèches, donc un facteur de 0,563 pour les parcelles avec une densité de biomasse aérienne ≤ 20 t/ha et un facteur de 0,275 pour les parcelles avec biomasse aérienne > 20 t/ha. Les pertes ou les gains de biomasse ont été converties en tCO_2 en utilisant une fraction carbone de 0,47 (facteur par défaut du GIEC) et le ratio des masses moléculaires de 44/12 pour convertir le carbone en tonnes CO_2.

Pour le calcul du facteur d'émission de CO_2 dû à la déforestation, la biomasse moyenne observée sur les zones non-forestières en 2018 (32,0 t/ha, biomasse totale post-déforestation) est déduit de la biomasse moyenne en 2003 observée sur les pixels qui ont été forêt en 2003 et non-forêt en 2018 (64,6 t/ha, biomasse totale des forêts déforestés). Le facteur d'émission qui en résulte pour la déforestation observée est de 56,1 tCO_2/ha.

Le calcul du facteur de séquestration CO_2 dû à la reforestation est basé sur la biomasse moyenne en 2018 des pixels qui ont été identifié comme forêt en 2018 et comme non-forêt en 2003 (60,9 t/ha, biomasse totale après régénération), moins la biomasse moyenne des pixels correspondantes en 2003 (54,1 t/ha). Le facteur de séquestration résultant pour la reforestation observée est donc de 11,8 tCO_2/ha.

6 Niveau de référence pour les forêts

6.1 Méthode de construction du NRF

La construction du NRF du Togo s'est appuyée sur les moyennes historiques des émissions annuelles dues à la déforestation et à la séquestration annuelle (reforestation entre 2003 et 2018) au niveau national et sans ajustement aux circonstances nationales car il estime que les émissions déclarées pendant la période de référence sont représentatives des émissions actuelles. Le NRF prend en compte les plantations dans le cadre du renforcement du stock de carbone. Les réservoirs carbones considérés sont la biomasse aérienne, le bois mort (pris ensemble avec la biomasse aérienne dans la modélisation des cartes biomasses) et la biomasse souterraine. Les autres activités REDD+ à l'intérieur de la forêt (dégradation des forêts, augmentation des stocks carbones, conservation de stock de carbone forestier et gestion durable des forêts) et les changements dans la matière organique du sol pourront être prises en compte dans le futur dès que les données seront disponibles.

6.2 Émissions de la déforestation et séquestration par le reboisement historique

En accord avec les lignes directrices du GIEC sur les bonnes pratiques (GIEC 2006) et celles pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC 2006), le calcul des émissions historiques issues de la déforestation et les séquestrations historiques de la reforestation se fait en multipliant les données d'activités (DA) par les facteurs d'émission (FE).

Émissions = - 0,47 * 44/12 * $\sum_{déforestation}(\mathrm{AGB}_{2003} + \mathrm{BGB}_{2003}) - (\mathrm{AGB}_{2018} + \mathrm{BGB}_{2018})$

Séquestration = 0,47 * 44/12 * $\sum_{reboisement}(\mathrm{AGB}_{2018} + \mathrm{BGB}_{2018}) - (\mathrm{AGB}_{2003} + \mathrm{BGB}_{2003})$

Changement net = Émissions + Séquestration

Les émissions de CO_2 dues à la déforestation et la séquestration de CO_2 due au reboisement/reforestation sont présentées dans le tableau 8 pour l'ensemble du pays. Les résultats par région se trouvent dans l'annexe.

Tableau 8: Emissions par la déforestation et séquestration par la reforestation entre 2003 et 2018

	Surfaces (ha/an)	**Pertes / Gains AGB (t/an)**	**Pertes / Gains BGB (t/an)**	**Emissions / Séquestrations CO_2 (tCO_2/an)**
Emissions par la déforestation	- 15 060	- 392 590	- 97 759	- 845 034
Séquestration par le reboisement	+ 9 824	+ 52 918	+ 14 111	+ 115 514
Changement net	- 5 236	- 339 672	- 84 648	- 729 520

7 Evaluation de l'incertitude du NRF

Ce chapitre présente l'approche utilisée pour identifier, minimiser et quantifier l'incertitude d'après les Lignes Directrices du GIEC (2006) pour l'inventaire national des gaz à effet de serre.

La méthodologie utilisée pour estimer les émissions moyennes annuelles de GES pendant la période de référence s'appuie sur les dispositions des lignes directives du GIEC (2006), et est équivalente à la méthode « Donnée d'activité x Facteur d'émissions » (DA x FE) indiquée dans GFOI (2016). Les incertitudes peuvent être divisées en 2 groupes : les incertitudes liées aux données d'activité (DA) et les incertitudes liées aux facteurs d'émissions (FE).

7.1 Sources d'incertitudes des données d'activité

Les incertitudes des données d'activité proviennent des incertitudes associées à la classification de l'occupation du sol à chacune des dates étudiées. D'après le (GOFC-GOLD 2010), les sources d'incertitudes potentielles seraient : la qualité des données satellitaires, l'interopérabilité des différents capteurs, le traitement des images, les standards cartographiques et thématiques (par exemple la définition des catégories des terres et l'unité minimale de cartographie), le géoréférencement (précision géométrique), la procédure d'interprétation et le post-traitement.

7.1.1 Qualité des données satellitaires

Les images satellites utilisées sont : Landsat 4 et 5 (TM), Landsat 7 (ETM+) et Landsat 8 (OLI), qui sont appropriées pour l'interprétation des occupations du sol et des changements d'occupation du sol en termes de résolution spatiale, spectrale et temporelle. Les images de réflectance à la surface (produit niveau 2) utilisées sont des images avec des corrections géométriques, radiométriques et atmosphériques par USGS. Il existe toutefois une source d'erreurs liées aux données disponibles : Landsat 7 ETM+ a perdu son correcteur de ligne de balayage (Scan Line Corrector, SLC) en mai 2003, compromettant ainsi la qualité des données à cause des larges bandes sans données en dehors de la zone centrale de l'image.

7.1.2 Interopérabilité des différents capteurs

Bien que trois capteurs différents aient été utilisés (Landsat 4/5 TM, Landsat 7 ETM+ et Landsat 8 OLI), ils ont tous la même résolution spatiale et spectrale. Les principales différences sont la meilleure qualité de Landsat 8 OLI due à une résolution radiométrique élevée (12 bit au lieu de 8 bit pour les capteurs TM et ETM+) et les différences de résolution spectrale (Landsat 8 OLI contient des bandes supplémentaires, et le SWIR et le NIR n'ont pas la même plage spectrale que Landsat 7 ETM+). Cette source d'erreur potentielle doit être atténuée grâce à un pré-traitement et pendant le test pilote de l'algorithme de classification dans le cadre de la procédure d'interprétation. L'erreur est considérée comme négligeable mais toute erreur potentielle provenant de l'utilisation de différents capteurs se reflète également dans l'évaluation de la précision. En conséquence, des trous ou rayures linéaires apparaissent en provoquant une perte de 22 % d'informations de chaque image reçue (Scaramuzza et al 2004).

7.1.3 Procédure de définition des placettes d'entrainement et de validation

La définition des placettes d'entrainement a été faite manuellement par différents interprètes. Ceci peut mener à des erreurs de classification : certains pixels qui en réalité correspondaient à une classe forêt pourront être attribués à une classe non-forêt et vis-versa. L'erreur due à l'interprétation subjective est minimisée par la détermination de la couverture houppier sur base d'une image de très haute résolution GoogleEarth comme référence, selon une procédure standardisée.

La définition des placettes de validation a également été faite sur la base des images GoogleEarth de très haute résolution pour les dates récentes (2018, des fois 2015) et des images Landsat pour les autres dates (2003, 2015 et 2018). La séparation des classes forêt et non–forêt, donc la détermination de la couverture houppier à un seuil de 30% sur la base des images Landsat, s'avère très difficile et demande parfois des jugements subjectifs de la part de l'interprétateur. Ceci étant, il se peut que la production des cartes donne des résultats plus réalistes que ceux présentés dans la matrice de confusion obtenue sur la base des placettes de validations. Il s'agit ici très probablement de la source d'erreur la plus significative.

7.2 Sources d'incertitudes des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions sont estimés spécifiquement pour chaque pixel où une déforestation ou une reforestation/reboisement était observée dans la période 2003 – 2018. Il y a différentes sources d'erreurs qui influencent ces facteurs d'émissions au niveau des pixels :

- Erreurs de mesurage dans les relevées du IFN-1 ;
- Erreurs des densités de bois utilisées ;
- Erreurs d'estimation biomasse par l'équation allométrique utilisée ;
- Erreurs dans la cartographie de biomasse aérienne ;
- Erreurs des rapports racine tige.

7.2.1 Erreurs de mesure

Les erreurs de mesure sont les erreurs des paramètres du modèle allométrique. L'erreur de mesure sur le Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) peut être systématique ou aléatoire. La première est considérée comme négligeable étant donné que les mesures ont été effectuées par des opérateurs expérimentés qui ont suivi un protocole précis, tandis que la seconde peut se produire à cause d'erreurs aléatoires et engendrer ainsi par propagation un biais égal à zéro, Picard et al (2015) présument dans leur analyse des incertitudes des facteurs d'émissions que cette erreur est approximativement égale à 2%.

La hauteur totale de l'arbre est un autre paramètre qui est mesuré et à laquelle peut être associée une erreur aléatoire (en supposant qu'il n'existe pas d'erreur systématique). D'après Chave et al. (2004), qui ont mesuré 1 000 arbres, l'erreur de mesure de hauteur est égale à environ 10% de la hauteur réelle. Enfin, la densité basale spécifique est un autre paramètre fréquemment utilisé dans les modèles allométriques. Etant donné que cette variable ne peut pas être mesurée sur le terrain, les valeurs utilisées proviennent généralement de la littérature et des bases de données mondiales, Chave et al. (2004) supposent que l'erreur liée à ce paramètre est égale à environ 10% de la valeur estimée. D'après Chave et al. (2004), l'erreur propagée due à ces trois paramètres est égale à 16,5% de la biomasse totale de l'arbre. Toutefois, les erreurs à l'échelle d'un arbre se compensent et s'annulent à l'échelle d'un peuplement. Mais d'après Picard et al (2015) qui a uniquement considéré l'erreur de mesure du DHP, cette erreur est négligeable par rapport aux autres sources d'erreur.

7.2.2 Erreur du modèle allométrique

L'erreur du modèle allométrique provient des trois sources suivantes :

• L'erreur due à l'incertitude des coefficients du modèle ;

• L'erreur due à l'erreur résiduelle du modèle ;

• La sélection du modèle allométrique.

D'après Picard et al. (2015), la majeure partie de l'incertitude est liée à la sélection du modèle allométrique : elle peut atteindre 77% de l'estimation moyenne, Van Breugel et al. (2011) estiment que l'erreur liée à l'équation allométrique peut varier de 5 à 35% selon le modèle sélectionné.

La première et la deuxième erreur peuvent quant à elles être considérées comme négligeables étant donné que l'incertitude des paramètre et l'erreur résiduelle du modèle de Chave et al. (2014) sont très faibles. Par conséquent, on peut supposer que la majeure source d'erreur ici est liée au choix de l'équation allométrique ; cette erreur est significative.

Au niveau des arbres, le choix de l'équation allométrique est la source d'erreur la plus importante dans les estimations de la biomasse (Chave et al, 2004; Molto et al, 2013).

En Afrique tropicale, il a été montré que le choix de l'équation allométrique contribue à environ 76 % de l'erreur totale dans les estimations de la biomasse de l'arbre (Mavouroulou et al, 2014; Picard et al, 2015). Pour réduire cette erreur, plusieurs modèles allométriques disponibles sur une vingtaine d'arbres abattues au Togo ont été testés. L'équation de Chave et al. (2014) était la meilleure des fonctions testées (RMSE = 189 kg, R^2 = 0,94).

7.2.3 Erreur d'échantillonnage

Pour l'attribution d'un facteur d'émission à un certain pixel déforesté ou reforesté/reboisé, l'erreur principale est très probablement l'erreur due à l'échantillonnage. La variabilité de biomasse, même à l'intérieure des différentes strates distinguées par l'IFN est très élevée, avec des coefficients de variation entre 64 et 138% (voir tableau 6). Les erreurs standards des valeurs moyennes par strate sont entre 1,2 et 8,5 t biomasse par hectare ou entre 4 à 25% du moyenne. Avec la cartographie de la biomasse aérienne sur la base des images satellitaires et des données climatiques, l'erreur à cause de cette variabilité peut être réduite par 70,7% (R^2 du modèle RandomForest) et l'erreur moyenne est de 27,9 t/ha plus faible que l'écart type dans la majorité des strates.

7.2.4 Estimation de la biomasse racinaire

Ce NRF inclut également la biomasse souterraine. Celle-ci a été calculée à partir de plusieurs rapports racine - tige (RSR). Par conséquent, l'erreur liée au RSR doit également être considérée dans l'estimation de l'incertitude. Les valeurs standards des RSR de Mokany et al. (2006) et leurs erreurs standards sont 0,563 ± 0,086 pour les forêts avec biomasse aérienne < 20 t/ha et 0,275 ± 0,003 pour les autres.

7.3 Estimation de l'incertitude des données d'activité

7.3.1 Description de la méthode utilisée pour l'évaluation de la précision

L'évaluation de la précision de l'évolution de la couverture terrestre requiert une attention particulière. Dans cette étude, la précision a été évaluée à l'aide d'une méthode d'échantillonnage ponctuel aléatoire. Un total de 4000 pixels de validation a été tirés aléatoirement et stratifiés selon les classes de transition correspondant à l'échelle des pixels Landsat (30mx30m) retenue pour la validation des cartes de 2003, 2015 et 2018. Chaque point aléatoire a été interprété visuellement à partir des images de haute résolution disponibles dans Google Earth (Quickbird) (disponible en 2018, des fois en 2015) et Landsat pour les années 2003, 2015 et 2018 (figure 20).

Un polygone de validation avec une couverture du houppier ≥ 30% sur l'image GoogleEarth en 2018 est considéré comme « forêt ». Dans la suite, les images Landsat 2018, 2015 et 2003 ont été utilisées pour identifier s'il y avait une régénération dans le passé. Pour un polygone classé « non-forêt », avec une couverture du houppier < 30% sur l'image GoogleEarth en 2018, les images Landsat 2018, 2015 et 2003 ont été utilisées pour identifier s'il y avait un évènement de déforestation dans le passé. A la suite, des matrices de confusion (= matrice des erreurs) de classe pour les années 2003, 2015 2018 et les périodes 2003-2015, 2015-2018 et 2003-2018 ont été produites. La précision globale, le Kappa ainsi que les précisions d'utilisateur et de producteur des différentes classes ont été calculées.

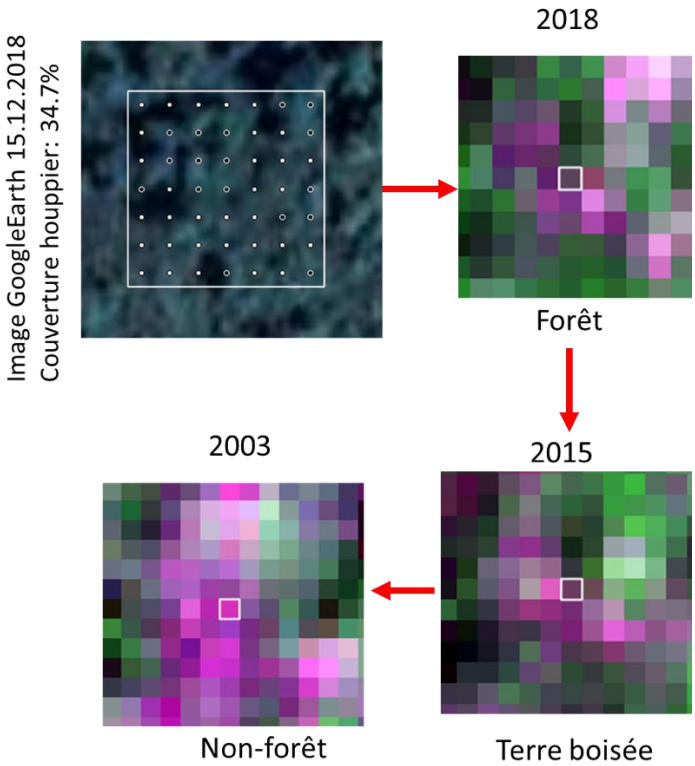


Figure 20: Exemples d'interprétation visuelle de la placette de validation pour le changement de la couverture du sol à l'aide de QGis, d'images QuickBird/Google Earth et d'images Landsat, De haut à gauche en bas à droite : grappe de tracés de formation

Pour les classes de transition des trois dates résultantes, l'exactitude globale, la valeur Kappa de Cohen ainsi que l'exactitude des producteurs et des utilisateurs des différentes classes, y compris les intervalles de confiance et les estimations de surface, ont été calculées comme proposé par Olofsson et al, (2014).

7.3.2 Estimation de la précision des données d'activités

D'après Olofsson et al (2014), il est nécessaire de calculer les 'stratified estimators' (calcul des superficies ajustées) : cela permet de déterminer l'intervalle de confiance et l'incertitude (voir Tableau 5). Les estimations issues de la cartographie sont accompagnées de leur intervalle de confiance. Les matrices de confusion reportent une précision globale de 81,5% pour les classifications. La précision utilisateur (Tableau 9) présente des différences entre classes. Elle est plus élevée pour les classes stables (69,3 ±3,3 à 87,4 ±1,8 %) et moyennement élevée pour les pertes et les gains (46,8 ±7,5 à 58,4 ±8,7%).

Quant à la précision du producteur, elle varie de 81,0 ±3,4 à 93,5 ±0,8 pour les classes stables et de 23,7 ±4,2 à 23,8 ±4,3 (Tableau 9).

Tableau 9: Matrice de confusion proportionnelle des transitions forêt/non-forêt dans la période 2003-2018 selon (Olofsson et al, 2014)

	NN	**FF**	**FN**	**NF**	**UA**
NN	64,3	1,9	4,6	2,7	87,4 (±1,8)
FF	2,7	13,8	1,3	2,1	69,3 (±3,3)
FN	1,2	0,8	1,9	0,1	46,8 (±7,5)
NF	0,6	0,5	0	1,5	58,4 (±8,7)
PA	93,5 (±0,8)	81,0 (±3,4)	23,8 (±4,3)	23,7 (±4,2)	

Matrices de confusion proportionnelle (% de la surface cartographiée dans les catégories spécifiques) Note : Précision globale = 81,5% avec un intervalle de confiance de ±1,5% ; indice de Kappa = 0,59 ; FF : Forêt 2003-2018 ; NN : non forêt 2003-2018, FN : déforestation entre 2003 et 2018 ; NF : reforestation 2003-2018 ; PA : précision des producteurs (%) ; UA : précision des utilisateurs (%).

7.4 Estimation de l'incertitude des facteurs d'émissions

Le cadre méthodologique du Fonds Carbone du FCPF n'indique pas clairement quelles erreurs doivent être considérées dans l'évaluation de la précision des facteurs d'émissions. En revanche, les Lignes directrices du GIEC (2006) contiennent une description des bonnes pratiques du calcul et de la considération des incertitudes, mais n'inclut pas non plus de recommandations claires quant aux sources d'incertitudes qui doivent être comptabilisées. Ainsi que cela a été mentionné ci-dessus, l'agrégation ou la propagation des incertitudes a été réalisée à partir de la méthode 1 des Lignes directrices du GIEC.

Dans ce cas, l'estimation des incertitudes a été réalisée à partir des Lignes directrices du GIEC (Chapitre 2, Volume 1 de GIEC 2006). La propagation de l'erreur à partir des incertitudes décrites dans les différentes publications ou déterminées à partir de différentes sources de données (dans le cas de la combinaison de valeurs) a été réalisée à partir de la méthode 1 du

(GIEC 2006). Cela signifie que dans le cas d'une somme (ou une soustraction) de deux paramètres x et y, nous avons considéré que leurs incertitudes σx et σy seraient combinées avec la racine de la somme de leurs carrés :

$$\sigma_{x+y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

Dans le cas d'un produit (ou d'une division) on a considéré leurs incertitudes de la manière suivante :

$$\frac{\sigma_{x*y}}{x*y} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2}$$

7.5 L'incertitude du niveau de référence

À partir de l'incertitude des données d'activité et des facteurs d'émissions, l'incertitude des émissions pendant la période de référence et finalement l'incertitude du NRF a été calculée en utilisant la propagation de l'erreur.

L'incertitude des facteurs d'émission, donc la différence entre le stock de carbone avant et après la transition, se calcule comme suite :

$$\frac{\sigma_{FE}}{FE} = \sqrt{2 * \left(\frac{\sigma_{Chave}}{Chave}\right)^2 + 2 * \left(\frac{\sigma_{AGB}}{AGB}\right)^2 + 2 * \left(\frac{\sigma_{BGB}}{BGB}\right)^2} = 0{,}143$$

Le RMSE de la fonction allométrique de Chave est de 189 kg par arbre. Avec 10 arbres mesurés l'erreur standard est 59,8 kg[10]. Avec une biomasse moyenne des arbres de 602,2 kg, l'erreur relative est de 0,099.

Le RMSE du modèle de la biomasse aérienne est 27,9 t/ha par parcelle IFN-1. Avec 945 parcelles relevées, l'erreur standard est 0,91 t/ha. Avec une biomasse moyenne des placettes de 46,5 t/ha, l'erreur relative est de 0,020.

L'erreur standard des rapports racine tige de Mokany est 0,003. L'erreur relative à la biomasse totale est 0,003/1,275 donc 0,002.

L'ensemble donne une erreur relative de 14,3% pour les facteurs d'émissions.

[10] $\sigma = \sqrt{RMSE^2/n}$

Pour arriver à l'incertitude des émissions due à la déforestation, il faut combiner l'incertitude des facteurs d'émissions avec l'incertitude des surfaces déforestées.

$$\frac{\sigma_{Emissions}}{Emissions} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{FE}}{FE}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{Deforestation}}{Deforestation}\right)^2} = 0{,}159$$

Selon la méthode proposée par Olofsson et al. (2014), l'intervalle de confiance à 95% pour la déforestation est ±60,300 ha. L'erreur standard associée (division par 1,96) est donc ±30,765 ha. Avec la surface ajustée de 444 034 ha, l'erreur relative est 0,069. Comme résultat, on a une erreur relative des émissions due à la déforestation de 15,9%. Les émissions due à la déforestation dans la période 2003 – 2018 sont donc estimées à 845 034 ± 134 360 tCO_2/an.

L'incertitude des séquestrations due au reforestation/reboisement se calcule de la même façon :

$$\frac{\sigma_{Sequestrations}}{Sequestrations} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{FE}}{FE}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{Reboisement}}{Reboisement}\right)^2} = 0{,}160$$

L'intervalle de confiance de la surface reboisée est ±50,777 ha et l'erreur standard est ±25,907 ha. Avec la surface ajustée de 363 320 ha, l'erreur relative est de 0,071. Comme résultat, on note une erreur relative des séquestrations due au reboisement de 16,0%. La séquestration due au reboisement dans la période 2003 – 2018 est donc estimée à 115 514 ± 18 482 tCO_2/an.

L'erreur relative des émissions nettes est $\sigma_{net} = \sqrt{\sigma^2_{Emissions} + \sigma^2_{Sequestrations}}$

Les émissions nettes sont donc estimées à 729 520 ± 135 625 tCO_2/an.

8 Cohérence du NRF avec les données des inventaires nationaux de GES du secteur AFAT du PRBA

Le paragraphe 8 de la décision 12/CP,17 de la CCNUCC exige que les Niveaux d'Émission de Référence/Niveaux de Référence pour les Forêts (NERF/NRF) soient en cohérence avec les émissions anthropiques de gaz à effet de serre liées aux forêts.

Les émissions et les absorptions du secteur Agriculture, Foresterie et autres Affectations des Terres (AFAT) ont été communiquées en 2017 à travers le premier Rapport National de l'Inventaire des GES du Togo, dans le cadre du rapport biennal sur le changement climatique (PRBA)[11]. Pour l'année 2013, les émissions dues aux changements dans les réservoirs carbone forestiers ont été estimés à 17 098 024 tCO_2, sur base des données d'activités incomplètes et facteurs d'émissions par défaut. Les méthodes, les données et la portée de la comptabilisation de cette communication nationale ne sont pas cohérentes avec le présent NRF. Les raisons qui expliquent la forte déviation sont :

- Dans IGES toutes les terres forestières ont été prises en compte, selon la définition de la FAO, tandis que dans le cadre du présent NRF seulement les forêts avec une couverture des houppiers ≥ 30% sont pris en compte. En plus, le IGES estime également les émissions du carbone du sol.
- Jusqu'à présent, les données d'activités utilisées dans l'IGES sont basées sur des estimations et non sur un inventaire ou une analyse des données satellitaires (rapport du Togo sur l'évaluation des ressources forestières mondiales 2015[12]).
- Les facteurs d'émissions utilisés sont les facteurs par défaut du GIEC sans considération des stocks de biomasse post-déforestation.

Le processus national REDD+ du Togo contribuera à améliorer les communications nationales à venir. Pour ce faire, il faudra ainsi s'assurer d'obtenir une certaine cohérence, et que les inventaires nationaux de GES à venir puissent prendre en compte les données et les méthodes utilisées dans le calcul du présent NRF et de ses futures versions.

[11] https://unfccc.int/documents/180722

[12] Rapport du Togo sur l'évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : www.fao.org/3/a-az353f.pdf#page=7

9 Discussion, conclusion et plan d'action pour l'amélioration du NRF

Le Niveau de Référence pour les Forêts (NRF) présenté ici est basé sur les meilleures données disponibles à ce jour dans le pays et les méthodes sont celles utilisées dans les travaux de recherche de (Dangbo et al. 2020). L'objectif était de présenter un NRF précis et aussi complet que possible en termes de couverture géographique, activités REDD+ et réservoirs carbones. Cependant, quelques limites ont été observées et discutées plus largement ci-dessous.

9.1 Manque / insuffisance de données et des méthodes

- Au niveau de la cartographie des forêts, on a constaté qu'avec les images Landsat, qui sont les seules images disponibles pour toute la période de référence, il n'était pas possible de cartographier avec précision les forêts à faible couverture du houppier (entre 10 et 30%).
- Même pour les forêts avec une couverture du houppier >= 30% le jugement des changements d'occupation des terres par les interprétateurs sur la base des images Landsat est très difficile et contient considérablement d'erreurs ; donc la qualité des points de validation n'est pas idéale. Il y a un manque de données de référence historiques, telles que des images satellites à haute résolution ou d'autres données spatiales qui permettraient aux photo-interprètes de juger l'occupation des terres d'une manière plus précise.
- La méthode utilisée pour classifier la série des cartes forêts/non-forêts sur base d'une carte de référence, classifiée avec des points d'entraînement définis sur la base des images de très haute résolution, minimise les changements d'occupation des terres et probablement sous-estime ces changements.
- Pour le moment, les cartes biomasses pour les différentes dates calibrées avec une carte de référence créée sur base de l'inventaire forestier national ne peuvent être validées quantitativement. Le problème est que les données d'inventaires forestiers réalisé dans le passé ne sont pas disponibles.
- On manque actuellement également des données et des méthodes pour intégrer l'activité de dégradation, le réservoir carbone du sol et les GES N_2O et CH_4 venant du feu précoce.

9.2 Plan d'Action pour l'amélioration du NRF

- Le présent rapport se limite à l'estimation des terres forestières avec une couverture du houppier >= 30%. Il est envisagé, pour la suite, de suivre également l'évolution des terres boisées avec une couverture forestière comprise entre 10 et 30%. Ceci devrait être possible avec des images Sentinel 2A, qui ont une résolution spatiale de 10 m (en comparaison avec les 30 m de Landsat). La quantification de l'évolution de ces terres boisées dans le passé, pour compléter le présent NRF, reste une question ouverte.

- Avec le Systèmes de Surveillance des Terres par Satellite (SSTS) qui est en train d'être mis en place, et dans lequel il est prévu de tracer l'évolution de la couverture et de l'utilisation des terres sur un réseau des points d'observations sur la base des images de très haute résolution GoogleEarth, la quantité des données de référence pour l'entraînement et la validation des cartes F/NF vont augmenter. Grâce aux formations additionnelles avec la mise en place du SSTS, à l'expérience et aux échanges continue entre les photo-interprètes, la qualité des données de référence augmentera également.

- Pour améliorer la qualité des données de validation, on va également essayer d'utiliser des images historiques de meilleure qualité que les images Landsat utilisées pour la classification :

    - Pour l'année 2015, les images RapidEye (résolution de 5m) acquises lors du premier inventaire forestier pourraient être utilisées à la place des images Landsat.

    - Pour l'année 2003, on puisse trouver des fois des images dans les archives de GoogleEarthPro.

    - Pour l'année 1985, des photographies aériennes sont disponibles. Cependant, ces derniers ne sont pas (encore) géoréférencés et ne sont donc pas utilisables. On devra préciser si et sous quelle conditions ces images peuvent être préparées en conséquence.

- Il faut des analyses pour voir dans quelle mesure des différentes strates forestières peuvent être identifiées de manière consistante sur la base des images Landsat (p.ex. distinction entre plantations et forêts secondaires naturelles). La stratification de la carte RapidEye de 2015 servira de référence. Une stratification consistante dans le temps permettrait également une évaluation directe des données d'inventaire de l'IFN, comme alternative possible à l'évaluation spatialement explicite via les cartes de biomasse.

- Probablement, les gains et les pertes des stocks de carbones à l'intérieur des forêts (dégradation et régénération) sont plus importants que ceux dû aux changements des couverts forestiers. Il est prévu d'aborder ces éléments avec l'IFN-2 qui est en planification et qui permettra également la validation de la méthode pour la cartographie de la biomasse. Par ailleurs, des recherches sont envisagées afin de trouver des pistes pour tracer les activités à l'intérieur de la forêt (probablement avec les images Sentinel1 ou Sentinel 2A).

- Vue les difficultés de bien distinguer entre forêt et non-forêt, on envisage, à long-terme, d'aller vers une approche qui permet de comptabiliser les changements de stocks de carbone dans le paysage, et de prendre en compte les données RADAR / LiDAR (mission GEDI de la NASA et Biomasse de l'ESA) dès qu'elles seront disponibles pour le Togo. C'est pour cette raison que le Togo opte pour un NRF qui est basée sur des cartes au lieu d'un NRF statistique basé sur un certain nombre d'échantillon.

- Des études sont également envisagées pour combler le manque de données pour la caractérisation du carbone du sol (collecte des données dans le cadre de l'IFN-2) et les émissions GES non-CO_2 venant du feu. Ces études devraient permettre la prise en compte de ce réservoir (carbone du sol) dans une prochaine version du NRF.

Références bibliographiques

Achard F, Beuchle R, Mayaux, P, Stibig, H.-J, Bodart C, Brink A, Carboni S, Desclée B, Donnay F, Eva H (2014). Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global Change Biology*, *20*(8), 2540–2554. https://doi.org/10.1111/gcb.12605

Barsi J, Hook S, Schott J, Raqueno N, Markham B (2007). Landsat-5 thematic mapper thermal band calibration update. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, *4*(4), 552–555. https://doi.org/10.1109/lgrs.2007.896322

Breiman L (2001). Random forests. *Machine Learning*, *45*(1), 5–32.

Chave J., Condit R., Aguilar S., Hernandez A., Lao S., Perez R. 2004. 'Error Propagation and Scaling for Tropical Forest Biomass Estimates'. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359 (1443): 409–420.

Chave J., Coomes D., Jansen S., Lewis S., Nathan G. Swenson, and Amy E. Zanne. (2009). 'Towards a Worldwide Wood Economics Spectrum'. *Ecology Letters* 12 (4): 351–366.

Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M., Delitti W., Duque A., Eid T., Fearnside P., Goodman R. (2014). 'Improved Allometric Models to Estimate the Aboveground Biomass of Tropical Trees'. *Global Change Biology* 20 (10): 3177–3190.

Coordination Nationale REDD+. 2018. 'Etude Sur Les Causes et Conséquences de La Déforestation et La Dégradation Des Forets Au Togo et Identification Des Axes d'intervention Appropries'. Lomé/Togo.

Dangbo F, Gardi O, Kokou K, Blaser J. 2019. 'Estimating Biomass and Biomass Change in Semi-Deciduous Forests Zone of Togo'. Togo: University of Lome.

Dangbo F., Gardi O., Adjonou K., Hlovor A., Blaser J., Kokou K. (2020). An analytical assessment of forest cover changes over the last 30 Years in the semi-deciduous forest zone of Togo. *Journal of Horticulture and Forestry*, *12*(2), 70-83.

Eggleston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 5. Institute for Global Environmental Strategies Hayama, Japan.

Ern H (1979). Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia*, 295–312.

FAO, JRC. (2012). *Global forest land-use change 1990–2005—Recherche Google*. https://www.google.com/search?q=+Global+forest+land-use+change

Fuller R., Smith G., Devereux B. 2003. 'The Characterisation and Measurement of Land Cover Change through Remote Sensing: Problems in Operational Applications?' *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4 (3): 243–253. http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2016.08.006.

GFOI. 2016. 'Méthodes et Pratiques Recommandées Par l'Initiative Mondiale Pour l'observation Des Forêts - Recherche Google'. 2016. https://www.reddcompass.org/download-the-mgd.

GIEC. 2006. 'Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories'. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.

Gislason P, Benediktsson J, Sveinsson J. (2006). Random forests for land cover classification. *Pattern Recognition Letters*, *27*(4), 294–300. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.08.011

GOFC-GOLD, A. 2010. 'A Sourcebook of Methods and Procedures for Monitoring and Reporting Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions and Removals Caused by Deforestation, Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests, and Forestation. AB, Canada: GOFC-GOLD GOFC-GOLD Project Office'. *Natural Resources Canada Calgary*.

Grinand C, Rakotomalala F, Gond V, Vaudry R, Bernoux M, Vieilledent G (2013). Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier. *Remote Sensing of Environment*, *139*, 68–80. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.07.008

Gutman G, Byrnes R, Masek J, Covington S, Justice C, Franks S, Headley R. (2008). Towards monitoring land-cover and land-use changes at a global scale: The Global Land Survey 2005. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *74*(1), 6–10.

Hansen M, Potapov P, Moore R, Hancher M, Turubanova S, Tyukavina A, Thau D, Stehman, S, Goetz S, Loveland T (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, *342*(6160), 850–853. https://doi.org/10.1126/science.1244693

Liu J, Heiskanen J, Aynekulu E, Pellikka P (2015). Seasonal variation of land cover classification accuracy of Landsat 8 images in Burkina Faso. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *40*(7), 455. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-455-2015

MERF. (2016). 'Résultats de l'Inventaire Forestier National Du Togo'. Programme Appui Au REDD+-Readiness et Réhabilitation de Forets Au Togo (ProREDD). Togo: Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF).

MERF, 2019. 'Interprétation Des Photos Aériennes 1976 – 1985 et Comparaison Des Résultats Obtenus Avec Ceux de l'interprétation Des Images RapidEyes 2013 - 2014 et Landsat 1986 - 2014'.

MERF, Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières. 2017. 'Définition de La Méthodologie et Des Outils Pour l'évaluation de La Biomasse Végétale Dans Les Différents Compartiments Au Togo'.

MERF, Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières. 2018. 'Traitement et Analyse des données cartographiques issus des différentes études dans le cadre de La REDD+'. Lomé/Togo: Coordination nationale REDD+.

Mokany K., Raison R., Prokushkin A. 2006. 'Critical Analysis of Root: Shoot Ratios in Terrestrial Biomes'. *Global Change Biology* 12 (1): 84–96.

Molto Q., Rossi V., Blanc L. 2013. 'Error Propagation in Biomass Estimation in Tropical Forests'. *Methods in Ecology and Evolution* 4 (2): 175–183.

Moundounga M., Ngomanda Q., Obiang N., Lebamba J., Gomat H., Mankou G., Loumeto J., Iponga D., Ditsouga F., Koumba R. 2014. 'How to Improve Allometric Equations to Estimate Forest Biomass Stocks? Some Hints from a Central African Forest'. *Canadian Journal of Forest Research* 44 (7): 685–691.

Olofsson P, Foody G, Herold M, Stehman S, Woodcock C, Wulder M (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, *148*, 42–57. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015

Picard N., Bosela F., Rossi V. 2015. 'Reducing the Error in Biomass Estimates Strongly Depends on Model Selection'. *Annals of Forest Science* 72 (6): 811–823.

Puyravaud J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, *177*(1–3), 593–596. https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00335-3

R Core Team. 2019. *R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing;*

Scaramuzza P., Micijevic E., Chander G. 2004. 'SLC Gap-Filled Products Phase One Methodology'. *Landsat Technical Notes* 5.

Van Breugel M., Ransijn J., Craven D., Bongers F., Hall J. 2011. 'Estimating Carbon Stock in Secondary Forests: Decisions and Uncertainties Associated with Allometric Biomass Models'. *Forest Ecology and Management* 262 (8): 1648–1657.

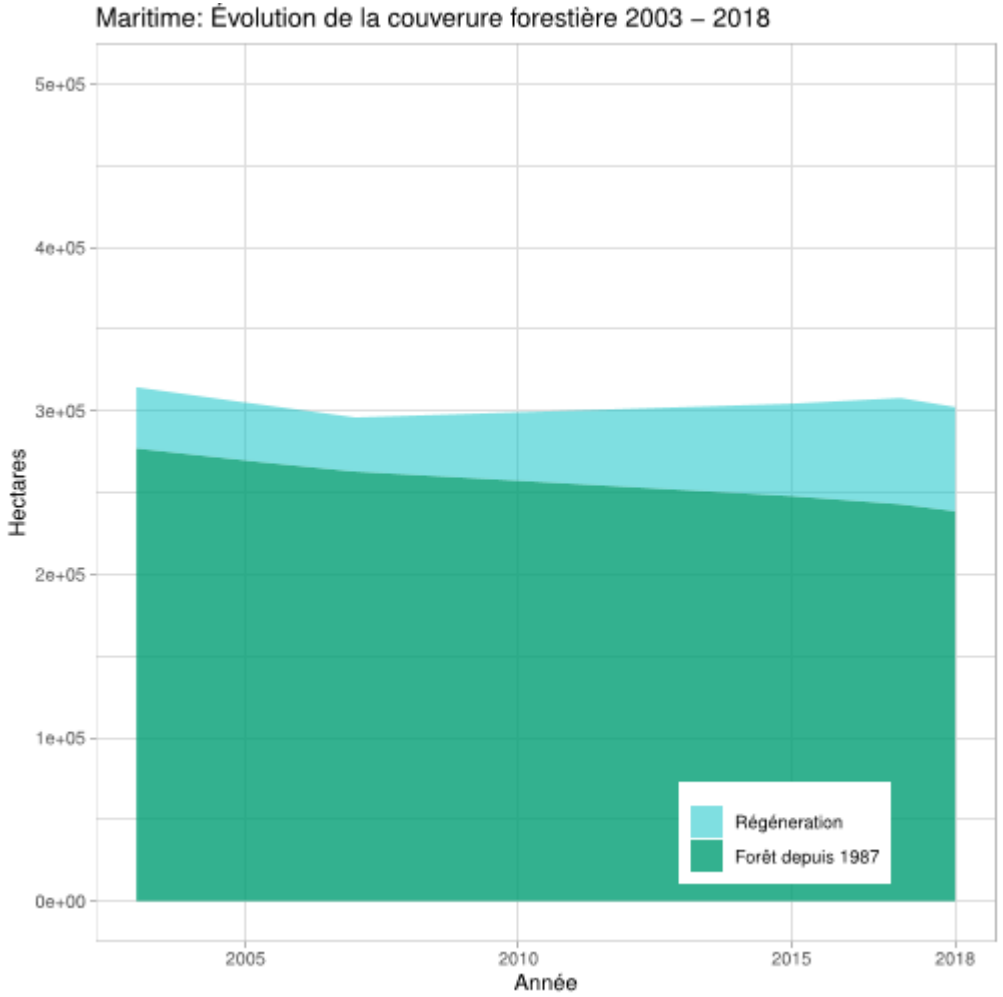
Zanne A., Coomes D., Ilic J., Jansen S., Lewis S., Miller R., Swenson N., Wiemann M., Chave J. 2009. *Global Wood Density Database. Dryad Digital Repository*. Recuperado de: http://hdl. handle. net/10255/dryad.

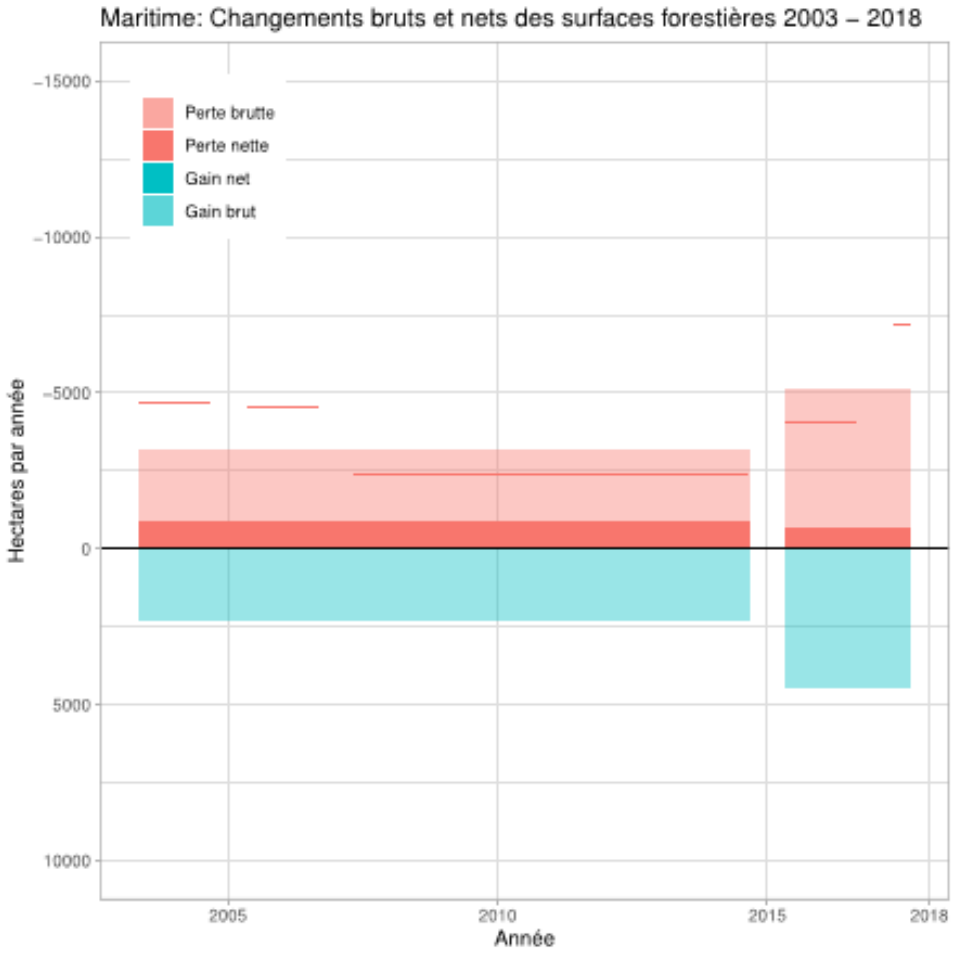
Annexe 1 : Chiffres et cartes par région

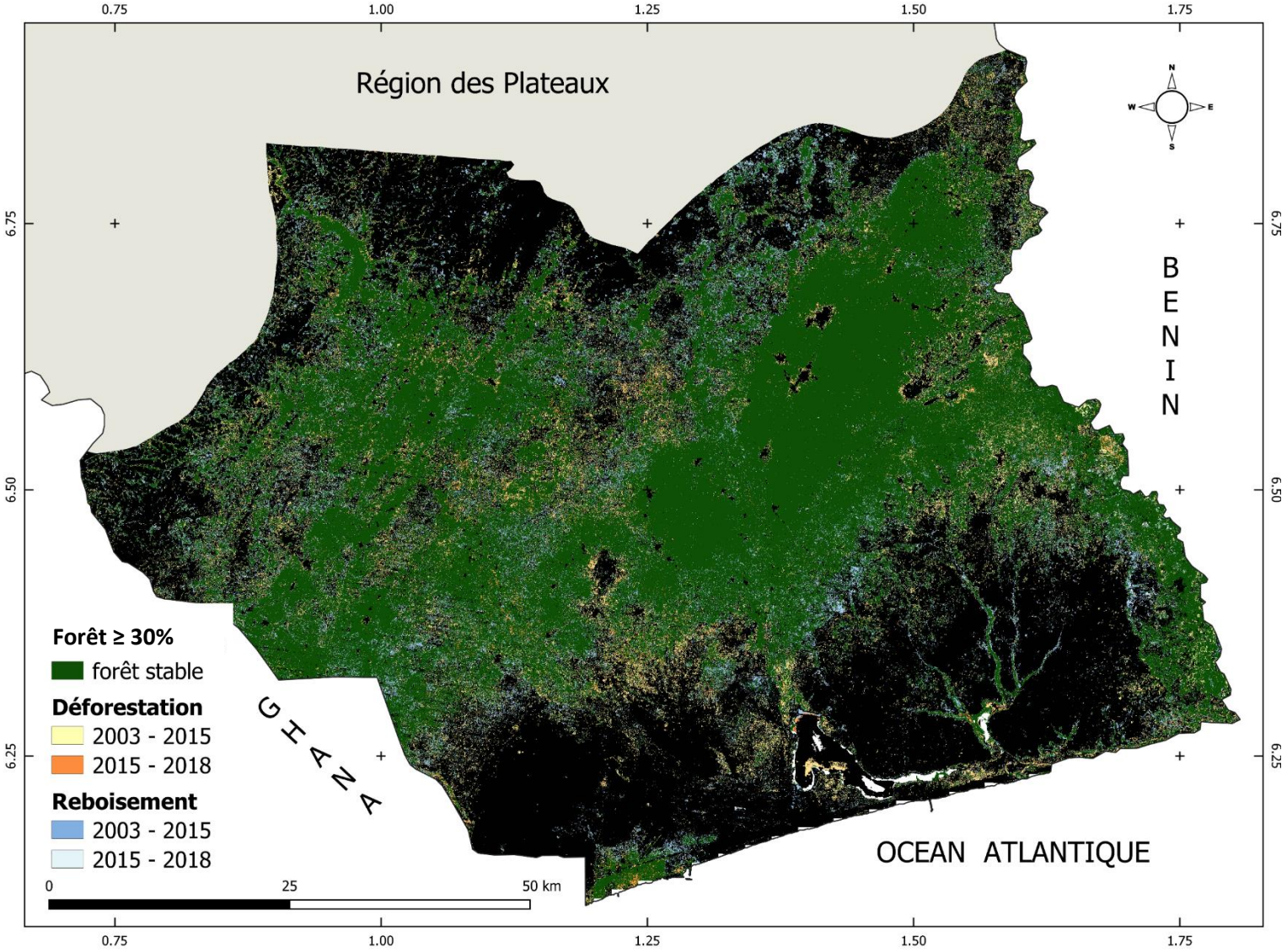
	Surface forestière (hectares)	Forêt stable (hectares)	Forêt secondaire (hectare)
Région Maritime			
– 2003	314 544	277 007	37 536
– 2018	302 451	238 569	63 881
Région des Plateaux			
– 2003	473 456	418 459	54 997
– 2018	449 182	358 383	90 800
Région Centrale			
– 2003	442 190	383 197	58 993
– 2018	415 201	329 247	85 954
Région de la Kara			
– 2003	118 688	108 004	10 684
– 2018	105 926	88 910	17 016
Région des Savanes			
– 2003	10 173	7 063	3 110
– 2018	7 753	4 380	3 373
Togo total			
– 2003	1 359 051	1 193 731	165 320
– 2018	1 280 513	1 019 489	261 024

2003 – 2018	Surface totale (hectares)	Surface annuelle (hectares/an)	Taux (%/an)	Δ stock carbone (tCO2/a)
Région Maritime				
– Déforestation	– 53 132	– 3 544	– 1,2%	– 183 641
– Reboisement	+ 41 060	+ 2 737	+ 0,8%	+ 29 003
– Changement net	– 12 093	– 806	– 0,3%	– 154 638
Région des Plateaux				
– Déforestation	– 85 954	– 5 730	– 1,3%	– 296 519
– Reboisement	+ 61 680	+ 4 112	+ 0,8%	+ 43 108
– Changement net	– 24 274	– 1 618	– 0,4%	– 253 410
Région Centrale				
– Déforestation	– 75 043	– 5 003	– 1,2%	– 262 753
– Reboisement	+ 48 053	+ 3 204	+ 0,7%	+ 33 904
– Changement net	– 26 989	– 1 799	– 0,4%	– 228 849
Région de la Kara				
– Déforestation	– 24 805	– 1 654	– 1,6%	– 86 688
– Reboisement	+ 12 043	+ 803	+ 0,6%	+ 8 161
– Changement net	– 12 763	– 851	– 0,8%	– 78 527
Région des Savanes				
– Déforestation	– 4 378	– 292	– 3,8%	– 15 434
– Reboisement	+1 959	+ 131	+ 1,2%	+ 1 338
– Changement net	– 2 419	– 161	– 1,8%	– 14 096
Togo total				
– Déforestation	– 243 333	– 16 222	– 1,3%	– 845 034
– Reboisement	+164 795	+ 10 986	+ 0,8%	+ 115 514
– Changement net	– 78 537	– 5 236	– 0,4%	– 729 520

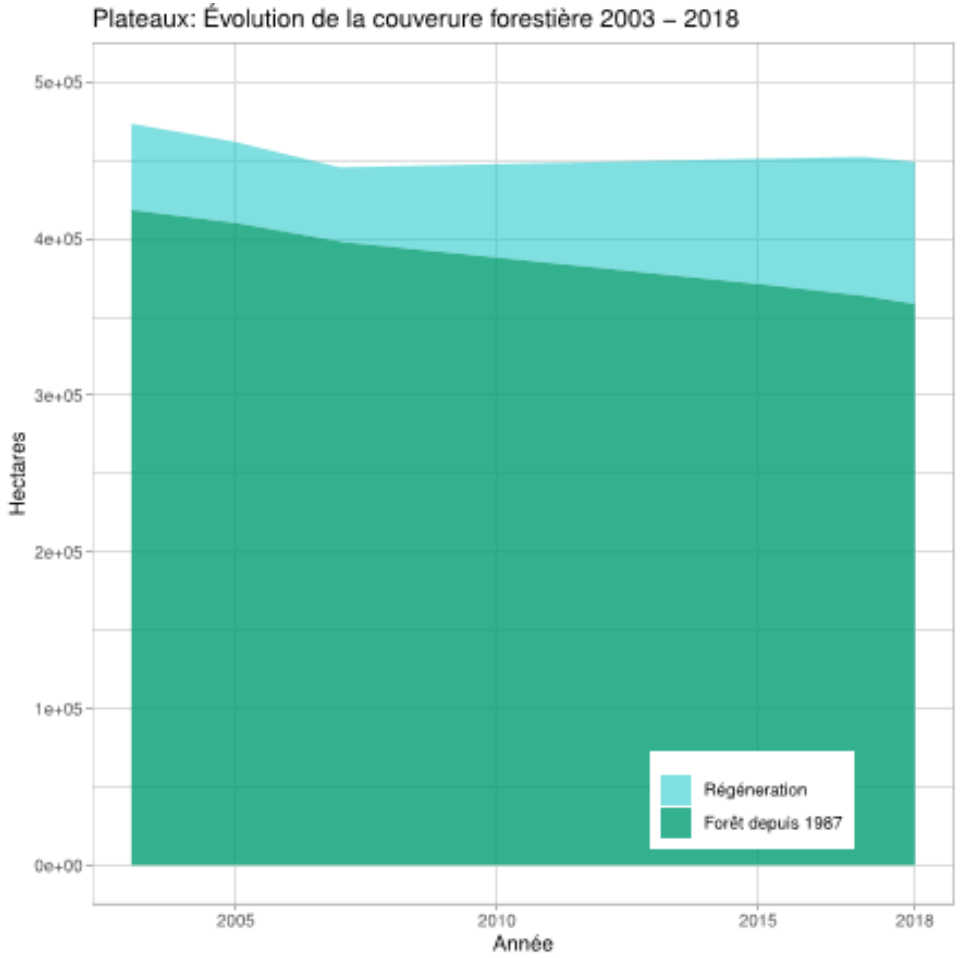
Region Maritime

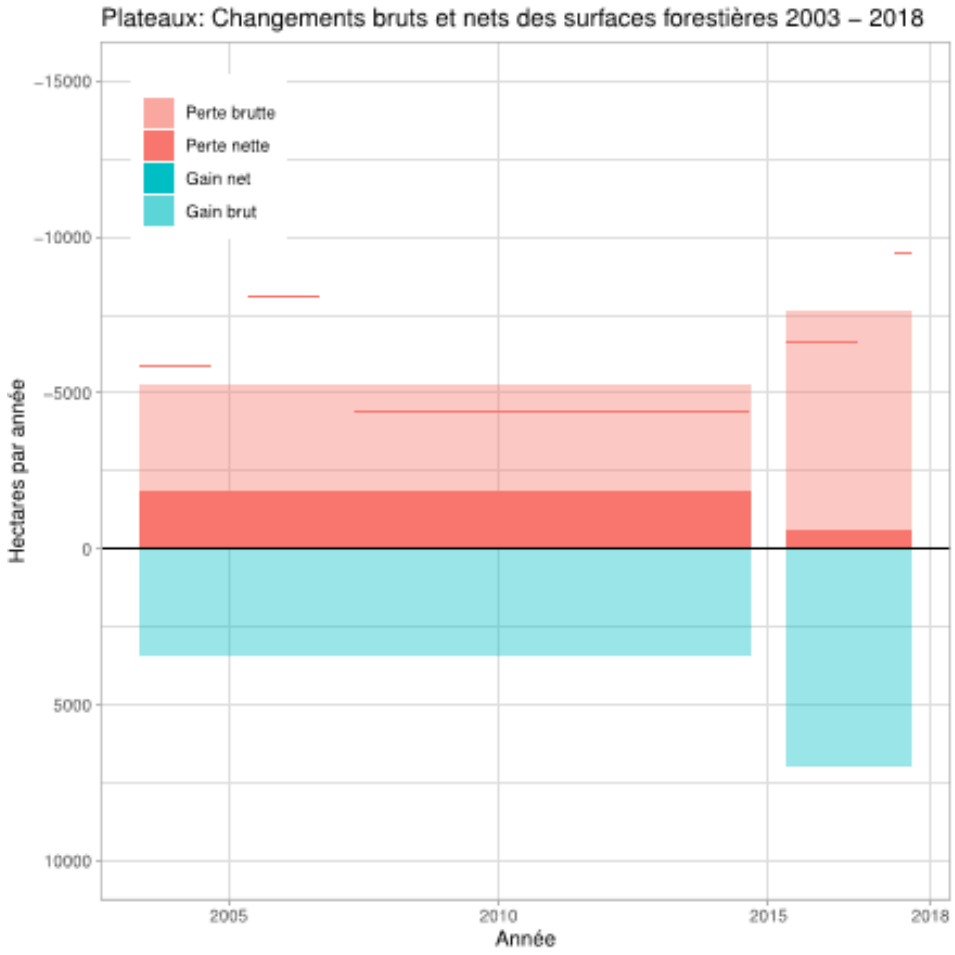




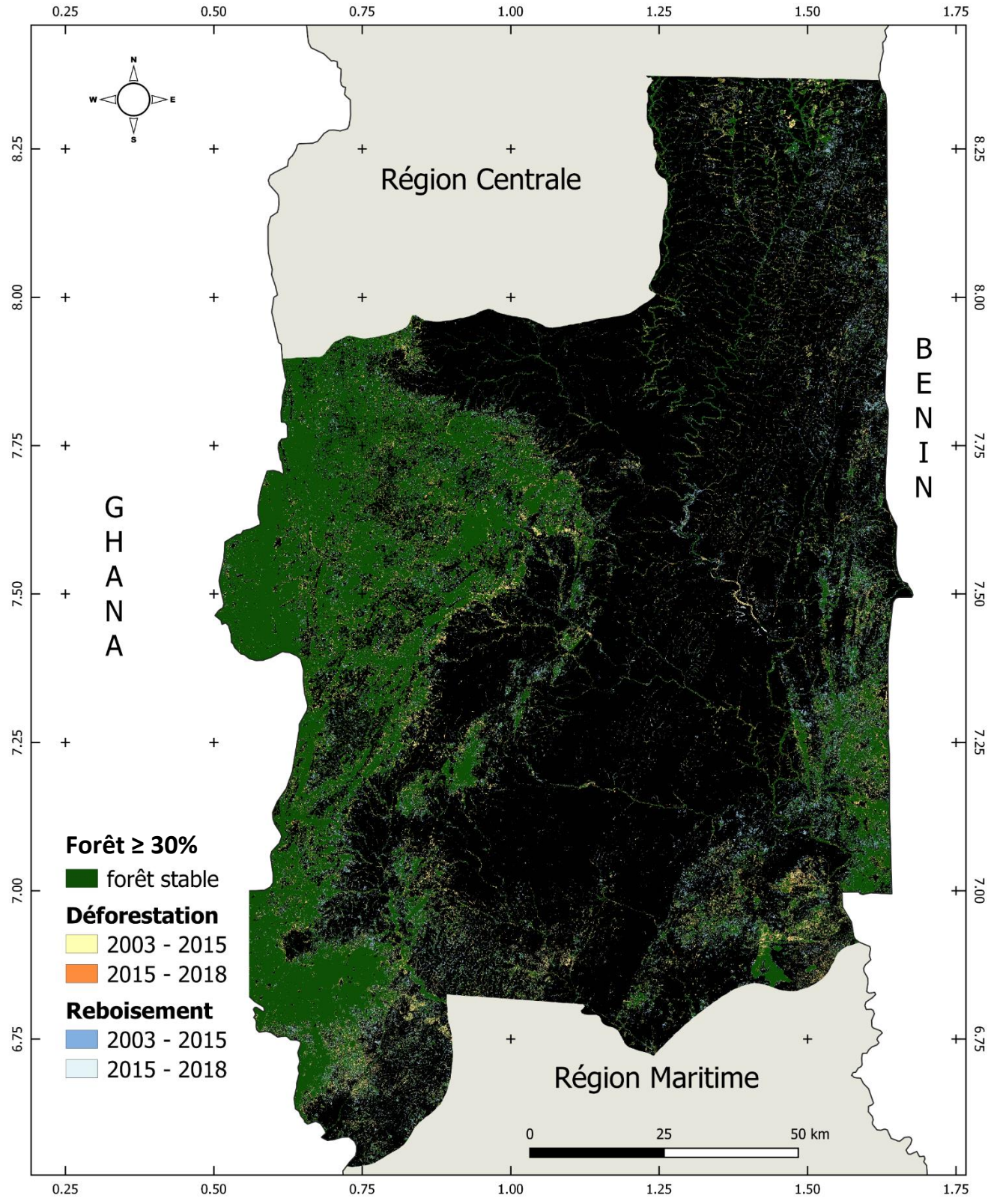

Région des Plateaux
BENIN
GHANA
OCEAN ATLANTIQUE
Forêt ≥ 30%
forêt stable
Déforestation
2003 - 2015
2015 - 2018
Reboisement
2003 - 2015
2015 - 2018
0
25
50 km
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
6.75
6.50
6.25
N
W
E
S

Région des Plateaux

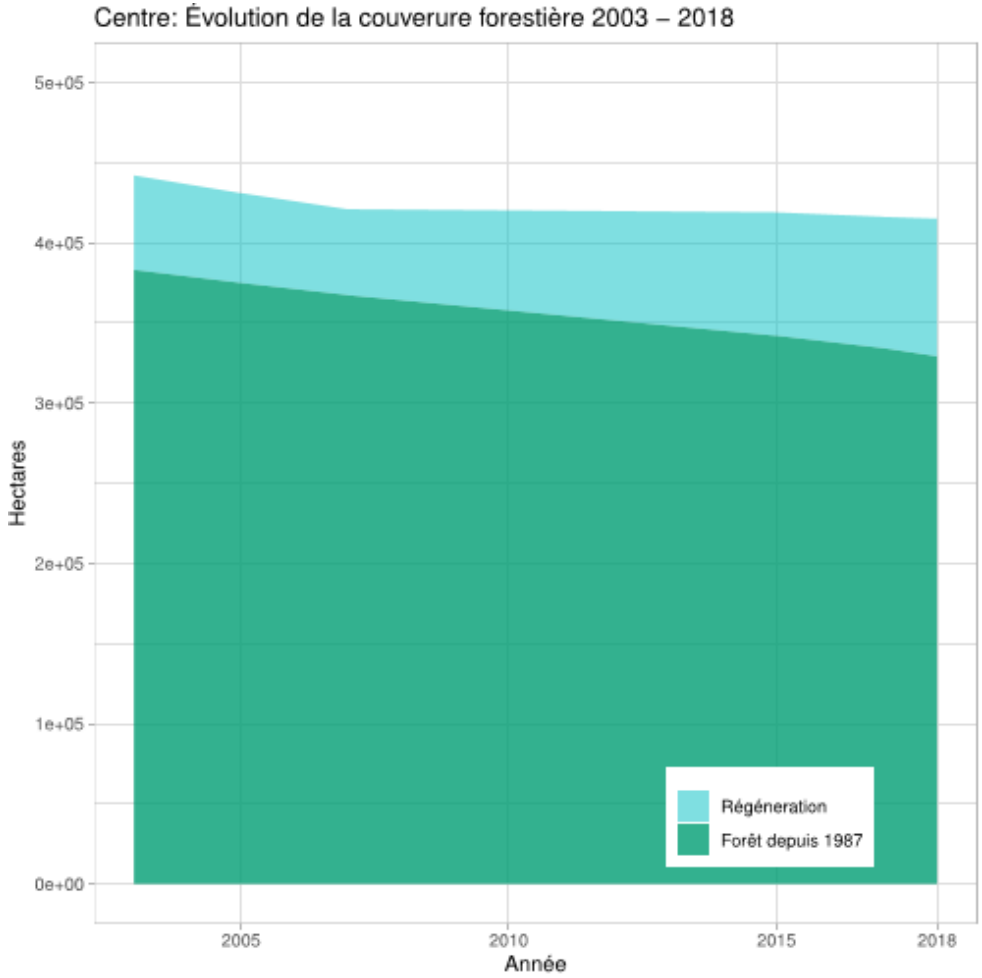


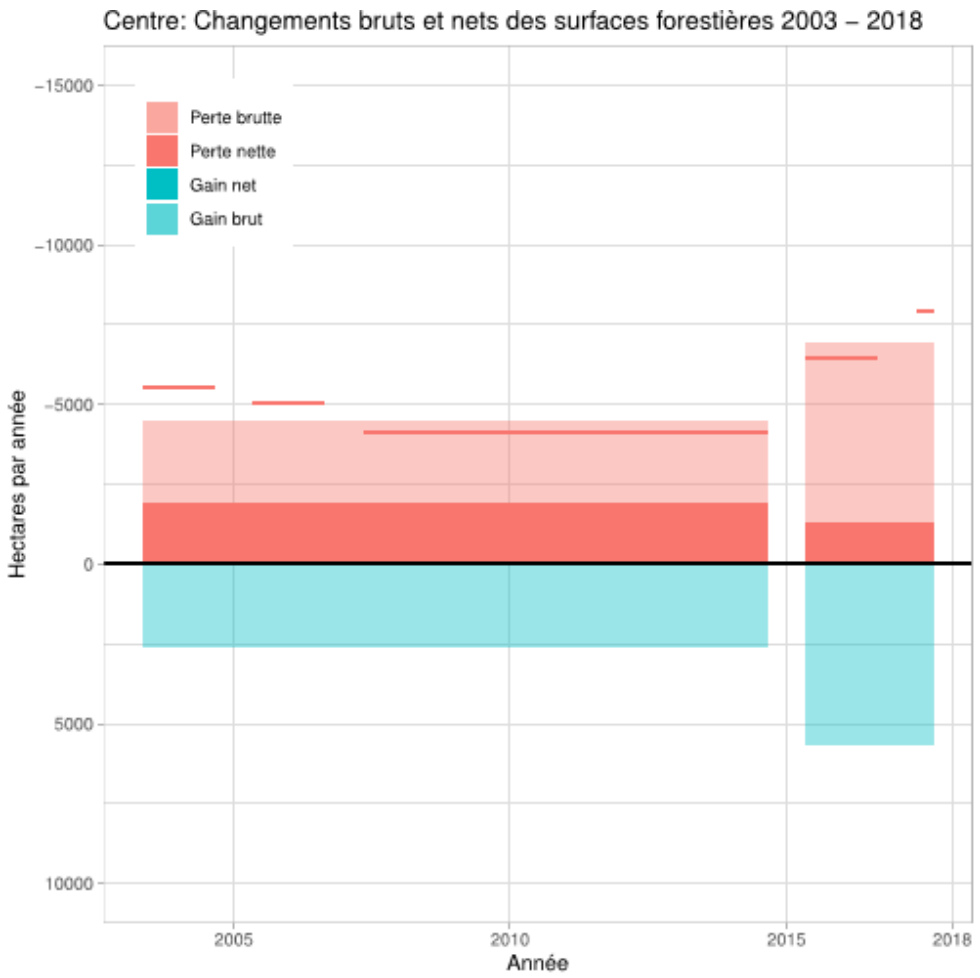


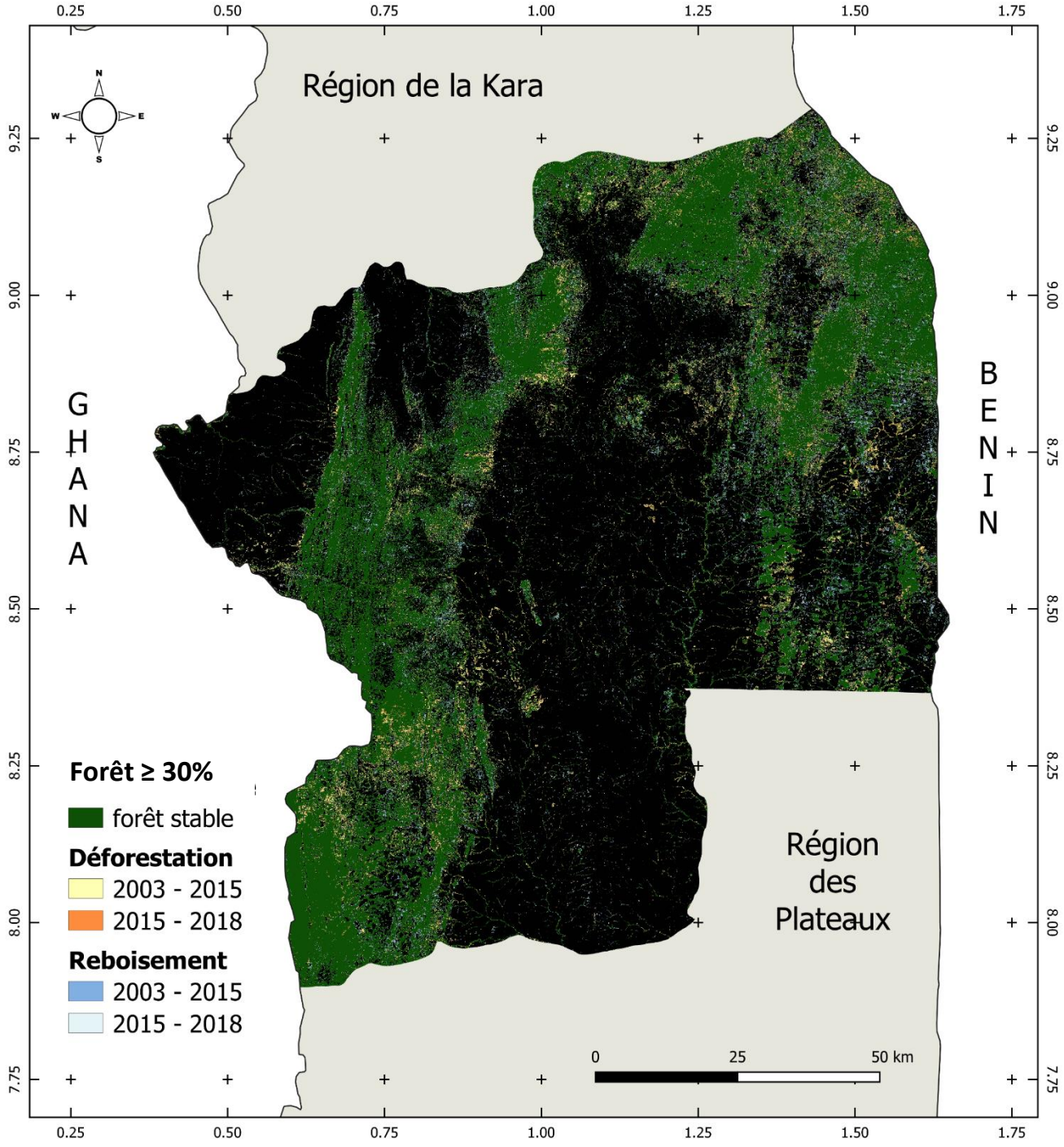
V


0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
8.25
8.00
7.75
7.50
7.25
7.00
6.75
N
W
E
S
Région Centrale
GHANA
BENIN
Forêt ≥ 30%
forêt stable
Déforestation
2003 - 2015
2015 - 2018
Reboisement
2003 - 2015
2015 - 2018
Région Maritime
0
25
50 km

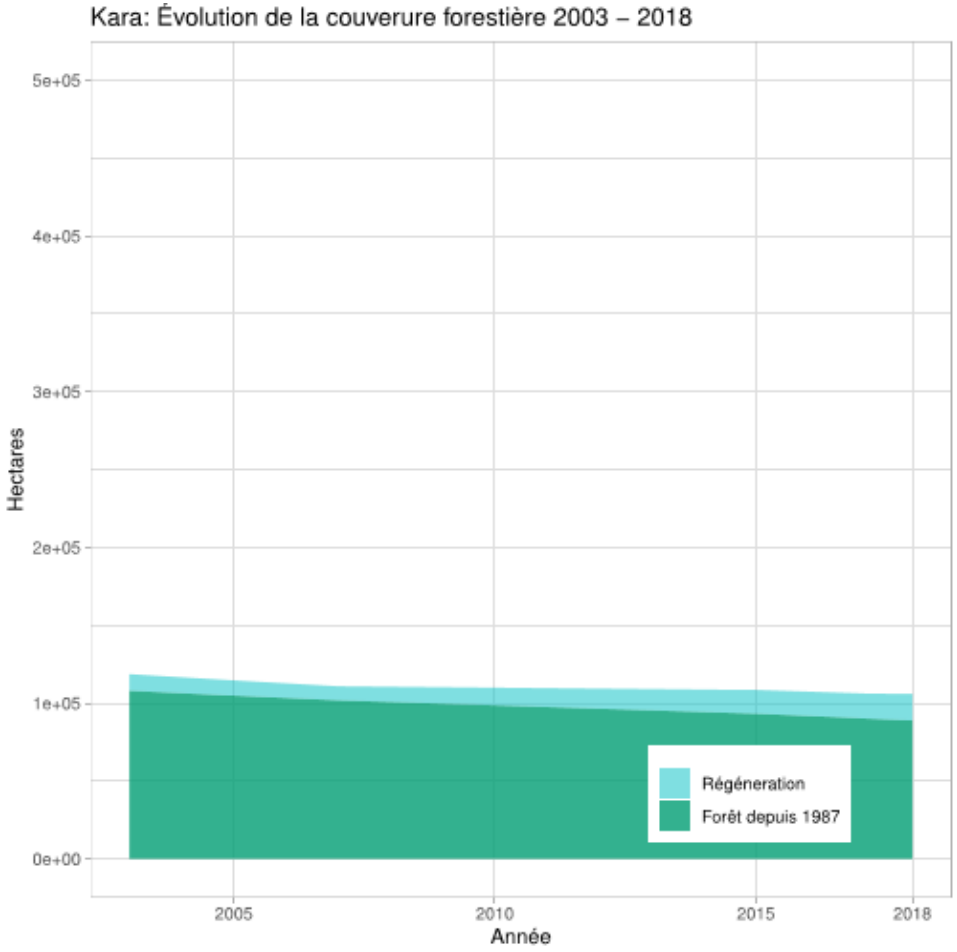
Région Centrale

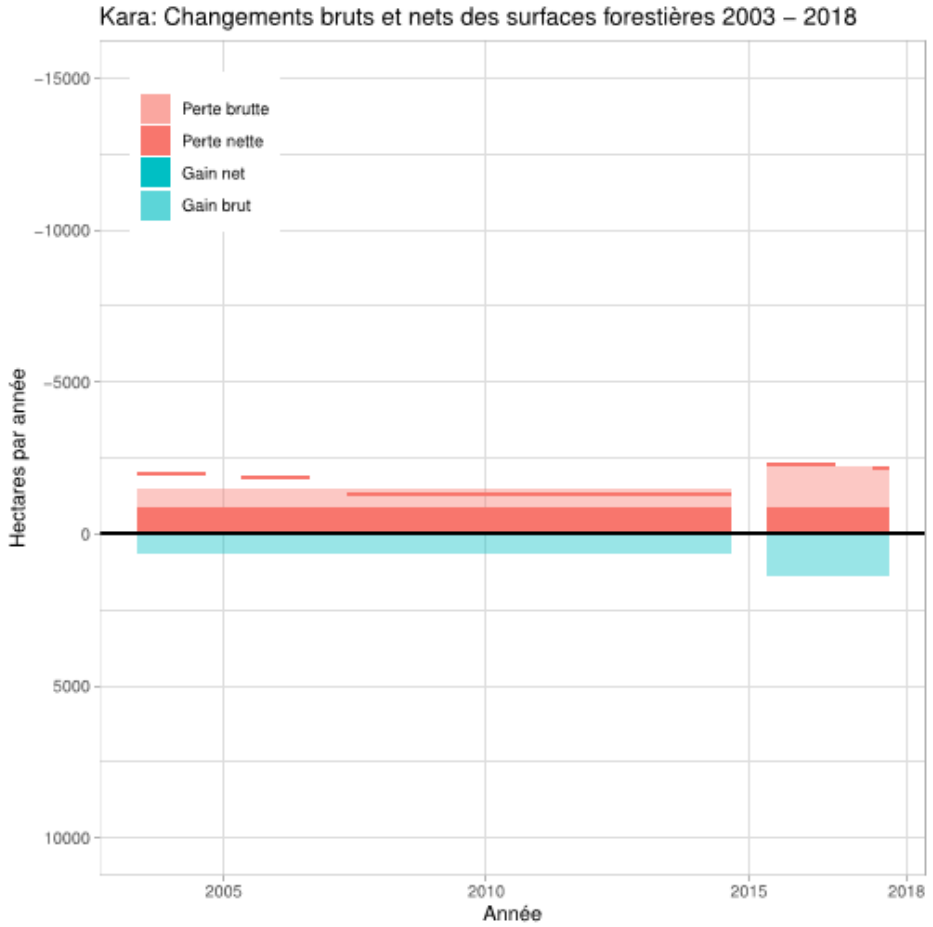


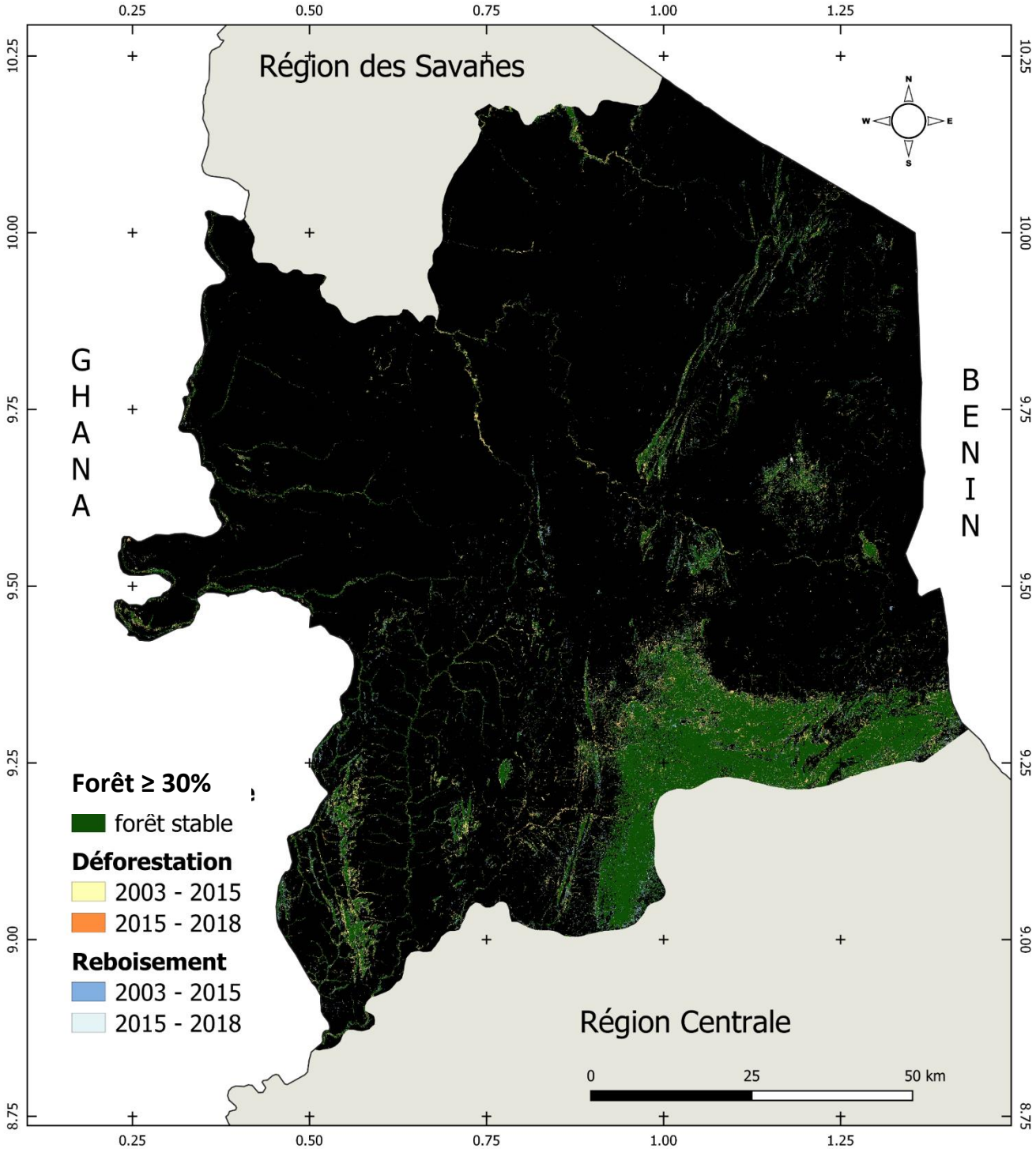



Région de la Kara
GHANA
BENIN
Région des Plateaux
Forêt ≥ 30%
forêt stable
Déforestation
2003 - 2015
2015 - 2018
Reboisement
2003 - 2015
2015 - 2018
0
25
50 km
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
9.25
9.00
8.75
8.50
8.25
8.00
7.75

Région de la Kara

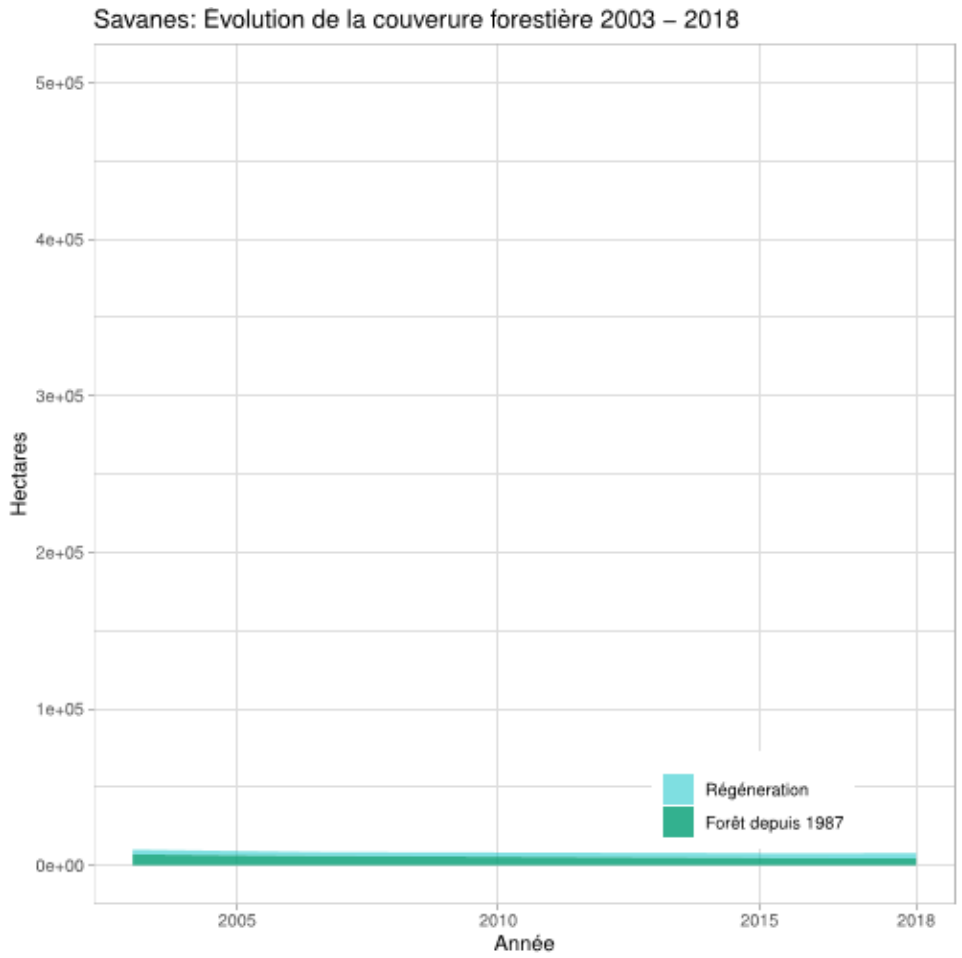


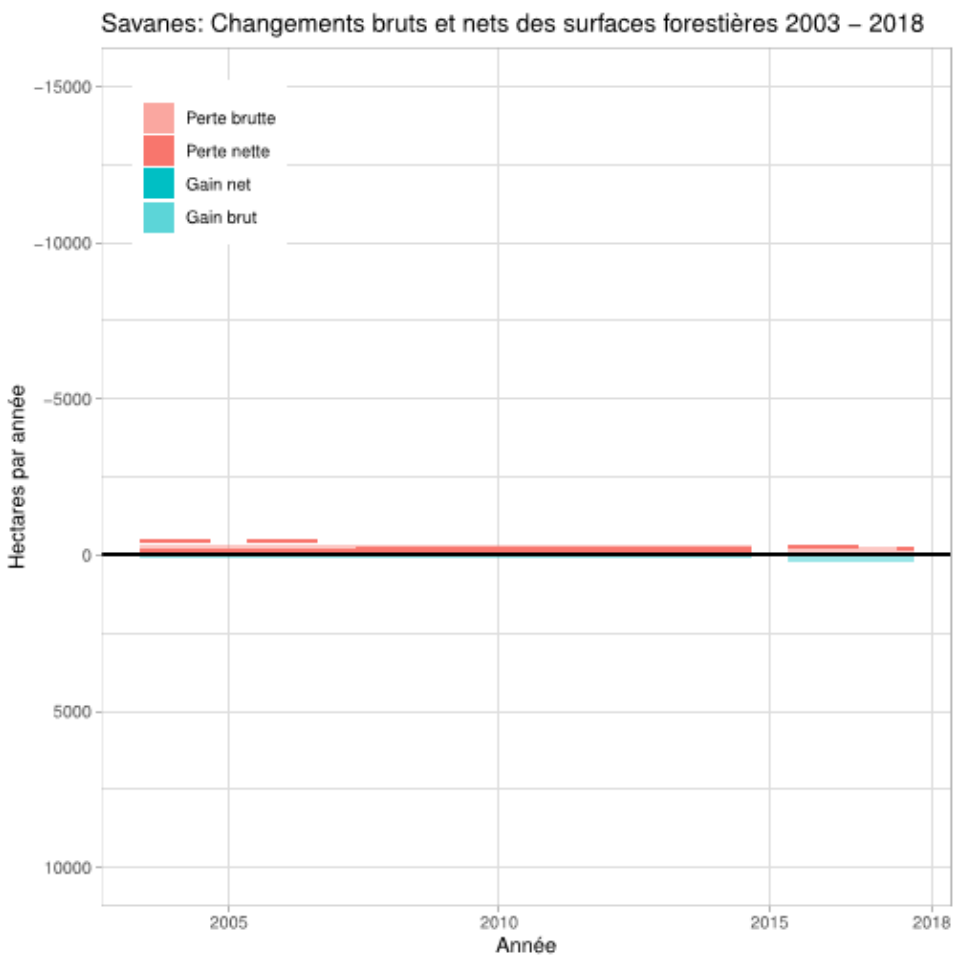


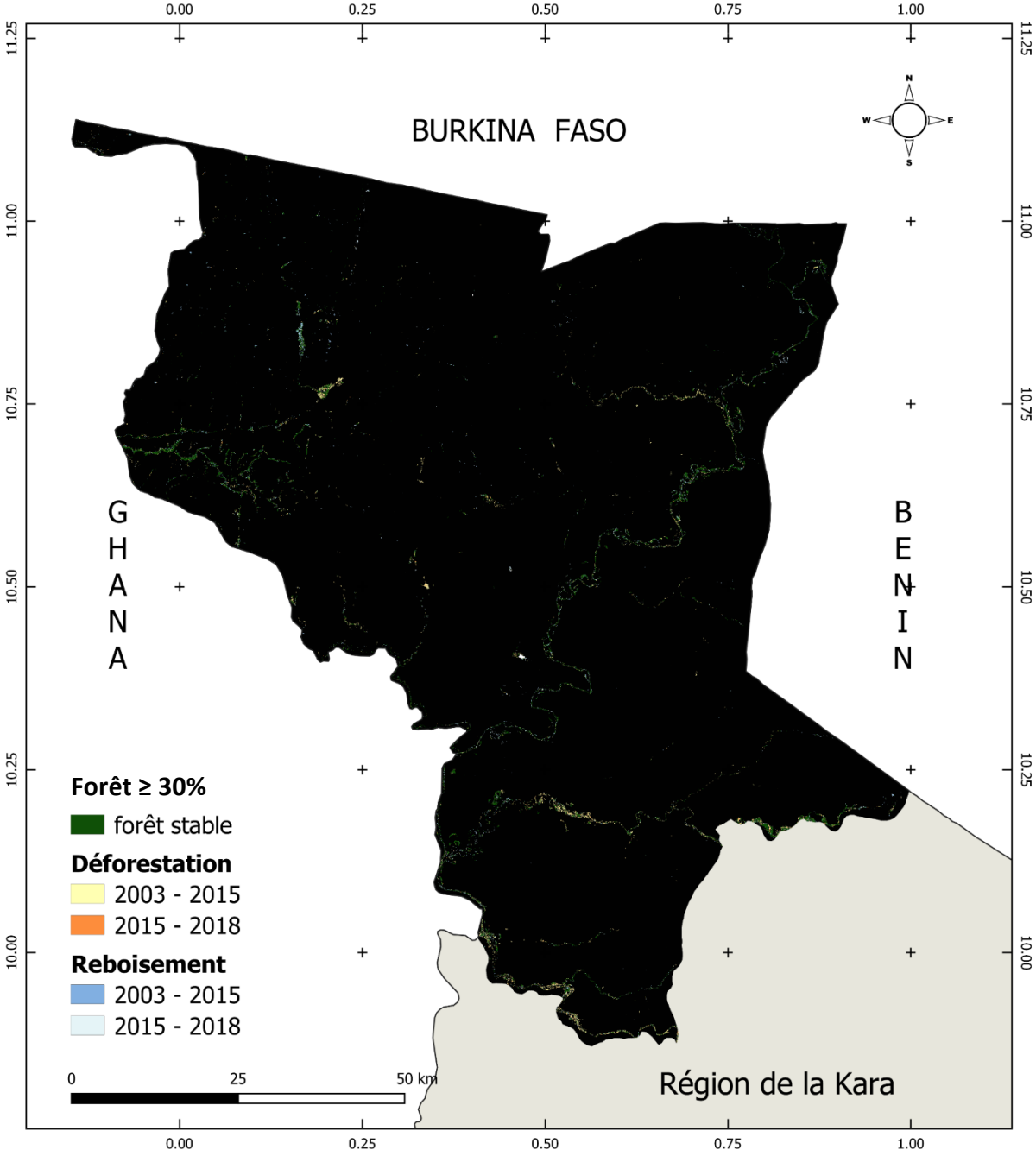

Région des Savanes
GHANA
BENIN
Région Centrale
Forêt ≥ 30%
forêt stable
Déforestation
2003 - 2015
2015 - 2018
Reboisement
2003 - 2015
2015 - 2018
0
25
50 km
N
W
E
S
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
10.25
10.00
9.75
9.50
9.25
9.00
8.75

X

Région des Savanes






BURKINA FASO
GHANA
BENIN
Forêt ≥ 30%
forêt stable
Déforestation
2003 - 2015
2015 - 2018
Reboisement
2003 - 2015
2015 - 2018
0
25
50 km
Région de la Kara
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
11.25
11.00
10.75
10.50
10.25
10.00
N
W
E
S

Annexe 2 : Liste de présence atelier de validation du rapport NRF

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET
DE LA PROTECTION DE LA NATURE

Projet de Soutien à la Préparation à la REDD+

REPUBLIQUE TOGOLAISE
Travail-Liberté-Patrie

ATELIER DE VALIDATION NATIONALE DU RAPPORT DE NIVEAU DE REFERENCE DES FORETS DU TOGO

Liste de présence

Date jeudi 19 décembre 2019

n°	Nom et Prénoms	Sexe	Structure / Titre	Lieu de provenance	Contact	Adresse e-mail	Signature
1	LIASSIDJI Kodjo T. Fredonk	M	Cellule communication MEDDPN Sociologue	Lomé	90005437	liasfredi@yahoo.fr	[signature]
2	BINDAOUDOU Ina Abdou-Kérim	M	INSEED/ Géomaticien	Lomé	90396227	kerimoss2000@yahoo.fr	[signature]
3	Henkou Akoua	F	CERESS+ Membre	Lomé	91015787	bellaoisbella@gmail.com	[signature]
4	ISSIFOU Aboulaye	M	PFPC	Sokodé	90950255	rfpctogo@gmail.com	[signature]
5	ABOTSI Kpatanyo	F	DGIGC	Lome	91303331	jeanneabotsi@yahoo.fr	[signature]

Liste de présence

Date jeudi 19 décembre 2019

n°	Nom et Prénoms	Sexe	Structure / Titre	Lieu de provenance	Contact	Adresse e-mail	Signature
6	TCHASSIM Koudjoufei	M	SG/MEDDPN Sociologue	LOME	90253337	tchassim20@gmail.com	[signature]
7	BIMIZ Essiyékila	M	PFPC	Kara (Pya)	90272146	bmzfred@yahoo.fr	[signature]
8	KITING Ouadja	M	SDS REDD+	Lomé	90940975	jeromedelaterre@yahoo.fr	[signature]
9	PITALA Wéré	M	ESA/UL	Lomé	90094027	werepit@hotmail.com	[signature]
10	AGBLEMAGNON Komlan Bleoussi	M	FNRB	Lomé	99301836	fragbleber@yahoo.fr	[signature]
11	AGBESSI K.G.Eric	M	DRF Géomaticien/Biologiste	Lomé	90166674	eric.agbe@yahoo.fr	[signature]
12	ADA Koffi	M	DGIGC	Lome	90044827	dkoffi.ada@gmail.com	[signature]

Liste de présence

Date jeudi 19 décembre 2019

n°	Nom et Prénoms	Sexe	Structure / Titre	Lieu de provenance	Contact	Adresse e-mail	Signature
13	AGUEM-MASSINA BEHESSINAM	M	DGUH	Lomé	90941424	heureaguemassina@gmail.com	
14	DJERI-WAKE Lantam	M	ANGE/ Assistant Technique	Lomé	91503637	lantamdjw@gmail.com	
15	TABE Nikabou	M	PALCC/ Chargé de Suivi-Evaluation	Lomé	90264141	tabenika@gmail.com	
16	AHIALEGBEDZI.AV	F	BOAD	Lomé	2221-59-06	aahialegbadg@boad.org	
17	MOGLO Komlavi	M	BOAD	Lomé	22215906	Kmoglo@boad.org	
18	GHADA-GHADA Tchilinga	M	MAPAM	Lomé	90778105	gtchilingatolbert@yahoo.fr	
19	ISSIFOU Abocolomisamilou	M	FAO	Lomé	90183284	abocolomisamilou.issifou@fao.org	

Liste de présence

Date jeudi 19 décembre 2019

n°	Nom et Prénoms	Sexe	Structure / Titre	Lieu de provenance	Contact	Adresse e-mail	Signature
20	DANGBO Fifonsi Ayélé	F	REDD+ Assistante ATI	Lomé	90997423	fifonsidangbo@gmail.com	
21	AZIA BA Ayikoé	M	MAPAH	Lomé	90384023	karlos-azia2000@gmail.com	
22	N'PO Tissama	M	DE/MEDDPN	Lomé	90254829	npo.herve@yahoo.fr	
23	ABLEDE Komlan	M	ITRA	Lomé	90263252	komlan.ablede@gmail.com	
24	DITOATOU T. Kanphina	M	Coordonnateur REDD+	Lomé	90968139	ditoatou@yahoo.fr	
25	DJENDA Aristide	M	directeur UONGTO	Lomé	90146827	aristidedjenda22e gmail.com	
26	KPOTOR Komlan	M	BM/ consultant en Environnement	Lomé	92556604	kkpotor@worldbank.org	

Liste de présence

Date jeudi 19 décembre 2019

n°	Nom et Prénoms	Sexe	Structure / Titre	Lieu de provenance	Contact	Adresse e-mail	Signature
27	RADJI Aliou	M	READ+ R/EC	LOME	90110780	ralio2000@yahoo.fr	
28	GBLAO Ganiou	M	DEP	Lomé	90949957	yagani3003@gmail.com	
29	BAYADEA Makoumambè	M	UGBDC (MEDDPN)	Lomé	92493552	mbayadea100@gmail	
30	AFO Bidjo	M	(MVUHSP) Directeur prospective de planification	Lomé	90183733	abidjo81@gmail.com	
31	SIMDINATOME Guassiwe	M	MME/DH	Lomé	90392648	mercudoc@yahoo.fr	
32	PALI Solim	M	MVUHSP/ DGLBU chef section	Lomé	90891389	solimpali@gmail.com	
33	ALABA Pyoalabala	M	ODEF	Lomé	90002242	pyoalabala@yahoo.fr	