

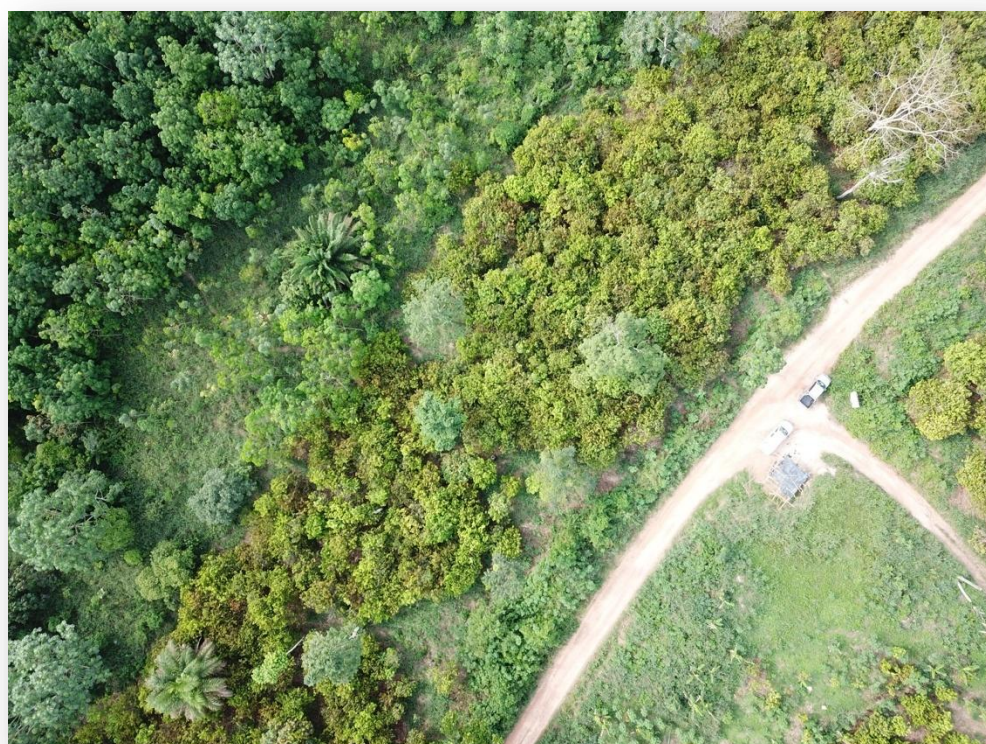


# Cartographie de l'occupation et de l'usage des terres de la Région de la Mé et analyse des changements

*État des terres de la région de la Mé entre 2016 et 2022*

Juin 2023

**anidæ**  
filiales & territoires



Ouatarra T.A., Grinand C., Garnier B., Lapeyre R., Vergnes V.



# SOMMAIRE

|           |                                                                                            |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1_</b> | <b>Introduction.....</b>                                                                   | <b>7</b>  |
| <b>2_</b> | <b>Approche méthodologique .....</b>                                                       | <b>8</b>  |
| <b>3_</b> | <b>Images satellites et prétraitements .....</b>                                           | <b>9</b>  |
| <b>4_</b> | <b>Traitements .....</b>                                                                   | <b>11</b> |
| 4.1.      | Définition des classes d'occupation du sol .....                                           | 11        |
| 4.2.      | Délimitation des données d'apprentissages .....                                            | 11        |
| 4.3.      | Classification supervisée .....                                                            | 12        |
| 4.4.      | Évaluation de la qualité du modèle.....                                                    | 13        |
| 4.5.      | Post-traitements .....                                                                     | 13        |
| <b>5_</b> | <b>Analyse des changements d'occupation du sol.....</b>                                    | <b>13</b> |
| <b>6_</b> | <b>Résultats .....</b>                                                                     | <b>15</b> |
| 6.1.      | Occupation du sol dans la région de la Mé en 2022 .....                                    | 15        |
| 6.2.      | Occupation du sol au niveau départemental en 2022 .....                                    | 17        |
| 6.3.      | Validation .....                                                                           | 19        |
| 6.4.      | Analyse des changements d'occupation du sol dans la région de la Mé.....                   | 21        |
| 6.4.1.    | Occupation du sol dans la région de la Mé en 2016, 2019 et 2022.....                       | 21        |
| 6.4.2.    | Evolution des formations forestières denses sur les périodes 2016-2019 et 2019-2022.....   | 22        |
| 6.4.3.    | Evolution des forêts dégradées ou secondaires sur les périodes 2016-2019 et 2019-2022..... | 23        |
| 6.4.4.    | Evolution des principales commodités sur la période 2016-2022 .....                        | 24        |
| 6.5.      | Analyse des changements d'occupation du sol dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya 27         |           |
| 6.5.1.    | Occupation du sol dans la Réserve Mabi-Yaya en 2016, 2019 et 2022.....                     | 27        |
| 6.5.2.    | Evolution des formations forestières denses sur la période 2016-2022.....                  | 29        |
| 6.6.      | Occupation du sol dans les forêts classées de la Mé en 2016, 2019 et 2022 .....            | 31        |
| 6.7.      | Occupation du sol dans le domaine rural de la Mé en 2016, 2019 et 2022.....                | 31        |
| <b>7_</b> | <b>Conclusion .....</b>                                                                    | <b>33</b> |
| <b>8_</b> | <b>Références bibliographiques.....</b>                                                    | <b>34</b> |
| <b>9_</b> | <b>Annexes.....</b>                                                                        | <b>35</b> |



## TABLE DES FIGURES

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1:</b> Situation administrative de la Région de la Mé .....                                                                              | 8  |
| <b>Figure 2:</b> Diagramme des flux de traitements de l'approche méthodologique .....                                                              | 9  |
| <b>Figure 3:</b> Illustration des images Planet de 2022 et des images Sentinel-2 sur un même niveau de zoom.....                                   | 10 |
| <b>Figure 4:</b> Carte d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022.....                                                                      | 16 |
| <b>Figure 5:</b> Conversions des principales commodités dans la région de la Mé sur la période 2016-2022 .....                                     | 26 |
| <b>Figure 6:</b> Carte d'occupation du sol de la Réserve Naturelle Mabi-Yaya en 2016, 2019 et 2022 .....                                           | 28 |
| <b>Figure 7:</b> Conversion des formations forestières denses dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya sur la période Janvier 2016 à Janvier 2022 ..... | 29 |
| <b>Figure 8:</b> Evolution des formations forestières denses dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya sur la période Janvier 2016 à Janvier 2022 .....  | 30 |



## TABLE DES TABLEAUX

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Table I :</b> Caractéristiques des bandes spectrales Planet utilisées et date d'acquisition .....                                                              | 10 |
| <b>Table II :</b> Typologie des classes d'occupation du sol adoptée dans cette étude .....                                                                        | 11 |
| <b>Table III :</b> Caractéristiques des données d'apprentissage .....                                                                                             | 12 |
| <b>Table IV :</b> Superficie et proportion des classes d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022 .....                                                    | 15 |
| <b>Table V :</b> Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau des départements de la région de la Mé en 2022 .....                          | 18 |
| <b>Table IX :</b> Matrice de confusion pour la validation de la carte d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022 en nombre de pixel dans le lot test. .... | 20 |
| <b>Table VII :</b> Occupation du sol dans la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022 .....                                                                  | 21 |
| <b>Table VIII :</b> Conversion des formations forestières denses dans la région de la Mé sur la période 2016-2019 .....                                           | 22 |
| <b>Table IX :</b> Conversion des formations forestières denses dans la région de la Mé sur la période 2019-2022 .....                                             | 23 |
| <b>Table X :</b> Conversion des forêts dégradées ou secondaires dans la région de la Mé sur la période 2016-2019 .....                                            | 24 |
| <b>Table IX :</b> Conversion des forêts dégradées ou secondaires dans la région de la Mé sur la période 2019-2022 .....                                           | 24 |
| <b>Table XII :</b> Occupation du sol dans la Réserve naturelle de Mabi-Yaya sur la période 2016-2019-2022 .....                                                   | 27 |
| <b>Table XV :</b> Occupation du sol dans les forêts classées de la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022 .....                                            | 31 |
| <b>Table XVI :</b> Occupation du sol dans le domaine rural de la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022 .....                                              | 32 |



## ABREVIATIONS

|              |                                                                                                                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BNETD</b> | Bureau National d'Études Techniques et de Développement                                                                                                        |
| <b>CCT</b>   | Centre de Cartographie et de Télédétection                                                                                                                     |
| <b>CIGN</b>  | Centre d'Information Géographique et du Numérique                                                                                                              |
| <b>CRM</b>   | Conseil Régional de la Mé                                                                                                                                      |
| <b>GIEC</b>  | Groupement Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat                                                                                             |
| <b>NICFI</b> | Norway's International Climate and Forests Initiative                                                                                                          |
| <b>OOB</b>   | Out-Of-Bag                                                                                                                                                     |
| <b>PDL</b>   | Plan de Développement Local                                                                                                                                    |
| <b>PRM</b>   | Projet REDD+ de la Mé                                                                                                                                          |
| <b>PRM2</b>  | Préserver la biodiversité de Mabi-Yaya et renforcer le développement socio-économique de la Mé                                                                 |
| <b>REDD+</b> | Réduction des Émissions résultant de la Déforestation et de la Dégradation des forêts (REDD) et conservation/accroissement des stocks de carbone forestier (+) |
| <b>RGPH</b>  | Recensement Général de la Population et de l'Habitat                                                                                                           |
| <b>RNMY</b>  | Réserve Naturelle de Mabi-Yaya                                                                                                                                 |
| <b>SST</b>   | Surveillance Spatiale des Terres                                                                                                                               |
| <b>SRADT</b> | Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire                                                                                                |
| <b>UMC</b>   | Unité Minimale de Cartographie                                                                                                                                 |
| <b>USGS</b>  | United States Geological Survey                                                                                                                                |
| <b>UTM</b>   | Universal Transvers Mercator                                                                                                                                   |
| <b>THRS</b>  | Très Haute Résolution Spatiale                                                                                                                                 |





## RESUME

La cartographie de l'occupation du sol dans la région de la Mé en 2022 à l'aide des images satellites constitue une étape importante de suivi de la dynamique de l'occupation du sol de la région par l'actualisation des statistiques, et apporte des informations importantes dans le cadre de l'élaboration des différents plans de développement élaborés au niveau régional et local. **Cette étude a pour but d'analyser à la fois l'état actuel de l'occupation et de l'usage des terres en 2022 et leurs changements récents sur les 6 dernières années.**

L'analyse de la dynamique d'occupation et d'usage des terres de la région de la Mé se base sur des activités de cartographie précédemment réalisées pour les années 2016 et 2019 dans le cadre du projet REDD+ de la Mé. Ces cartes ont été actualisées ici avec une nouvelle cartographie de l'occupation du sol en 2022. La méthode reprend les mêmes outils que ceux utilisés précédemment, notamment l'utilisation du Système National de Classification des Terres et l'utilisation d'un algorithme d'apprentissage machine puissant. Elle apporte cependant quelques innovations méthodologiques à travers l'utilisation d'images Planet, notamment pour combler le manque de données Sentinel 2 exploitables et utilisant le même mois de référence pour les 3 années pivots (Janvier). Comme pour les études précédentes, la calibration et la validation de la cartographie a été réalisée à travers des campagnes de terrain, acquisition d'images drone et observation des images satellites très haute résolution indépendantes des images traitées. **Avec trois dates analysées, cette étude permet d'aborder de manière très précise les dynamiques spatio-temporelles entre 3 périodes, 2016-2019, 2019-2022 et 2016-2022, mettant en lumière des phénomènes d'accélération et ralentissement de certains changements.**

Les résultats de la cartographie de l'occupation et de l'usage des terres dans la région de la Mé en 2022 révèlent une part importante des forêts dégradées/secondaires (31%) et une proportion non négligeable de forêts denses (11%), du fait de la présence de plusieurs forêts classées dans la région (10 au total), d'une réserve naturelle (RNMY) et de l'abondance de vieilles jachères considérée comme des forêts secondaires. L'analyse de la dynamique des formations forestières (forêts denses, forêts galeries et forêts secondaires) montre que ces formations ont régressé de 2016 à 2022, passant de 407 308 ha en 2016 à 362 697 ha en 2019 puis à 335 837 ha en 2022. **Les taux annuels de déforestation sont de 3,87% sur la première période (2016-2019) et de 2,56% sur la seconde période (2019-2022).** Ce taux annuel de déforestation a donc été réduit de plus de 30%, témoignant donc des multiples efforts déployés dans la région de la Mé en matière de préservation des écosystèmes forestiers. Cela s'explique en particulier par la création fin 2019 de la Réserve Naturelle Mabi-Yaya où le taux annuel de déforestation a été réduit, passant de 1,55% (2016-2019) à 0,59% (2019-2022), soit plus de 60% de ralentissement de la déforestation.

Les résultats indiquent que les principaux facteurs directs de la déforestation et de la dégradation forestière dans la région de la Mé sur les périodes 2016-2019 et 2019-2022 sont les **cultures pérennes de cacao-café et d'hévéa**. En effet, ces cultures sont les plus pratiquées dans la région dont les superficies avoisinent 225 000 ha pour le cacao-café et 78 000 ha pour l'hévéa en 2022. **Ces deux cultures sont à l'origine de la disparition de plus de 20% des forêts dégradées ou secondaires sur la période 2019 à 2022. En outre la culture de cacao-café reste la cause principale de la déforestation dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya entre 2016 et 2022.**

L'évaluation de la précision de la carte a révélé une précision globale de 80% pour cette carte 2022. Il s'agit d'une étude innovante de par sa chaîne de traitement (script R, classification supervisée avec Random Forest) et un premier exemple d'utilisation des



données satellitaire Planet en Côte d'Ivoire, à notre connaissance. Ces images sont disponibles depuis peu et constituent une véritable avancée pour l'Observation de la Terre comparée aux images utilisées traditionnellement pour ce type d'exercice (Landsat 5/7/8). D'un point de vue technique, notre étude permet de montrer l'apport de ces images en termes de résolution pour extraire de nombreuses catégories d'utilisation des terres, et recommande d'utiliser cette carte et méthode pour la prochaine cartographie de l'occupation du sol sur la Région.

### **Citation**

Ouatarra T.A., Grinand C., Garnier B., Lapeyre R., Vergnes V. (2023). État des terres de la région de la Mé entre 2016 et 2022. Nitidæ, 40p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7903157>

### **Accès aux données**

Téléchargement : <https://doi.org/10.5281/zenodo.7903157>

Consultation en ligne : [http://vps-52ff0907.vps.ovh.net:8090/index.php/view/map/?repository=prm&project=Etats\\_des\\_Terres\\_en\\_2022](http://vps-52ff0907.vps.ovh.net:8090/index.php/view/map/?repository=prm&project=Etats_des_Terres_en_2022)



## 1\_Introduction

Le présent rapport restitue les travaux de cartographie de l'occupation du sol pour l'année de référence 2022 au niveau de la région de la Mé ainsi que l'analyse des dynamiques et des changements d'usage des terres entre 2016 et 2022 grâce à l'analyse des cartes d'occupation du sol faites pour 3 dates : 2016-2019-2022. Ces travaux de télédétection ont été réalisés dans le cadre du Projet PRM2 (Préserver la biodiversité de Mabi-Yaya et renforcer le développement socio-économique de la Mé). Ce Projet mis en œuvre par Nitidæ en collaboration avec le Conseil Régional de la Mé (CRM) et l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR).

Cette étude fait suite à un travail de recherche sur l'élaboration de la méthodologie de cartographie, d'analyse et interprétation des changements d'usages des terres récents (2016 et 2019) dans la région de la Mé (**Ouattara et al., 2021 ; Ouattara et al., 2022**). La méthodologie repose sur une chaîne de traitement d'images satellitaires couplées à des données et connaissances du terrain.

**L'objectif de ce rapport est de présenter la méthodologie mise en œuvre pour la cartographie de l'occupation du sol en 2022 ainsi que les résultats obtenus avec un accent particulier sur l'analyse des changements d'usage des terres sur la période 2019 à 2022.**

### Région de la Mé

Située au Sud de la Côte d'Ivoire, la région de la Mé doit son nom à la rivière qui la longe sur sa frontière Sud-Ouest et est née du nouveau découpage administratif de la Côte d'Ivoire. Elle est limitée au Nord-Est par la région de l'Indénie-Djuablin, au Nord-Ouest par la région du Moronou, à l'Ouest par la région de l'Agnéby-Tiassa, au Sud-Ouest par le District d'Abidjan et au Sud-Est par la région du Sud-Comoé. La superficie couverte est d'environ 8 000 km<sup>2</sup> et elle fait partie du District des Lagunes tout comme la région de l'Agnéby-Tiassa et la région des Grands Ponts. Elle comprend quatre (4) départements : Adzopé (Chef-lieu de région), Akoupé, Alépé et Yakassé-Attobrou (Figure 1).

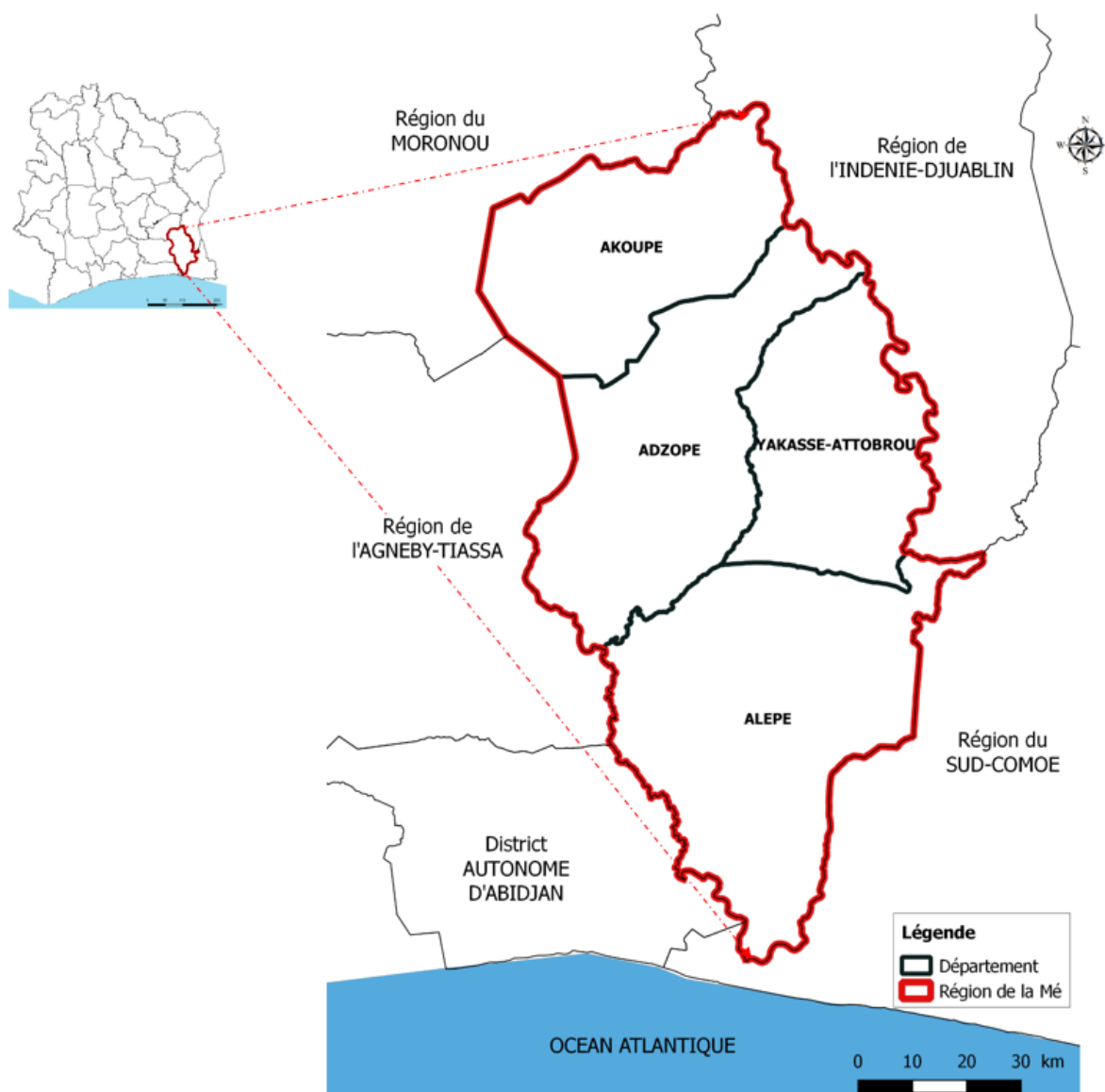
Selon le RGPH (2021), la Région de la Mé compte 726,665 habitants sur 8,237 km<sup>2</sup>, soit 88,22 habitants au km<sup>2</sup>. La Mé est majoritairement peuplée par les Akyé (ou Attié) appartenant au groupe Akan.

La région de la Mé est une zone avec une grande diversité de catégories d'occupation et d'usage des terres (**Brou et al., 2005**). En effet, ses paysages sont marqués par une importante mosaïque liée à son histoire agraire. Les forêts sont menacées de disparition du fait de l'existence d'importants fronts pionniers liés au développement des cultures de rente (**Ouattara et al., 2021**). Enfin, c'est dans cette région qu'a été mis en œuvre le projet REDD+ de la Mé, le tout premier projet pilote REDD+ initié par l'État Ivoirien afin de préserver son patrimoine forestier et environnemental.

Cette région compte au total 10 forêts classées et une aire protégée (Cf. figure 4). Parmi ces 10 forêts classées deux sont à cheval entre la région de la Mé et la région de l'Indénie-Djuablin (FC de Songan) puis entre la région de la Mé et la région du Sud-Comoé (FC Tamin). L'aire protégée est la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya qui est issue d'un surclassement d'une partie des forêts classées de Mabi et de Yaya en 2019 par décret (**Décret N° 2019-897 du 30 Octobre 2019 portant création de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya**).

L'économie de la région est essentiellement basée sur l'agriculture, le commerce, l'industrie, et la pêche ainsi que l'artisanat et le tourisme.





**Figure 1:** Situation administrative de la Région de la Mé

## 2\_ Approche méthodologique

La méthodologie générale (**Figure 2**) retenue dans cette étude est basée sur le traitement par classification supervisée tel que présenté dans (**Ouaterra et al., 2021**). Elle a été adaptée pour la présente étude afin d'intégrer des images satellites Planet. La constellation de satellites Planet existe depuis peu (2017) et permet de fournir des images à 4,7 m de résolution spatiale. Ces images sont rendues gratuites grâce au programme NICFI (Norway's International Climate and Forests Initiative). En ce qui concerne le satellite Sentinel-2, il est en opération depuis septembre 2015 et permet de fournir des images à 10, 20 et 60 m de résolution et disponibles gratuitement sur les archives de l'USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

La méthodologie présentée en détail ci-dessous tient compte des classes d'occupation du sol et à l'Unité Minimale de Cartographie (UMC) du système national de classification des terres.

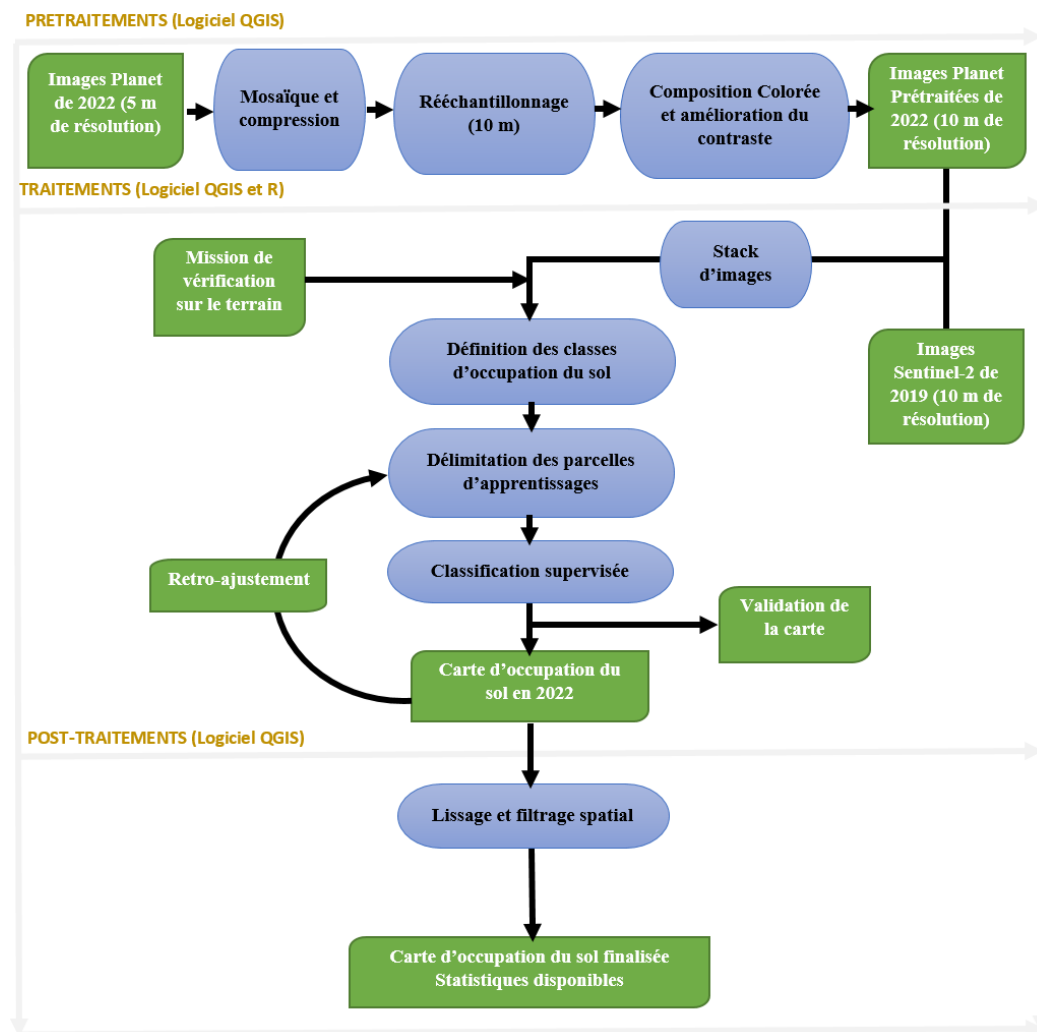


Figure 2: Diagramme des flux de traitements de l'approche méthodologique

### 3\_ Images satellites et prétraitements

Les images satellites utilisées pour cartographier l'occupation du sol en 2022 dans la région de la Mé sont des images multispectrales Planet représentant l'état des terres au cours du mois Janvier 2022. Contrairement aux études précédentes pour les années de références 2016 et 2019 qui se basent sur l'utilisation d'images Sentinel 2, et après une recherche approfondie dans les catalogues d'images satellites, il n'a pas été possible de collecter des images Sentinel 2 exploitables (c.à.d. avec un minimum de couverture nuageuse). Les recherches d'images exploitables ont porté sur le mois de référence utilisé dans les études précédentes (Janvier) avec une fenêtre de recherche de plus ou moins 6 mois.

Afin de réaliser ce travail de cartographie actualisé (pour cette même année 2022) et en gardant la fréquence de suivi homogène de 3 ans, des images Planet en composite mensuel ont été utilisées en substitution des images Sentinel 2.

L'étape de téléchargement et mosaïquage sur toute la région a été réalisée avec le logiciel QGIS et l'extension « Planet ». Pour couvrir la totalité de la Région de la Mé, une mosaïque de 60 fichiers GeoTIFF ou « Basemap Quads » de 20 km par 20 km a été créée. Afin de mieux discriminer les différents objets au sol, des compositions colorées suivies d'amélioration de contrastes ont été nécessaires pour faire ressortir les différents types de surface sur les images multispectrales ou mettre en évidence les modes d'usages des terres.



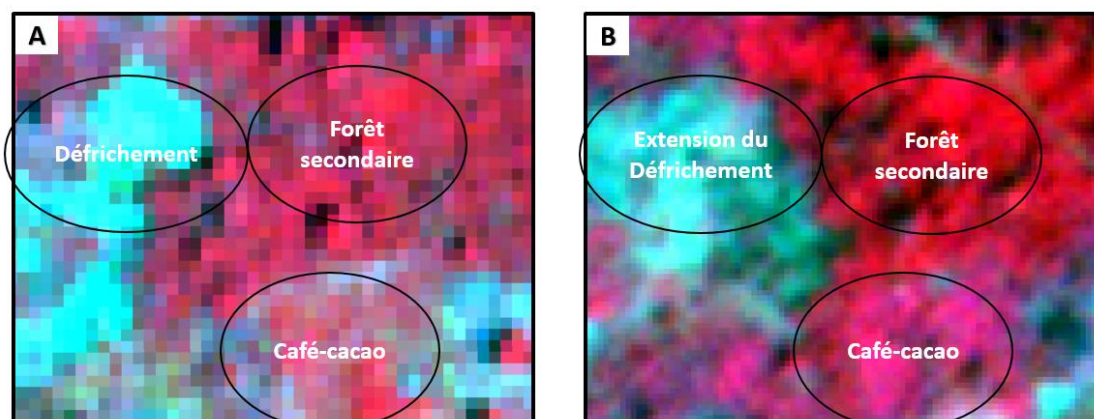
Par ailleurs, des images de Très Haute Résolution Spatiale (THRS) disponibles sur Google Earth ont été utilisées en complément pour les besoins de délimitation des parcelles d'apprentissage.

Enfin, des images Sentinel 2 (12 bandes à 10 mètres de résolution) de l'étude de cartographie de l'occupation du sol de 2019 (**Ouatarra et al., 2021**) ont été utilisées afin d'augmenter la qualité de la détection des pixels n'ayant pas subi de conversion d'usage sur la période. Ces images reflétant l'état des terres en 2019 permettent de réduire les erreurs de détection des changements sur la période 2019-2022. Il existe en effet un biais important lié entre les images Sentinel 2 et Planet, notamment sur le nombre de bandes spectrales utilisées et leur résolution. Cette technique qui a été testée de manière approfondie (choix des bandes, évaluation de la qualité du modèle et des cartographies de changements, etc.) permet de minimiser les faux changements liés au changement de capteur tout en gardant l'information de 2022 issue des images Planet.

**Table 1 :** Caractéristiques des bandes spectrales Planet utilisées et date d'acquisition

| Résolution spatiale | Bandes                 | Longueur d'onde centrale (nm) | Largeur de la bande (nm) | Date d'acquisition                  |
|---------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 5 m                 | b1 (Bleu)              | 485                           | 60                       | Composite Mensuelle de Janvier 2022 |
| 5 m                 | b2 (Vert)              | 545                           | 90                       |                                     |
| 5 m                 | b3 (Rouge)             | 630                           | 80                       |                                     |
| 5 m                 | b4 (Proche-Infrarouge) | 820                           | 80                       |                                     |

La figure 3 présente une illustration sur un même paysage (même niveau de zoom) des images Planet de 2022 et des images Sentinel-2 de 2019.



**Figure 3:** Illustration des images Planet de 2022 et des images Sentinel-2 sur un même niveau de zoom. A/ une image composite Sentinel-2 de 2019 avec un affichage en fausses couleurs (R : Bande 7- G : Bande 4 - B : Bande 1) ; B/ une image composite Planet de 2022 avec un affichage en fausses couleurs (R : Bande 4- G : Bande 3 - B : Bande 2)



## 4\_Traitements

### 4.1. Définition des classes d'occupation du sol

La définition des différentes classes d'occupation du sol retenues est issue de la nomenclature des types d'occupation du sol et utilisation des terres proposées par le Centre de Cartographie et de Télédétection (BNETD/CCT) aujourd'hui CIGN (Centre d'Information Géographique et du Numérique). Cette nomenclature tient compte avant tout des recommandations du GIEC (**GIEC, 2006**) et des diverses occupations du sol connues sur l'ensemble du pays. Tout comme les études précédentes et pour être consistant, seize (16) classes ont été retenues (Tableau II).

**Table II :** *Typologie des classes d'occupation du sol adoptée dans cette étude*

| Nom de la classe OCS               | Code alphabétique | Code numérique |
|------------------------------------|-------------------|----------------|
| Forêt dense                        | FD                | 11             |
| Forêt galerie / marécageuse        | FG                | 13             |
| Forêt dégradée / secondaire        | FDS               | 14             |
| Teckeraie                          | T                 | 161            |
| Cacao-Café                         | CC                | 21             |
| Hévéa                              | HE                | 22             |
| Palmeraie                          | P                 | 231            |
| Bananeraie                         | B                 | 254            |
| Culture / jachère non différenciée | CJD               | 26             |
| Ananeraie                          | A                 | 266            |
| Plan d'eau                         | PE                | 41             |
| Zone marécageuse                   | ZM                | 43             |
| Habitation                         | HA                | 51             |
| Route                              | R                 | 52             |
| Sol nu                             | SN                | 62             |
| Nuage                              | N                 | 700            |

La description complète de cette typologie est présentée en Annexe 1.

La nomenclature nationale des types d'occupation du sol est la plus adaptée et tient compte du contexte national en matière d'occupation du sol. Certaines classes sont par contre moins ou pas représentées dans notre zone d'étude ; c'est la raison pour laquelle nous avons défini 16 classes correspondant aux types d'occupation du sol les plus représentés. Parmi ces types d'occupation du sol les plus importantes sont les forêts denses, les forêts dégradées ou forêts secondaires qui renferment des vieilles jachères à l'opposé des Cultures ou Jachères non différenciées qui renferment les cultures annuelles ainsi que les jeunes jachères (3 à 7 ans). Egalement les cultures pérennes de cacao-café et d'hévéa retiendront notre attention.

### 4.2. Délimitation des données d'apprentissage

Dans une approche de classification supervisée et encore plus avec l'utilisation d'un algorithme « d'apprentissage machine » (machine learning), cette étape est cruciale pour calibrer l'algorithme de classification et garantir une bonne qualité des résultats. Cette délimitation a été réalisée par photo-interprétation sur la base de données d'apprentissage existantes en 2019 et la mosaïque d'images Planet. Elle s'est appuyée également sur d'autres sources d'informations dont les images Très Haute Résolution Spatiale (THRS) disponibles sur Google Earth, et les levées issues de la mission de vérification de terrain.



Cette mission de terrain a été réalisée du 09 au 14 Mai 2022 dans les trois départements de la région étudiée. Cette confrontation visuelle entre la réponse spectrale des images Planet et ces données auxiliaires permet de mieux identifier les classes et localiser les changements entre classes.

La délimitation des parcelles d'apprentissage s'est faite en « grappes », c'est-à-dire par regroupement et délimitation de plusieurs parcelles d'entraînement de manière contiguë afin de capturer les limites d'une utilisation des terres à une autre dans un même paysage. Le paysage est défini à une échelle fine de quelques kilomètres afin de bien discerner visuellement les formations végétales ou utilisation des terres et ces limites.

Enfin, les contours des parcelles ont été affinés et vérifiés en les superposant avec des images satellites à très haute résolution spatiale. Au final, les résultats de la photo-interprétation ont été stockés dans une base de données géolocalisées regroupant 1 614 polygones d'une surface totale de 1 704 ha. La taille moyenne des polygones délimités est de 1,07 ha. Le Tableau III présente les caractéristiques de ces données d'apprentissage.

**Table III : Caractéristiques des données d'apprentissage**

| Nom de la classe OCS                | Polygones (nombre) | Surface moyenne (ha) | Surface totale (ha) |
|-------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Forêt dense                         | 156                | 2,04                 | 317,61              |
| Forêt galerie / marécageuse         | 27                 | 1,11                 | 29,90               |
| Forêt dégradée / secondaire         | 264                | 1,19                 | 313,45              |
| Teckeraie                           | 7                  | 0,5                  | 3,51                |
| Cacao-Café                          | 289                | 0,92                 | 266,68              |
| Hévéa                               | 240                | 0,99                 | 237,39              |
| Palmeraie                           | 90                 | 1,27                 | 114,71              |
| Bananaie                            | 27                 | 1,22                 | 32,98               |
| Culture / jachère non différenciées | 222                | 0,82                 | 181,66              |
| Ananeraie                           | 13                 | 1,85                 | 24,05               |
| Plan d'eau                          | 50                 | 0,78                 | 38,73               |
| Zone marécageuse                    | 34                 | 1,79                 | 60,77               |
| Habitation                          | 71                 | 0,69                 | 48,72               |
| Route                               | 105                | 0,21                 | 22,16               |
| Sol nu                              | 19                 | 0,63                 | 11,93               |
| <b>Total</b>                        | <b>1614</b>        | <b>1,07</b>          | <b>1704,25</b>      |

Ces données d'apprentissages sont de bonne qualité car elles présentent une bonne distribution spatiale sur la zone d'étude et sont en nombre suffisant afin de permettre une meilleure prise en compte de la variabilité spectrale des catégories à l'échelle locale. En outre, il est difficile d'obtenir une distribution équitable des données d'apprentissage au sein des catégories du fait de la taille de ces catégories sur la zone étudiée. Egalement, certains auteurs ont observé qu'à partir d'un certain seuil il devient superflu de rajouter des données d'apprentissage pour améliorer les résultats (Pelletier et al., 2016).

### 4.3. Classification supervisée

Tout comme les études précédentes, l'algorithme « *RandomForest* », développé par Breiman et al., (2001) a été utilisé pour la cartographie de l'occupation du sol.

C'est un modèle d'apprentissage machine qui demande un grand nombre de données d'apprentissage et peut gérer de nombreuses variables (ici bandes spectrales) de nature différente et connu pour ses très bonnes capacités prédictives en télédétection.

Pour calibrer le modèle Random Forest on utilise des données d'apprentissage (polygones) qu'on croise avec des données satellites (variables de réflectances). Le modèle basé sur





une logique d'arbre de décision (règle de conditionnalités) trouve automatiquement les seuils de réflectances permettant de maximiser la différenciation des classes. L'ajout de nouveaux polygones d'apprentissage change et améliore le modèle, là où il peut y avoir des confusions (forte hétérogénéité des pixels) ou changement de conditions atmosphériques ou édaphiques (type sol, effet sur la plante) dans la zone étudiée. Pour corriger la carte et tenir compte des signatures spectrales différentes d'une même classe, on utilise un processus itératif d'ajustement, avec modification des contours et/ou ajout de polygones. A chaque itération on calibre le modèle avec la base de données d'apprentissage, on produit la carte d'occupation du sol (version intermédiaire), visualise les résultats cartographiques à des échelles fines, et complète cette base de données où la carte est erronée (en regardant les zones connues, zone avec effet poivre et sel marqué, effet d'ombre etc.). Cette étape est répétée jusqu'à obtenir une certaine stabilité et précision. Une fois le modèle calibré, l'algorithme peut être utilisé pour produire la carte d'occupation du sol finale sur l'ensemble de la zone d'étude.

#### 4.4. Évaluation de la qualité du modèle

Afin d'évaluer la qualité de la carte, une validation croisée a été réalisée à partir des outils disponibles dans le package "randomForest" (**Liaw et Wiener, 2002**). L'outil permet de calculer un indicateur de précision globale (variance expliquée) et une matrice de confusion à partir d'une sélection aléatoire d'un échantillon test correspondant à 30% du jeu de données initial, laissé de côté pendant la phase de calibration, et utilisé pour la validation à chaque itération du modèle (échantillon « Out-Of-the-Bag », **Bylander, 2002**).

Cette évaluation de la qualité de la carte est utile pour comprendre l'origine des confusions et pour ajuster les efforts de photo-interprétation (cf. étape de traitement). In fine, les indicateurs de précision du modèle (précision globale, coefficient Kappa, précision de l'utilisateur et précision du producteur) ont été calculés à partir de la matrice de confusion obtenue par la validation croisée. Cette méthode de validation permet d'avoir une estimation non biaisée du taux d'erreur lorsque que le modèle est utilisé pour l'extrapolation à toute la zone d'étude (**Chehata et al., 2015**).

#### 4.5. Post-traitements

Comme dans toutes les études de classification dites « pixel », les résultats bruts obtenus produisent une carte qui peut sembler bruitée du fait du changement de modes d'usages des terres d'un pixel à l'autre. Par ailleurs il est nécessaire de faire coïncider la carte finale avec les exigences d'Unité Minimal de Cartographie, qui correspond à la taille du plus petit élément de la carte visible. L'étape de post-classification permet de nettoyer l'image de classification brute (opération de « filtrage ») afin de réduire les erreurs tout en éliminant les pixels isolés et la faire correspondre aux exigences d'UMC (opération de « tamisage »). L'UMC adoptée pour produire la carte d'occupation du sol correspond à l'UMC de la définition des forêts du nouveau code forestier de Côte d'Ivoire qui fixe la superficie minimale des forêts à 0,1 ha. Cet UMC a été appliqué à l'ensemble des classes d'occupation du sol. La méthodologie se résume ainsi, en deux étapes : passage d'un filtre convolutif majoritaire de dimension 3 x 3 pixels pour réduire le bruit (filtrage), et un deuxième passage d'un filtre de tamisage d'une taille de 10 pixels, correspondant exactement à 0,1 hectares et pour l'ensemble des catégories.

### 5\_ Analyse des changements d'occupation du sol

L'analyse des changements d'occupation du sol s'est appuyée sur le calcul de deux indicateurs statistiques à savoir la matrice de transition et le taux de changement entre deux dates. La matrice de transition permet de mettre en évidence les différentes conversions d'occupation du sol entre deux dates et de quantifier ces changements (**Schlaepfer, 2002** ;





**Oloukoi et al., 2006 ; Barima et al., 2016 ; Kpedenou et al., 2016**). Cette matrice ne fournit pas d'informations sur la distribution spatiale des changements.

Une étape de spatialisation des changements a été réalisée pour évaluer la localisation et la pertinence de ces changements. Pour le calcul des taux de changements annuels, la formule standardisée proposée par **Puyravaud (2002)** a été utilisée (équation 3).

$$T = -\frac{1}{t_2-t_1} \ln \frac{S_2}{S_1} * 100$$

Où S1 et S2 désignent les superficies de la classe d'occupation du sol aux dates t1 et t2.



## 6\_Résultats

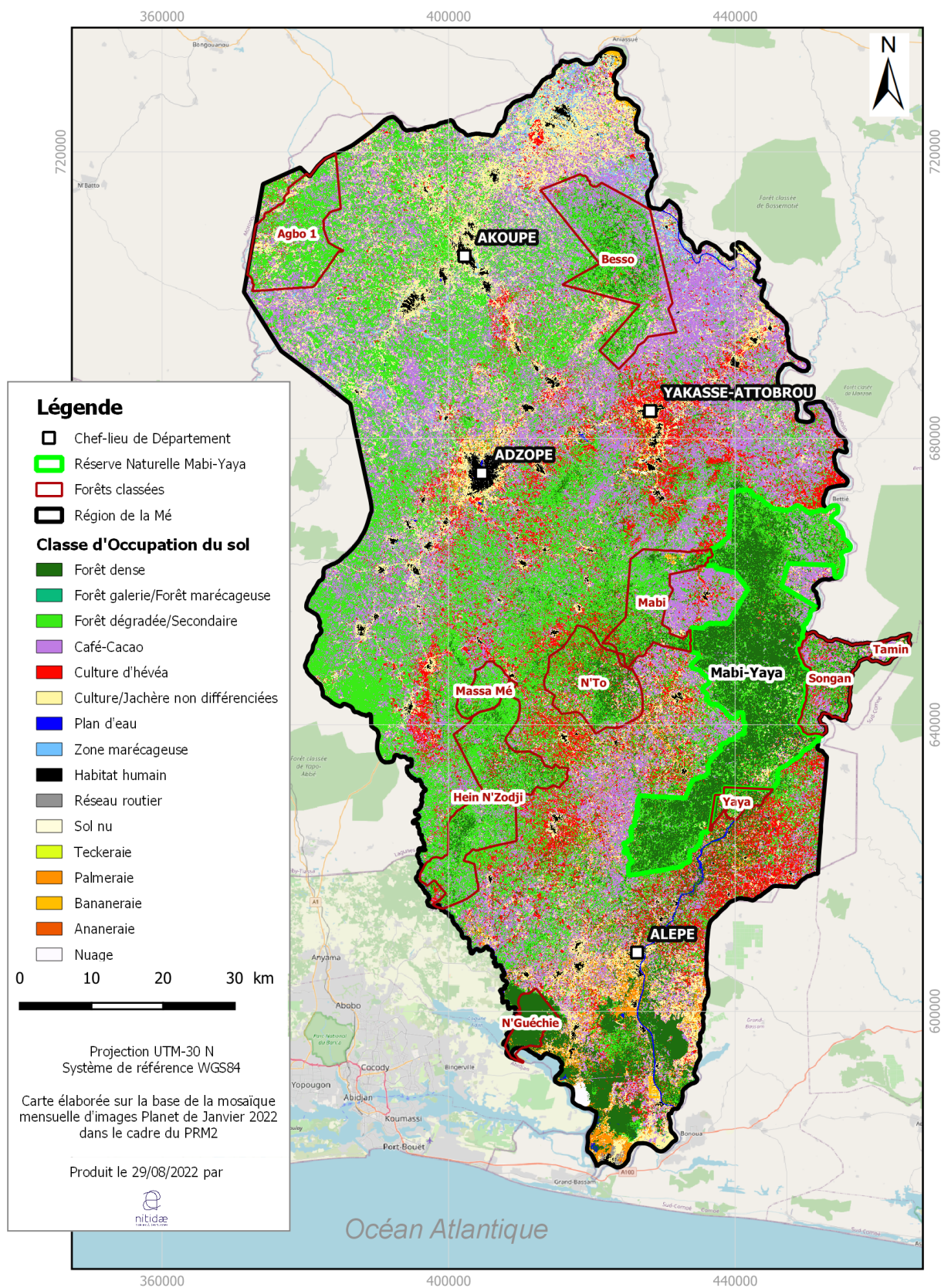
### 6.1. Occupation du sol dans la région de la Mé en 2022

La distribution des classes d'occupation du sol au niveau de la région de la Mé en 2022 est dominée par les **forêts secondaires ou forêts dégradées, qui occupent 31% de la superficie totale de la région soit 248 273 ha en 2022 (Table IV)**. Les cultures pérennes telles que le cacao et le café sont largement représentées avec une superficie de 224 635 ha soit 28%, tandis que la couverture régionale de l'hévéa représente 10%, soit 77 664 ha. Les cultures et jachères non différenciées viennent en troisième position avec une superficie de 107 022 ha, soit 14% de la superficie totale de la région. Enfin, Les forêts denses, situées généralement dans les forêts classées et la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya, représentent 11% de la superficie de la région soit 85 753 ha.

**Table IV :** *Superficie et proportion des classes d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022*

| N°           | Classe Occupation du sol en 2022   | Superficie (ha) | Proportion  |
|--------------|------------------------------------|-----------------|-------------|
| 1            | Forêt dégradée / secondaire        | 248 273         | 31,49%      |
| 2            | Cacao-café                         | 224 635         | 28,49%      |
| 3            | Culture / Jachère non différenciée | 107 022         | 13,57%      |
| 4            | Forêt dense                        | 85 753          | 10,88%      |
| 5            | Hévéa                              | 77 664          | 9,85%       |
| 6            | Palmeraie                          | 15 672          | 1,99%       |
| 7            | Zones Marécageuses                 | 9 030           | 1,15%       |
| 8            | Habitation                         | 8 503           | 1,08%       |
| 9            | Plan d'eau                         | 2 904           | 0,37%       |
| 10           | Routes                             | 2 372           | 0,30%       |
| 11           | Bananeraie                         | 2 214           | 0,28%       |
| 12           | Forêt galerie / marécageuse        | 1 811           | 0,23%       |
| 13           | Sol nu                             | 967             | 0,12%       |
| 14           | Ananeraie                          | 894             | 0,11%       |
| 15           | Nuage                              | 635             | 0,08%       |
| 16           | Teckeraie                          | 84              | 0,01%       |
| <b>TOTAL</b> |                                    | <b>788 433</b>  | <b>100%</b> |

La Figure 4 présente la carte d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022.



**Figure 4:** Carte d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022. Pour consulter la carte en Haute Définition, veuillez utiliser le [visualisateur en ligne](#) ou [télécharger les données](#).



## 6.2. Occupation du sol au niveau départemental en 2022

Au niveau du département d'Adzopé, la distribution des classes d'occupation du sol est marquée par une dominance des forêts secondaires représentant 40% de la superficie du département d'Adzopé soit 82 541 ha. Le binôme cacao-café vient en seconde position avec une superficie de 64 717 ha soit 32% de la superficie du département. Les cultures et jachères non différenciées viennent en troisième position avec une superficie de 25 364 ha soit 12% de la superficie du département. La culture d'hévéa est largement plus représentée que les forêts denses (2%) avec une superficie de 18 130 ha soit 9%.

Le département d'Akoupé est également caractérisé par une prédominance des forêts secondaires avec une superficie de 55 518 ha, ce qui représente 33% de la superficie totale du département. Les cultures pérennes telles que le cacao et le café viennent en seconde position avec une superficie de 52 700 ha soit 31%. Les cultures et jachères non différenciées sont plus largement représentées que l'hévéa avec une superficie de 42 695 ha soit 25% tandis que l'hévéa représente 3% soit 4 744 ha. Les forêts denses ainsi que les forêts galerie sont très faiblement représentées dans ce département de la région de la Mé.

Le département d'Alépé est marqué par une prédominance des forêts secondaires et des forêts denses. En effet, il concentre 73 528 ha de forêts secondaires, ce qui représente 27% de la superficie du département, et 56 841 ha de forêts denses (du fait de la présence de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya) soit 21% de la superficie totale du département. Les cultures de cacao-café restent aussi importantes avec une superficie totale de 56 078 ha soit 21% de la superficie du département. Quant à la culture pérenne d'hévéa elle couvre 36 889 ha soit 14% de la superficie du département. Les cultures et jachères non différenciées représentent 10% de la superficie du département soit 27 388 ha.

Enfin, au niveau du département de Yakassé-Attobrou, la distribution des classes d'occupation du sol est dominée par les cultures de cacao et café qui occupent 50 979 ha soit 35% de la superficie du département. Après le département d'Alépé, Yakassé-Attobrou reste le département qui concentre une grande partie de formations forestières de la région avec une superficie 36 510 ha de forêts secondaires soit 35%, et 22 621 ha de forêts denses (du fait de la présence de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya) soit 16% de la superficie du département. Quant aux cultures d'hévéa, elles couvrent 17 857 ha soit 12% de la superficie du département. Les cultures et jachères non différenciées restent représentées avec une superficie de 11 464 ha soit 8%.



**Table V :** *Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau des département de la région de la Mé en 2022*

| Classe Occupation du sol                  | ADZOPE         |                | AKOUE          |                | ALEPE          |                | YAKASSE ATTOBROU |                |
|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
|                                           | Surface (ha)   | Proportion (%) | Surface (ha)   | Proportion (%) | Surface (ha)   | Proportion (%) | Surface (ha)     | Proportion (%) |
| <b>Forêt denses</b>                       | 4 978          | 2%             | 1 234          | 1%             | 56 841         | 21%            | 22 621           | 16%            |
| <b>Forêt galerie / marécageuse</b>        | 527            | 0%             | 952            | 1%             | 271            | 0%             | 58               | 0%             |
| <b>Forêt secondaire / dégradée</b>        | 82 541         | 40%            | 55 518         | 33%            | 73 528         | 27%            | 36 510           | 25%            |
| <b>Teckeraie</b>                          | 20             | 0%             | 18             | 0%             | 30             | 0%             | 16               | 0%             |
| <b>Cacao-Café</b>                         | 64 717         | 32%            | 52 700         | 31%            | 56 078         | 21%            | 50 979           | 35%            |
| <b>Hévéa</b>                              | 18 130         | 9%             | 4 744          | 3%             | 36 889         | 14%            | 17 857           | 12%            |
| <b>Palmeraie</b>                          | 1 828          | 1%             | 362            | 0%             | 11 717         | 4%             | 1 752            | 1%             |
| <b>Bananeraie</b>                         | 157            | 0%             | 599            | 0%             | 1 142          | 0%             | 307              | 0%             |
| <b>Culture / Jachère non différenciée</b> | 25 364         | 12%            | 42 695         | 25%            | 27 388         | 10%            | 11 464           | 8%             |
| <b>Ananeraie</b>                          | 86             | 0%             | 118            | 0%             | 604            | 0%             | 81               | 0%             |
| <b>Plan d'eau</b>                         | 479            | 0%             | 75             | 0%             | 2 073          | 1%             | 236              | 0%             |
| <b>Zone Marécageuse</b>                   | 2 059          | 1%             | 5 843          | 3%             | 291            | 0%             | 826              | 1%             |
| <b>Habitation</b>                         | 3 395          | 2%             | 2 150          | 1%             | 1 677          | 1%             | 1 275            | 1%             |
| <b>Route</b>                              | 475            | 0%             | 962            | 1%             | 706            | 0%             | 224              | 0%             |
| <b>Sol nu</b>                             | 222            | 0%             | 102            | 0%             | 166            | 0%             | 477              | 0%             |
| <b>Nuage</b>                              | 0              | 0%             | 0              | 0%             | 635            | 0%             | 0                | 0%             |
| <b>TOTAL</b>                              | <b>204 978</b> | <b>100%</b>    | <b>168 071</b> | <b>100%</b>    | <b>270 035</b> | <b>100%</b>    | <b>144 685</b>   | <b>100%</b>    |



### 6.3. Validation

La **précision globale des résultats de la classification est de 80%** avec un indice Kappa de 0,77. Cela signifie que parmi les 170 473 pixels d'observations (pixel du lot test non utilisé dans la calibration), 80% sont bien classés ; en revanche 20 % sont mal classés. En effet, la carte est donc précise à 80%, l'erreur marginale pour son utilisation est de 20%. Le modèle peut donc être exploité car d'après **Landis et Koch (1977)**, lorsque l'indice Kappa d'un modèle de classification est compris entre 0,61 et 0,80 il peut être exploité.

Parmi les 15 classes d'occupations du sol extraites des images satellites, 5 classes (forêt galerie, forêt secondaire, hévéa, palmeraie et culture non différenciée) ont des précisions (précision utilisateur) comprises entre 70 et 80%, 4 classes (forêt dense, cacao-café, zone marécageuse et route) ont des précisions entre 80 et 90% et 6 classes (teckeraie, bananeraie, ananeraie, plan d'eau, habitation et sol nu) entre 90 et 100%.

Parmi les classes avec les plus fortes confusions, on note les formations forestières (forêt dense, forêt dégradées ou secondaires et forêt galerie) et les cultures pérennes de cacao-café et d'hévéa ainsi que les cultures non différenciées. Ces confusions sont liées à l'hétérogénéité des formations observées qui se traduit par une ressemblance au niveau de la réponse spectrale de tels types de végétation. Ce résultat avait déjà été observé dans les études précédentes.





**Table VI : Matrice de confusion pour la validation de la carte d'occupation du sol de la région de la Mé en 2022 en nombre de pixel dans le lot test.**

| Données de la carte   |       |       |      |       |      |       |       |       |      |       |      |      |      |      |      |                   |                      |                   |      |
|-----------------------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------------------|----------------------|-------------------|------|
| Code SST              | FD    | FG    | FDS  | T     | CC   | HE    | P     | B     | CJD  | A     | PE   | ZM   | HA   | R    | SN   | Total             | Précision Producteur | Erreur d'omission |      |
| Données de Référence  | FD    | 26521 | 25   | 3092  | 0    | 322   | 1106  | 640   | 0    | 98    | 0    | 11   | 0    | 0    | 0    | 0                 | 31815                | 0,83              | 0,17 |
|                       | FG    | 218   | 1153 | 590   | 1    | 425   | 220   | 98    | 4    | 221   | 3    | 25   | 9    | 0    | 9    | 1                 | 2977                 | 0,39              | 0,61 |
|                       | FDS   | 3941  | 123  | 21175 | 0    | 2308  | 2141  | 980   | 2    | 595   | 6    | 15   | 15   | 0    | 6    | 1                 | 31308                | 0,68              | 0,32 |
|                       | T     | 0     | 2    | 0     | 261  | 2     | 4     | 2     | 0    | 54    | 2    | 0    | 7    | 2    | 13   | 2                 | 351                  | 0,74              | 0,26 |
|                       | CC    | 97    | 109  | 1432  | 1    | 23476 | 744   | 119   | 5    | 605   | 1    | 0    | 88   | 9    | 22   | 0                 | 26708                | 0,88              | 0,12 |
|                       | HE    | 1084  | 30   | 1821  | 2    | 708   | 19473 | 237   | 2    | 377   | 0    | 0    | 9    | 2    | 8    | 1                 | 23754                | 0,82              | 0,18 |
|                       | P     | 285   | 4    | 620   | 0    | 274   | 297   | 9714  | 8    | 256   | 1    | 0    | 6    | 0    | 8    | 1                 | 11474                | 0,85              | 0,15 |
|                       | B     | 0     | 0    | 3     | 0    | 7     | 2     | 1     | 3249 | 18    | 4    | 0    | 2    | 0    | 5    | 1                 | 3292                 | 0,99              | 0,01 |
|                       | CJD   | 363   | 81   | 646   | 7    | 1017  | 579   | 348   | 29   | 14526 | 48   | 4    | 396  | 18   | 65   | 3                 | 18130                | 0,80              | 0,20 |
|                       | A     | 0     | 0    | 2     | 0    | 8     | 0     | 1     | 15   | 87    | 2282 | 0    | 8    | 0    | 2    | 0                 | 2405                 | 0,95              | 0,05 |
|                       | PE    | 129   | 12   | 32    | 0    | 0     | 13    | 10    | 0    | 25    | 0    | 3650 | 1    | 0    | 3    | 2                 | 3877                 | 0,94              | 0,06 |
|                       | ZM    | 27    | 1    | 15    | 1    | 475   | 27    | 54    | 19   | 832   | 18   | 1    | 4571 | 1    | 34   | 1                 | 6077                 | 0,75              | 0,25 |
|                       | HA    | 0     | 1    | 1     | 1    | 6     | 0     | 0     | 1    | 155   | 3    | 0    | 9    | 4643 | 29   | 29                | 4878                 | 0,95              | 0,05 |
|                       | R     | 1     | 18   | 43    | 5    | 81    | 49    | 12    | 16   | 686   | 3    | 0    | 69   | 49   | 1189 | 5                 | 2226                 | 0,53              | 0,47 |
|                       | SN    | 1     | 1    | 0     | 2    | 3     | 1     | 0     | 2    | 59    | 1    | 0    | 5    | 173  | 15   | 938               | 1201                 | 0,78              | 0,22 |
|                       | Total | 32667 | 1560 | 29472 | 281  | 29112 | 24656 | 12216 | 3352 | 18594 | 2372 | 3706 | 5195 | 4897 | 1408 | 985               | 170473               |                   |      |
| Précision Utilisateur | 0,81  | 0,74  | 0,72 | 0,93  | 0,81 | 0,79  | 0,80  | 0,97  | 0,78 | 0,96  | 0,98 | 0,88 | 0,95 | 0,84 | 0,95 | Précision Globale |                      | 80,26%            |      |
| Erreur de commission  | 0,19  | 0,26  | 0,28 | 0,07  | 0,19 | 0,21  | 0,20  | 0,03  | 0,22 | 0,04  | 0,02 | 0,12 | 0,05 | 0,16 | 0,05 | Kappa             |                      | 0,77              |      |

**FD** : Forêt dense ; **FG** : Forêt galerie / marécageuse ; **FDS** : Forêt dégradée / secondaire ; **T** : Teckeraie ; **CC** : Cacao-Café ; **HE** : Hévéea ; **P** : Palmeraie ; **B** : Bananeraie ; **CJD** : Culture / jachère non différenciées ; **A** : Ananeraie ; **PE** : Plan d'eau ; **ZM** : Zone marécageuse ; **HA** : Habitation ; **R** : Route ; **SN** : Sol nu.



## 6.4. Analyse des changements d'occupation du sol dans la région de la Mé

La matrice de changement relative aux changements qui se sont opérées au cours de la période 2019-2022 est présentée en Annexe 2. Les résultats sur les changements opérés au **cours de la première période d'analyse 2016-2019** sont disponibles dans **Ouattara et al., 2021**.

### 6.4.1. Occupation du sol dans la région de la Mé en 2016, 2019 et 2022

L'analyse de la dynamique d'occupation du sol dans la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022 **montre un recul significatif des formations forestières (forêts denses, forêts galeries et forêts secondaires) au profit des cultures de rente (cacao-café, hévéa et palmier à huile) et des habitations et infrastructures routières**. Les cartes d'occupation du sol dans la région de la Mé en 2016, 2019 et 2022 sont présentées en Annexe 3.

**Table VII : Occupation du sol dans la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022**

| Classe OCS                          | 2016         |       | 2019         |       | 2022         |       | Variation 2016-2019 (ha/an) | Variation 2019-2022 (ha/an) | Variation 2016-2022 (ha/an) |
|-------------------------------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                     | Surface (ha) | %     | Surface (ha) | %     | Surface (ha) | %     |                             |                             |                             |
| Forêt dégradée / secondaire         | 282 425      | 35,9% | 265 423      | 33,7% | 248 273      | 31,5% | -5 667                      | -5 717                      | -5 692                      |
| Culture / Jachère non différenciées | 150 633      | 19,1% | 132 456      | 16,8% | 107 022      | 13,6% | -6 059                      | -8 478                      | -7 268                      |
| Cacao-Café                          | 148 960      | 18,9% | 182 462      | 23,2% | 224 635      | 28,5% | 11 167                      | 14 058                      | 12 612                      |
| Forêt dense                         | 123 211      | 15,6% | 97 199       | 12,3% | 85 753       | 10,9% | -8 670                      | -3 815                      | -6 243                      |
| Hévéa                               | 51 382       | 6,5%  | 76 835       | 9,8%  | 77 664       | 9,9%  | 8 484                       | 276                         | 4 380                       |
| Zone marécageuse                    | 8 939        | 1,1%  | 5 609        | 0,7%  | 9 030        | 1,1%  | -1 110                      | 1 140                       | 15                          |
| Habitation                          | 6 614        | 0,8%  | 7 454        | 0,9%  | 8 503        | 1,1%  | 280                         | 350                         | 315                         |
| Palmeraie                           | 5 789        | 0,7%  | 9 352        | 1,2%  | 15 672       | 2,0%  | 1 188                       | 2 107                       | 1 647                       |
| Nuage                               | 3 175        | 0,4%  | 2 282        | 0,3%  | 635          | 0,1%  | -298                        | -549                        | -423                        |
| Plan d'eau                          | 2 502        | 0,3%  | 4 274        | 0,5%  | 2 904        | 0,4%  | 591                         | -457                        | 67                          |
| Forêt galerie / marécageuse         | 1 672        | 0,2%  | 75           | 0,0%  | 1 811        | 0,2%  | -532                        | 579                         | 23                          |
| Route                               | 1 048        | 0,1%  | 1 930        | 0,2%  | 2 372        | 0,3%  | 294                         | 147                         | 221                         |
| Bananeraie                          | 844          | 0,1%  | 1 171        | 0,1%  | 2 214        | 0,3%  | 109                         | 348                         | 228                         |
| Ananeraie                           | 455          | 0,1%  | 630          | 0,1%  | 894          | 0,1%  | 58                          | 88                          | 73                          |
| Sol nu                              | 77           | 0,0%  | 577          | 0,1%  | 967          | 0,1%  | 167                         | 130                         | 148                         |
| Teckeraie                           | 14           | 0,0%  | 11           | 0,0%  | 84           | 0,0%  | -1                          | 24                          | 12                          |

#### 6.4.1.1. Formations forestières

Entre 2016 et 2019, les formations forestières (forêts denses, forêts galeries et forêts dégradées) sont passées de 407 308 ha à 362 697 ha avec un taux annuel de perte de 3,87% correspondant à la disparition d'environ 14 870 ha de formations forestières par an. **Entre 2019 et 2022, ces formations forestières sont passées de 362 697 ha à 335 837 ha avec un taux annuel de perte à 2,56% correspondant à la disparition d'environ 8 953 ha de formations forestières par an.** Ce taux de conversion des formations forestières sur la période 2016-2019 a donc enregistré une diminution de 34% sur la période 2019-2022, expliquée par la forte baisse des pertes de surfaces de forêts denses entre 2019 et 2022, en particulier depuis la création de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya.



#### 6.4.1.2. Cultures pérennes

Entre 2016 et 2019, les cultures pérennes (Café-cacao, hévéa et palmier à huile) ont connu une expansion annuelle estimée à 8,83%. Elles sont passées de 206 131 ha à 268 649 ha. Entre 2019 et 2022, elles sont passées de 268 649 ha à 317 971 ha avec un taux annuel d'expansion de 5,62%. Malgré une expansion qui continue, on enregistre néanmoins donc un ralentissement des expansions de ces trois cultures de rentes de l'ordre de 36%.

#### 6.4.1.3. Habitations et infrastructures routières

Les habitations et infrastructures routières ont connu une forte expansion (6,76%) en passant de 7 662 ha à 9 384 ha durant la période de 2016 à 2019. Ensuite, elles sont passées de 9 384 ha à 10 875 ha sur la période de 2016 à 2019 avec un taux annuel d'expansion de 4,92%.

#### 6.4.1.4. Cultures et jachères non différenciées

Enfin, les cultures et jachères non différenciées ont régressé avec un taux annuel de perte de 4,29%, passant de 150 633 ha en 2016 à 132 456 ha en 2019, témoignant de l'abandon des cultures annuelles vers des cultures pérennes. Ces cultures ont continué de fortement diminuer en passant de 132 456 ha en 2019 à 107 022 ha en 2022 avec un taux annuel de perte estimé à 7,11%.

### 6.4.2. Evolution des formations forestières denses sur les périodes 2016-2019 et 2019-2022

Sur la période 2016-2019, l'analyse des statistiques des conversions des formations forestières denses (forêts denses et forêts galeries/marécageuses) indique que 36% de ces formations ont subi des changements. **Ces formations forestières denses sont principalement en transition vers des forêts dégradées secondaires (24% des surfaces sont concernées entre 2016 et 2019), qui seront plus tard probablement converties en cultures (voir plus bas). Elles sont également, dans une moindre mesure, en transition directement vers des cultures (environ 10% de surfaces sont concernées entre 2016 et 2019).** Ces cultures sont majoritairement : des cultures/jachères non différenciées (5%), du cacao-café (3%), de l'hévéa (2%) et l'ensemble palmeraie, bananeraie et ananeraie (1%).

**Table VIII :** Conversion des formations forestières denses dans la région de la Mé sur la période 2016-2019

| 2019                                     | 2016                                     |      |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------|
|                                          | Forêt dense et forêt galerie/marécageuse |      |
|                                          | Surface (ha)                             | %    |
| Forêt dense et forêt galerie/marécageuse | 76 030                                   | 64%  |
| Forêt dégradée/secondaire                | 28 995                                   | 24%  |
| Culture/Jachère non différenciée         | 6 154                                    | 5%   |
| Cacao-Café                               | 3 207                                    | 3%   |
| Hévéa                                    | 1 958                                    | 2%   |
| Palmeraie, bananeraie et ananeraie       | 1 700                                    | 1%   |
| Plan d'eau et zone marécageuse           | 1 050                                    | 1%   |
| Habitat, route et sol nu                 | 107                                      | 0%   |
| Total                                    | 119 202                                  | 100% |

Sur la période 2019-2022, l'analyse statistique des conversions des formations forestières denses (forêts denses et forêts galeries/marécageuses) **montre que les formations forestières denses sont principalement en transition vers des forêts dégradées**



secondaires (26% des surfaces sont concernées entre 2019 et 2022) tout comme la période précédente (en attendant d'être probablement converties en cultures, voir plus bas). Dans une moindre mesure, on peut trouver des forêts denses qui sont directement en transition vers des cultures (environ 5% de surfaces sont concernées entre 2019 et 2022). Ces cultures sont majoritairement : l'ensemble palmeraie, bananeraie et ananeraie (2%), de l'hévéa (1%), des cultures/jachères non différenciées (1%) et du cacao-café (1%).

La carte de conversions des formations forestières denses dans la région de la Mé sur la période 2019-2022 est présentée en annexe 4.

**Table IX : Conversion des formations forestières denses dans la région de la Mé sur la période 2019-2022**

| 2022                                     | 2019                                     |      |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------|
|                                          | Forêt dense et forêt galerie/marécageuse |      |
|                                          | Surface (ha)                             | %    |
| Forêt dense et forêt galerie/marécageuse | 66 613                                   | 68%  |
| Forêt dégradée/secondaire                | 25 101                                   | 26%  |
| Palmeraie, bananeraie et ananeraie       | 2 126                                    | 2%   |
| Hévéa                                    | 1 454                                    | 1%   |
| Culture/Jachère non différenciée         | 1 081                                    | 1%   |
| Cacao-Café                               | 761                                      | 1%   |
| Plan d'eau et zone marécageuse           | 241                                      | 0%   |
| Habitat, route et sol nu                 | 20                                       | 0%   |
| Total                                    | 97 398                                   | 100% |

#### 6.4.3. Evolution des forêts dégradées ou secondaires sur les périodes 2016-2019 et 2019-2022

Sur la période 2016-2019, l'analyse des statistiques correspondante indique que 42% des forêts dégradées ou secondaires ont subi des changements, principalement des conversions en cultures pérennes de cacao-café (16%), en cultures ou jachères non différenciée (11%), d'hévéa (7%) et en palmeraie, bananeraie et ananeraie (1%). **Cette seconde analyse montre ainsi que la principale cause de la déforestation dans la région de la Mé entre 2016 et 2019 était bel et bien la culture du cacao-café (16%) qui entraîne dans un premier temps la dégradation des forêts denses ou des forêts galeries, avant de causer la disparition des forêts dégradées ou secondaires.**



**Table X : Conversion des forêts dégradées ou secondaires dans la région de la Mé sur la période 2016-2019**

| 2019                                     | 2016                      |             |
|------------------------------------------|---------------------------|-------------|
|                                          | Forêt dégradée/secondaire |             |
|                                          | Surface (ha)              | %           |
| Forêt dégradées/secondaire               | 140 954                   | 58%         |
| Cacao-Café                               | 39 008                    | 16%         |
| Culture/Jachère non différenciée         | 25 694                    | 11%         |
| Forêt dense et forêt galerie/marécageuse | 16 810                    | 7%          |
| Hévéa                                    | 16 729                    | 7%          |
| Palmeraie, bananeraie et ananeraie       | 1 921                     | 1%          |
| Autres                                   | 565                       | 0%          |
| Habitat, route et sol nu                 | 209                       | 0%          |
| Plan d'eau et zone marécageuse           | 189                       | 0%          |
| <b>Total</b>                             | <b>242 079</b>            | <b>100%</b> |

Sur la période 2019-2022, l'analyse des statistiques correspondante indique de même que 36% des forêts dégradées ou secondaires ont subi des changements. **La principale cause de la déforestation dans la région de la Mé est toujours la culture du cacao-café (14%) qui entraîne dans un premier temps la dégradation des forêts denses ou des forêts galeries avant de causer la disparition des forêts dégradées ou secondaires. La culture d'hévéa devient plus importante que la période précédente et constitue la seconde cause de la déforestation dans la région de la Mé sur la période 2019-2022.**

La carte de conversions des forêts dégradées ou secondaires dans la région de la Mé sur la période 2019-2022 est présentée en annexe 5.

**Table XI : Conversion des forêts dégradées ou secondaires dans la région de la Mé sur la période 2019-2022**

| 2022                                     | 2019                      |             |
|------------------------------------------|---------------------------|-------------|
|                                          | Forêt dégradée/secondaire |             |
|                                          | Surface (ha)              | %           |
| Forêt dégradées/secondaire               | 170 410                   | 64%         |
| Cacao-Café                               | 37 318                    | 14%         |
| Hévéa                                    | 25 948                    | 10%         |
| Forêt dense et forêt galerie/marécageuse | 14 012                    | 5%          |
| Culture/Jachère non différenciée         | 9 936                     | 4%          |
| Palmeraie, bananeraie et ananeraie       | 6 671                     | 3%          |
| Habitat, route et sol nu                 | 310                       | 0%          |
| Plan d'eau et zone marécageuse           | 187                       | 0%          |
| Autres                                   | 10                        | 0%          |
| <b>Total</b>                             | <b>264 801</b>            | <b>100%</b> |

#### 6.4.4. Evolution des principales commodités sur la période 2016-2022

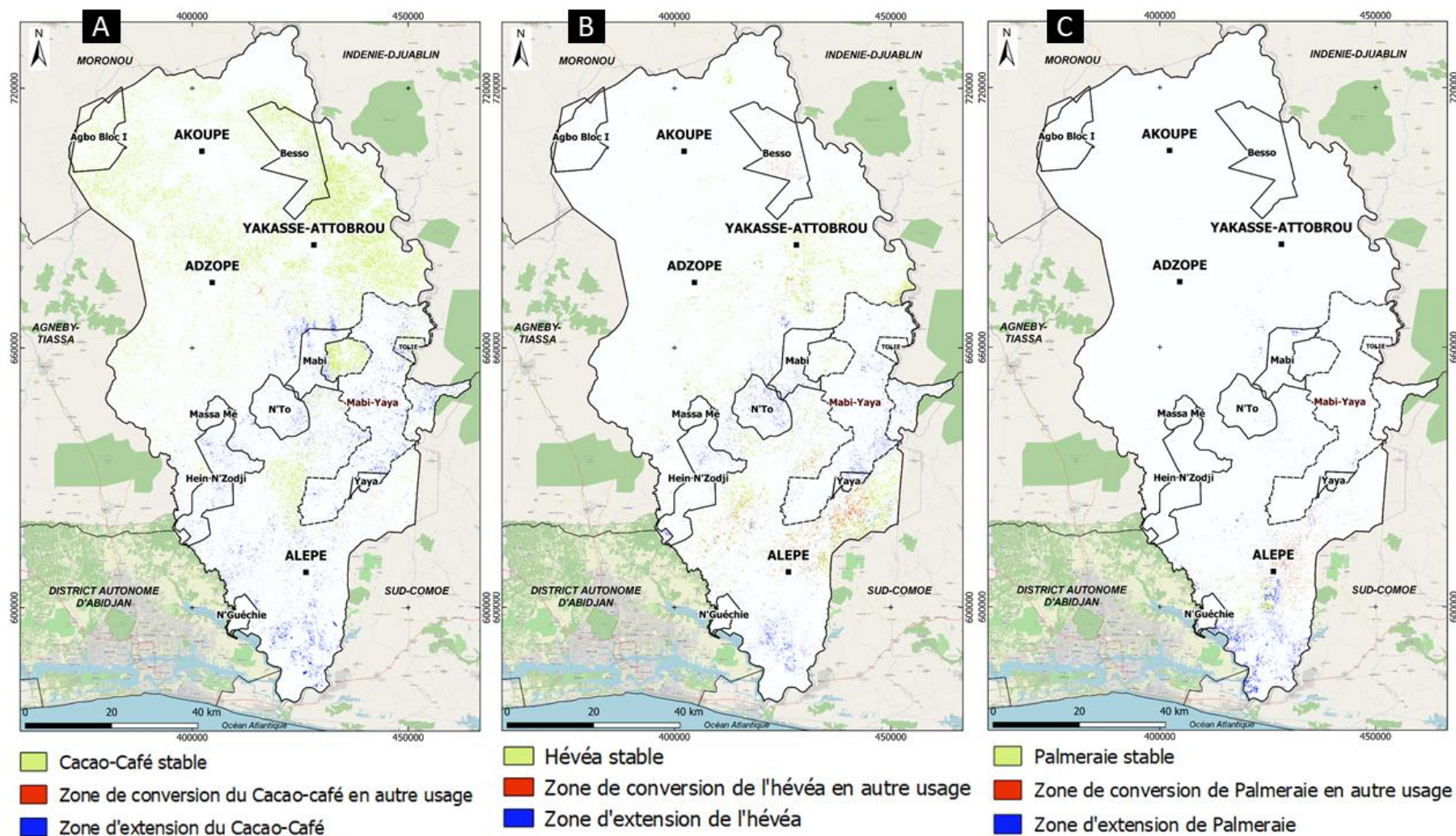
Les cultures de cacao-café sont marquées par une extension de 7 604 ha de surface entre 2016 et 2022, localisée principalement dans les départements d'Alépé et de Yakassé-Attobrou au niveau de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya et des forêts classées de Mabi, de Yaya, du N'to, de Massa Mé de Hein N'Zodji, de Tamin et de Songan (figure 5). La culture



du cacao-café est restée stable la même période (63 022 ha de culture stable) dans les départements d'Adzopé et d'Akoupé au niveau de la zone rurale et également dans les forêts classées d'Agbo bloc 1 et de Besso. Seuls 561 ha sont concernés par la conversion des cultures de cacao-café en un autre usage.

En ce qui concerne l'hévéa, on note une extension de 4 856 ha de surface entre 2016 et 2022. Cette extension se localise principalement dans la partie sud du département d'Alépé et dans la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya ainsi que des forêts classées de Mabi, de Yaya, du N'to, de Massa Mé et de Hein N'Zodji (figure 5). Environ 20 000 ha d'hévéa sont restés stables sur la même période dans les départements de Yakassé-Attobrou et d'Alépé. L'essentiel des conversions de l'hévéa en un autre usage (2 570 ha) s'est produit dans le département d'Alépé. En ce qui concerne le palmier à huile, l'essentiel des conversions entre 2016 et 2022 ont eu lieu dans le département d'Alépé (figure 5) : 3 229 ha d'extension, de surface de palmeraie, 1 574 ha de surface stable de palmeraie et 977 ha de surface convertie en un autre usage.





**Figure 5:** Conversions des principales commodités dans la région de la Mé sur la période 2016-2022 : **A/** cacao-café, **B/** hévéa et **C/** palmeraie. Pour consulter la carte en Haute Définition, veuillez utiliser le [visualisateur en ligne](#) ou [télécharger les données](#).



## 6.5. Analyse des changements d'occupation du sol dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya

### 6.5.1. Occupation du sol dans la Réserve Mabi-Yaya en 2016, 2019 et 2022

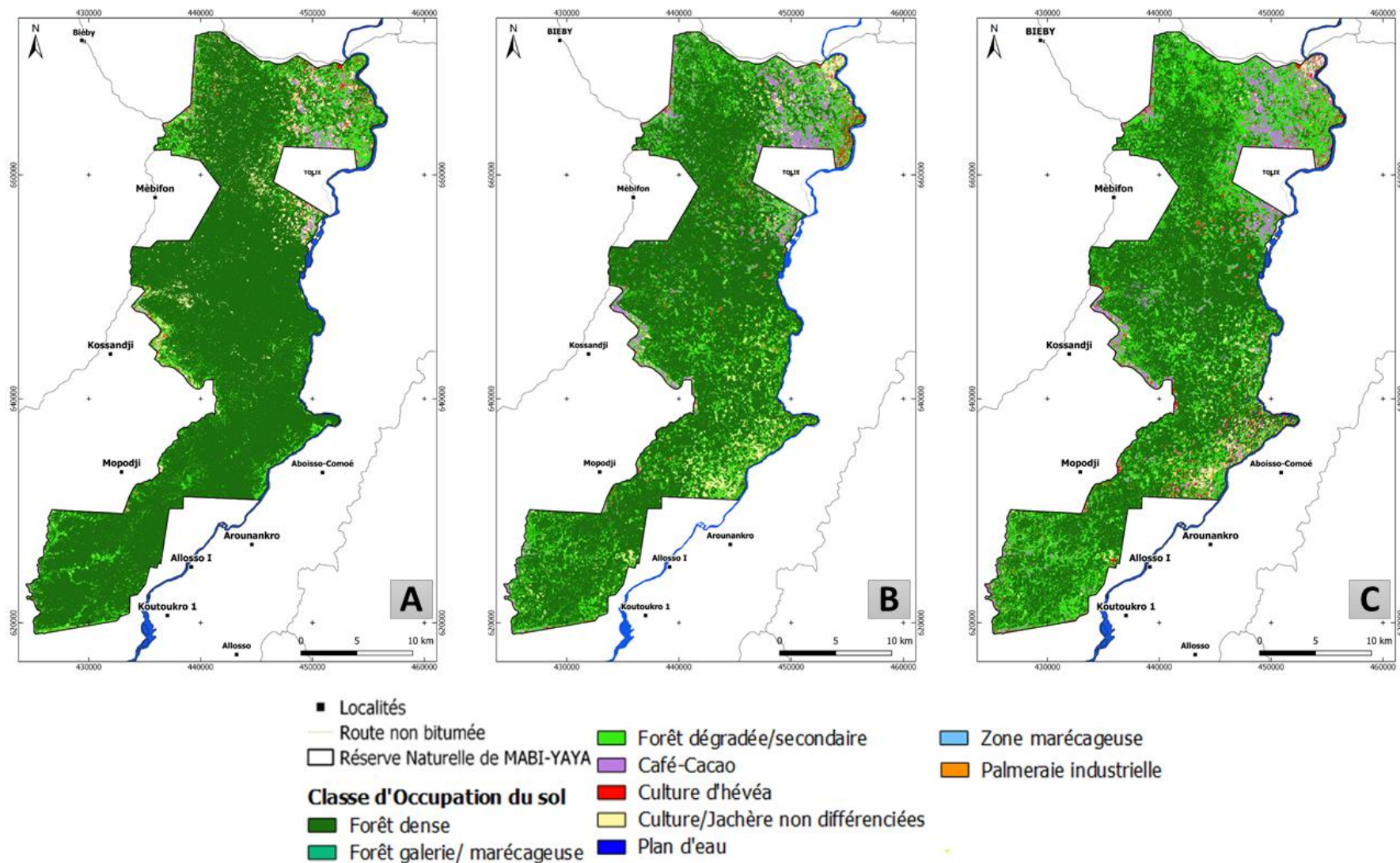
Au niveau de la Réserve naturelle de Mabi-Yaya, les analyses révèlent un taux annuel de déforestation (ensemble des forêts : forêts denses, forêts galeries et forêts dégradées) de 1,55% entre 2016 et 2019, et 0,59% entre 2019 et 2022. La vitesse de déforestation au sein de cette aire protégée a donc été réduite. En effet, les forêts (denses, dégradées/secondaires et forêts galeries) sont passées de 56 987 ha en 2016 à 54 395 ha en 2019 puis à 53 444 ha en 2022. Ce recul des forêts est dû au développement des cultures de rente de cacao-café, hévéa et palmier à huile qui sont passées de 1 733 ha en 2016 à 4 325 ha en 2019 et à 6 143 ha en 2022 soient des taux annuels d'expansion respectifs de 30% entre 2016 et 2019 et de 12% entre 2019 et 2022.

**Table XII :** Occupation du sol dans la Réserve naturelle de Mabi-Yaya sur la période 2016-2019-2022

| Classe OCS                               | 2016         |       | 2019         |       | 2022         |       | Variation<br>2016-<br>2019<br>(ha/an) | Variation<br>2019-<br>2022<br>(ha/an) | Variation<br>2016-<br>2022<br>(ha/an) |
|------------------------------------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                          | Surface (ha) | %     | Surface (ha) | %     | Surface (ha) | %     |                                       |                                       |                                       |
| Forêt dense                              | 50 416       | 82,3% | 41 699       | 68,0% | 35 375       | 57,7% | -2 906                                | -2 108                                | -2 507                                |
| Forêt<br>Dégradée /<br>Secondaire        | 6 533        | 10,7% | 12 691       | 20,7% | 18 043       | 29,4% | 2 053                                 | 1 784                                 | 1 918                                 |
| Culture /<br>Jachère non<br>différenciée | 2 485        | 4,1%  | 2 460        | 4,0%  | 1 467        | 2,4%  | -8                                    | -331                                  | -170                                  |
| Cacao-Café                               | 1 132        | 1,8%  | 3 353        | 5,5%  | 4 581        | 7,5%  | 740                                   | 409                                   | 575                                   |
| Hévéa                                    | 593          | 1,0%  | 932          | 1,5%  | 1 444        | 2,4%  | 113                                   | 171                                   | 142                                   |
| Plan d'eau                               | 72           | 0,1%  | 87           | 0,1%  | 150          | 0,2%  | 5                                     | 21                                    | 13                                    |
| Forêt Galerie                            | 38           | 0,1%  | 5            | 0,0%  | 26           | 0,0%  | -11                                   | 7                                     | -2                                    |
| Palmeraie                                | 8            | 0,0%  | 40           | 0,1%  | 121          | 0,2%  | 11                                    | 27                                    | 19                                    |
| Zone<br>Marécageuse                      | 2            | 0,0%  | 6            | 0,0%  | 5            | 0,0%  | 1                                     | 0                                     | 0                                     |
| Sol nu                                   | -            | 0,0%  | -            | 0,0%  | 15           | 0,0%  | 0                                     | 5                                     | 2                                     |
| Ananeraie                                | -            | 0,0%  | -            | 0,0%  | 1            | 0,0%  | 0                                     | 0                                     | 0                                     |
| Habitation                               | -            | 0,0%  | 1            | 0,0%  | 1            | 0,0%  | 0                                     | 0                                     | 0                                     |
| Route                                    | -            | 0,0%  | 2            | 0,0%  | 17           | 0,0%  | 1                                     | 5                                     | 3                                     |
| Bananeraie                               | -            | 0,0%  | 3            | 0,0%  | 32           | 0,1%  | 1                                     | 10                                    | 5                                     |
| Teckeraie                                | -            | 0,0%  | -            | 0,0%  | -            | 0,0%  | 0                                     | 0                                     | 0                                     |
| Nuage                                    | -            | 0,0%  | -            | 0,0%  | -            | 0,0%  | 0                                     | 0                                     | 0                                     |

La Figure 6 présente les cartes d'occupation du sol de la Réserve naturelle Mabi-Yaya en 2016, 2019 et en 2022.





**Figure 6:** Carte d'occupation du sol de la Réserve Naturelle Mabi-Yaya en : **A/** 2016, **B/** 2019 et **C/** 2022. Pour consulter la carte en Haute Définition, veuillez utiliser le [visualisateur en ligne](#) ou [télécharger les données](#).

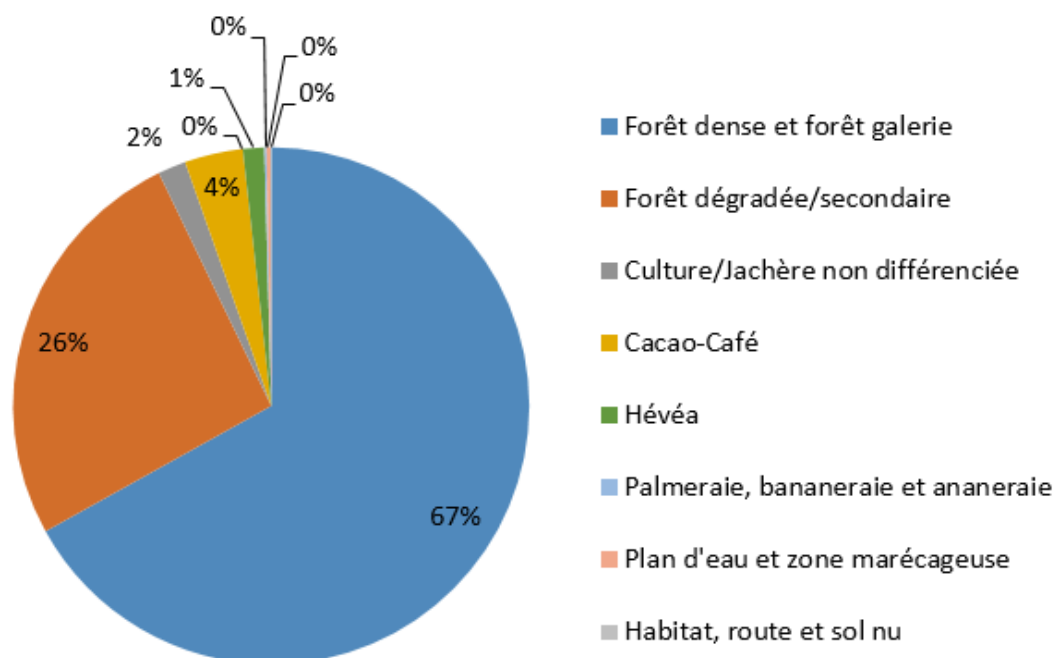


### 6.5.2. Evolution des formations forestières denses sur la période 2016-2022

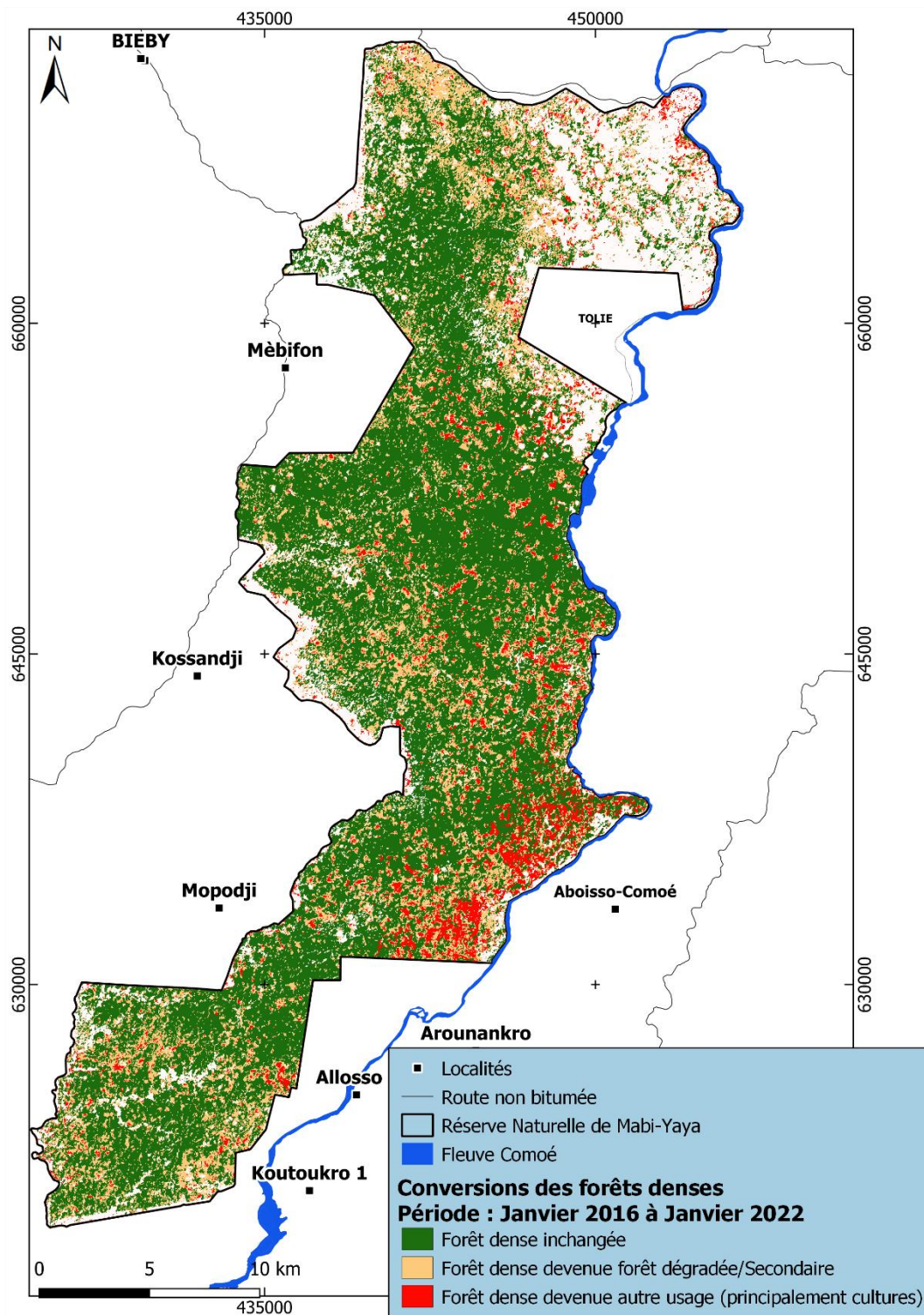
L'analyse statistique des conversions des formations forestières denses (forêts denses et forêts galeries ou marécageuses) entre 2016 et 2022 dans la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya indique une dégradation importante de la forêt dans la Réserve : 33% des formations forestières denses ont subi des changements qui se traduisent principalement par des conversions en forêts dégradées/secondaires (26%). Viennent ensuite les cultures pérennes de cacao-café (4%), les cultures et jachères non différenciée (2%) et les culture d'hévéa (1%).

**Même si les formations forestières denses transitionnent majoritairement en forêts dégradées, on peut dire que la principale cause de la déforestation dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya entre 2016 et 2022 est la culture de cacao-café car ces forêts dégradées deviennent très probablement des cacaoyères avec le temps.**

Les figures 7 et 8 présentent les principales conversions des formations forestières denses (forêts denses et forêts galeries ou marécageuses) dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya au cours de la période 2016-2022.



**Figure 7:** Conversion des formations forestières denses dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya sur la période Janvier 2016 à Janvier 2022



**Figure 8:** Evolution des formations forestières denses dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya sur la période Janvier 2016 à Janvier 2022. Pour consulter la carte en Haute Définition, veuillez utiliser le [visualisateur en ligne](#) ou [télécharger les données](#).



## 6.6. Occupation du sol dans les forêts classées de la Mé en 2016, 2019 et 2022

La région de la Mé compte au total 10 forêts classées (Cf. figure 4). Parmi ces 10 forêts classées deux sont à cheval entre respectivement la région de la Mé et la région de l'Indénié-Djuablin (FC de Songan) puis entre la région de la Mé et la région du Sud-Comoé (FC Tamin). Les analyses révèlent un taux annuel de déforestation (ensemble des forêts : forêts denses, forêts galeries et forêts dégradées) de 0,95% entre 2019 et 2022. Entre 2016 et 2019, on assiste à une augmentation de la superficie des forêts dégradées dans ces forêts classées et une diminution des superficies des forêts denses due au développement des cultures de rente de cacao-café, hévéa et palmier à huile qui sont passées de 19 431 ha en 2016 à 26 031 ha en 2019 et à 30 938 ha en 2022 soient des taux annuels d'expansion respectifs de 9,75% entre 2016 et 2019 et de 5,76% entre 2019 et 2022.

**Table XIII : Occupation du sol dans les forêts classées de la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022**

| Classe OCS                         | 2016         |       | 2019         |       | 2022         |       | Variation 2016-2019 (ha/an) | Variation 2019-2022 (ha/an) | Variation 2016-2022 (ha/an) |
|------------------------------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                    | Surface (ha) | %     | Surface (ha) | %     | Surface (ha) | %     |                             |                             |                             |
| Forêt dégradée / secondaire        | 40 214       | 39,0% | 47 572       | 46,1% | 48 278       | 46,8% | 2 453                       | 235                         | 1 344                       |
| Culture / Jachère non différenciée | 14 504       | 14,1% | 9 145        | 8,9%  | 6 136        | 5,9%  | -1 786                      | -1 003                      | -1 395                      |
| Cacao-Café                         | 16 554       | 16,0% | 21 277       | 20,6% | 23 187       | 22,5% | 1 574                       | 637                         | 1 105                       |
| Forêt dense                        | 26 677       | 25,8% | 19 876       | 19,3% | 17 151       | 16,6% | -2 267                      | -908                        | -1 588                      |
| Hévéa                              | 2 830        | 2,7%  | 4 669        | 4,5%  | 7 258        | 7,0%  | 613                         | 863                         | 738                         |
| Zone Marécageuse                   | 405          | 0,4%  | 317          | 0,3%  | 355          | 0,3%  | -29                         | 13                          | -8                          |
| Habitation                         | 9            | 0,0%  | 8            | 0,0%  | 4            | 0,0%  | 0                           | -1                          | -1                          |
| Palmeraie                          | 47           | 0,0%  | 85           | 0,1%  | 493          | 0,5%  | 13                          | 136                         | 74                          |
| Nuage                              | 1 676        | 1,6%  | 30           | 0,0%  | -            | 0,0%  | -549                        | -10                         | -279                        |
| Plan d'eau                         | 84           | 0,1%  | 170          | 0,2%  | 107          | 0,1%  | 29                          | -21                         | 4                           |
| Forêt galerie / marécageuse        | 163          | 0,2%  | 8            | 0,0%  | 139          | 0,1%  | -52                         | 44                          | -4                          |
| Route                              | 8            | 0,0%  | 35           | 0,0%  | 34           | 0,0%  | 9                           | -1                          | 4                           |
| Bananaie                           | 17           | 0,0%  | 22           | 0,0%  | 71           | 0,1%  | 2                           | 16                          | 9                           |
| Ananeraie                          | 29           | 0,0%  | 4            | 0,0%  | 6            | 0,0%  | -8                          | 1                           | -4                          |
| Sol nu                             | 1            | 0,0%  | 0            | 0,0%  | 1            | 0,0%  | 0                           | 0                           | 0                           |
| Teckeraie                          | -            | 0,0%  | 0            | 0,0%  | 1            | 0,0%  | 0                           | 0                           | 0                           |

## 6.7. Occupation du sol dans le domaine rural de la Mé en 2016, 2019 et 2022

Le domaine rural de la région de la Mé est caractérisé par un taux annuel de déforestation (ensemble des forêts : forêts denses, forêts galeries et forêts dégradées) de 4,72% entre 2016 et 2019, et 2,92% entre 2019 et 2022. La vitesse de déforestation a donc été réduite. Les forêts sont passées de 339 534 ha en 2016 à 294 744 ha en 2019 puis à 270 011 ha en 2022. Ce recul des forêts est dû au développement des cultures de rente de cacao-café, hévéa et palmier à huile qui sont passées de 186 999 ha en 2016 à 242 857 ha en 2019 et à 286 817 ha en 2022, soit des taux annuels d'expansion respectifs de 8,71% entre 2016 et 2019 et de 5,55% entre 2019 et 2022.





**Table XIV : Occupation du sol dans le domaine rural de la région de la Mé sur la période 2016-2019-2022**

| Classe OCS                                | 2016            |       | 2019            |       | 2022            |       | Variation<br>2016-2019<br>(ha/an) | Variation<br>2019-2022<br>(ha/an) | Variation<br>2016-2022<br>(ha/an) |
|-------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                           | Surface<br>(ha) | %     | Surface<br>(ha) | %     | Surface<br>(ha) | %     |                                   |                                   |                                   |
| <b>Forêt dense</b>                        | 96 595          | 14,1% | 77 447          | 11,3% | 68 523          | 10,0% | -6 383                            | -2 975                            | -4 679                            |
| <b>Forêt dégradée / secondaire</b>        | 241 413         | 35,3% | 217 229         | 31,7% | 199 819         | 29,2% | -8 061                            | -5 803                            | -6 932                            |
| <b>Culture / Jachère non différenciée</b> | 136 501         | 19,9% | 123 494         | 18,0% | 100 776         | 14,7% | -4 336                            | -7 573                            | -5 954                            |
| <b>Cacao-Café</b>                         | 132 365         | 19,3% | 161 111         | 23,5% | 201 288         | 29,4% | 9 582                             | 13 392                            | 11 487                            |
| <b>Hévéa</b>                              | 48 852          | 7,1%  | 72 406          | 10,6% | 70 363          | 10,3% | 7 851                             | -681                              | 3 585                             |
| <b>Plan d'eau</b>                         | 2 411           | 0,4%  | 4 097           | 0,6%  | 2 757           | 0,4%  | 562                               | -447                              | 58                                |
| <b>Forêt galerie</b>                      | 1 526           | 0,2%  | 69              | 0,0%  | 1 669           | 0,2%  | -486                              | 534                               | 24                                |
| <b>Palmeraie</b>                          | 5 782           | 0,8%  | 9 340           | 1,4%  | 15 166          | 2,2%  | 1 186                             | 1 942                             | 1 564                             |
| <b>Zone Marécageuse</b>                   | 8 587           | 1,3%  | 5 348           | 0,8%  | 8 664           | 1,3%  | -1 080                            | 1 106                             | 13                                |
| <b>Sol nu</b>                             | 77              | 0,0%  | 575             | 0,1%  | 965             | 0,1%  | 166                               | 130                               | 148                               |
| <b>Ananeraie</b>                          | 431             | 0,1%  | 639             | 0,1%  | 883             | 0,1%  | 69                                | 81                                | 75                                |
| <b>Habitation</b>                         | 6 618           | 1,0%  | 7 460           | 1,1%  | 8 494           | 1,2%  | 281                               | 345                               | 313                               |
| <b>Route</b>                              | 1 040           | 0,2%  | 1 901           | 0,3%  | 2 333           | 0,3%  | 287                               | 144                               | 216                               |
| <b>Bananeraie</b>                         | 828             | 0,1%  | 1 156           | 0,2%  | 2 133           | 0,3%  | 109                               | 326                               | 217                               |
| <b>Teckeraie</b>                          | 15              | 0,0%  | 11              | 0,0%  | 83              | 0,0%  | -1                                | 24                                | 11                                |
| <b>Nuage</b>                              | 1 495           | 0,2%  | 2 252           | 0,3%  | 635             | 0,1%  | 253                               | -539                              | -143                              |



## 7 Conclusion

Cette étude a permis de produire des statistiques récentes et fiables sur les types d'occupation et d'usage des terres dans la région de la Mé conformément à la nomenclature nationale.

L'analyse des changements sur la période 2019 à 2022 et 2016 à 2022 a permis de quantifier le rythme de conversions des forêts denses et des forêts dégradées ou secondaires en mettant en évidence les processus de dégradation progressive des forêts denses avant que ne soient détectables les cultures pérennes de cacao-café, d'hévéa ou de palmier à huile. Ces travaux ont aussi permis d'identifier et de quantifier les principaux facteurs de déforestation dans la région de la Mé et dans la Réserve Naturelle Mabi-Yaya, confirmant les études précédentes.

Il s'agit d'une étude pionnière en Côte d'Ivoire en ce qui concerne l'analyse diachronique de l'occupation et de l'usage des terres à partir d'images Planet (composite sans nuage) couplées aux images Sentinel-2 et d'algorithme d'apprentissage machine Random Forests. Ces images sont disponibles depuis peu et constituent une véritable avancée pour l'Observation de la Terre comparée aux images utilisées traditionnellement pour ce type d'exercice (Landsat 5/7/8). Dans cette étude l'usage de composite Planet a permis d'atténuer les principales difficultés rencontrées concernant la persistance du couvert nuageux qui réduit considérablement les fenêtres d'acquisition d'images satellites optiques.

La méthodologie développée dans cette étude, par son potentiel de déploiement à grande échelle et à moindre coût, sera valorisée à travers les activités de la « Cellule Verte » du Conseil Régional de la Mé et pourrait grandement intéresser les structures en charge du développement d'un système de Surveillance Spatiale des Terres (SST) et appuyer les politiques de développement durables.



## 8\_ Références bibliographiques

Barima Y. S. S., Kouakou A. T. M., Bamba I., Sangne Y. C., Godron M., Andrieu J., Bogaert J., 2016. Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified Forest of Haut Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology & Conservation*, 8: 85-98.

Breiman, L., 2001. Random Forest, *Machine Learning*, 45(1): pp 5-32.

Brou Y. T., Oszwald J., Bigot S., Servat E. (2005). Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en Côte d'Ivoire : quel avenir pour ces derniers massifs forestiers ? *Télédétection*, 5 (1-2-3): 263-275.

Bylander, T., 2002. Estimating generalization error on two-class datasets using out-of-bag estimates. *Machine Learning*, 48 : pp 287-297

Chehata N., Ghariani K., Le Bris A., Lagacherie P., 2015. Délimitation des parcelles agricoles par classification d'images Pléiades. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 209: 165-171.

GIEC, 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Japan: IGES.

Institut National de la Statistique (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2014). Abidjan, 26 p.

Kpedenou K. D., Boukpepsi T., Tchamie T. T. K., 2016. Quantification des changements de l'occupation du sol dans la Préfecture de Yoto (Sud-est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Revue des Sciences de l'Environnement, Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (Université de Lomé)*, 137-156.

Landis R. J., Koch G. G. (1977). An Application of Hierarchical Kappa-type Statistics in the Assesment of Majority Agreement among Multiple Observers. *Biometrics*, 33 (2): 363-374.

Liaw, A., and Wiener, M., 2002. Classification and regression by Random Forests. *R news*, 2: pp 18-22.

Ouattara T. A., Jofack Sokeng V.-C., Zo-Bi I. C., Kouamé K. F., Grinand C., Vaudry R., 2022. Detection of forest tree losses in Côte d'Ivoire using Drones aerial images. *Drones*, 6(4):83.

Ouattara T. A., Kouamé K. F., Zo-Bi I. C., Vaudry R., Grinand C., 2021. Changements d'occupation et d'usage des terres entre 2016 et 2019 dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire : impact des cultures de rente sur la forêt. *Bois et Forêts des Tropiques*, 347: 89-104.

Oloukoi, J., Mama, V. J., Agbo, F. B., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des Collines au Bénin. *Contemporary Publishing International, Télédétection*, 2006, vol. 6, N° 4, pp. 305-323.

Pelletier C., Valero S., Inglada J., Champion N., Dedieu G. (2016). Assessing the robustness of Random Forests to map land cover with high-resolution satellite image time series over large areas. *Remote Sensing of Environment*, 187: 156-168.

Puyravaud J. P., 2002. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177 (1-3): 593–596.

Schlaepfer R., 2002. Analyse de la dynamique du paysage. Fiche d'enseignement 4.2. Lausanne. Laboratoire de gestion des écosystèmes, École polytechnique fédérale de Lausanne, 11 p.



## 9 Annexes

### Annexe 1 : Typologie des classes d'occupation du sol adoptée dans cette étude

| Code SST | Description SST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Classe/Type SST                   |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 11       | Formations naturelles de type primaire, peuplement fermé avec des arbres et arbustes atteignant diverses hauteurs entre 5 et 50m ; les cimes des arbres sont relativement jointives ; l'ensemble du couvert demeure dense (recouvrement supérieur à 70%).                                                                                                                                                                             | Forêt dense                       |
| 13       | Formation forestière (couverture supérieure à 30%) établie sur des sols hydromorphes (vallée, estuaire, bas-fonds, marécages) proches des cours d'eau (fleuve, retenue d'eau, rivière), où la présence d'eau est quasi permanente.                                                                                                                                                                                                    | Forêt Marécageuse/ Forêt galerie  |
| 14       | Formation forestière sous influence de la dégradation et recrûs forestiers en régénération, mais dont la couverture est néanmoins supérieure à 30% ; structure constituée de stades successifs de développement de végétation instable ; La différence est marquée par la structure/composition des espèces par rapport aux forêts primaires voisines. Formation comportant de la vieille jachère dont l'âge est supérieure à 20 ans. | Forêt secondaire / Dégradée       |
| 161      | Parcelles plantées de bois ou régénération du milieu; hauteur des arbres sup. à 5m et couverture sup. à 30%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Plantation monospécifique de Teck |
| 21       | Zones de cultures de cacao et/ou de café. Souvent cultivés en sous-bois, à l'abri d'arbres plus hauts. Ce qui rend difficile leur identification dans le cas d'un paysage complexe et hétérogène                                                                                                                                                                                                                                      | Cacao-Café                        |
| 22       | Plantations d'arbres de type hévéa de 30m de haut; à feuilles caducifoliées se renouvelant à l'extrémité des unités de croissance; on distinguera les vieilles plantations des jeunes                                                                                                                                                                                                                                                 | Hévéa                             |
| 231      | Parcelle agricole de palmiers à huile, disposés en triangle équilatéral de 9m de côté; densité 143 pieds à l'hectare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Palmeraie industrielle            |
| 254      | Parcelle agricole de bananier, pouvant atteindre 7-15m de haut, à feuilles longues; plantés en rangées, en zone ensoleillée, sur tout type de sol                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bananeraie industrielle           |



|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>26</b>  | Zones d'autres terres de cultures non différenciées et des vergers divers, y compris les cultures de bas-fonds et les jeunes jachères entre 3 à 7 ans (généralement formés de recrûs herbeux post-cultureaux). Ces cultures sont annuelles à cycle court et à cycle long (riz, igname, maïs, manioc, ananeraie, canne à sucre, coton etc.). NB: Ces zones de cultures sont des parcellaires identifiables sur les images satellitaires par leur forme géométrique parfois régulière | Aménagement Agricole / Autres culture / Verger (Culture / Jachère non différenciée) |
| <b>266</b> | Parcelle agricole plantée d'ananas sur des petites buttes densité 60 000 pieds/ha, herbacée xérophyte, de 1-1,5m de haut; avec de longues feuilles de 0,5-1,8m; sol bien drainé, riche et acide                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ananeraie industrielle                                                              |
| <b>41</b>  | Ensembles des zones de dépression contenant de l'eau sous forme de retenue et d'écoulement d'eau interconnecté de largeur importante (fleuve)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Plan d'eau                                                                          |
| <b>43</b>  | Terres humides et bourbeux constituées de marais et de marécages, où le sol est recouvert, en permanence ou par intermittence, d'une couche d'eau stagnante, peu profonde, et couverte de végétations. Des formations hydrophiles (hélophytes et hydrophytes), de Cypéracées s'y développent isolés ou sous forme de tapis herbeux                                                                                                                                                  | Zone Marécageuse                                                                    |
| <b>51</b>  | Zones résultant d'activités humaines (habitations, activités industrielles, exploitations minières, carrières, orpaillages, défrichements, etc.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Habitats humains/Activités économiques et industrielles                             |
| <b>52</b>  | Voies de transport et réseau routier                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Route                                                                               |
| <b>62</b>  | Terrain dépourvu de couvert végétal naturel (herbacé, arbustif, arboré), ne constituant pas une aire de culture                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sol nu                                                                              |
| <b>700</b> | Nuages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nuages                                                                              |





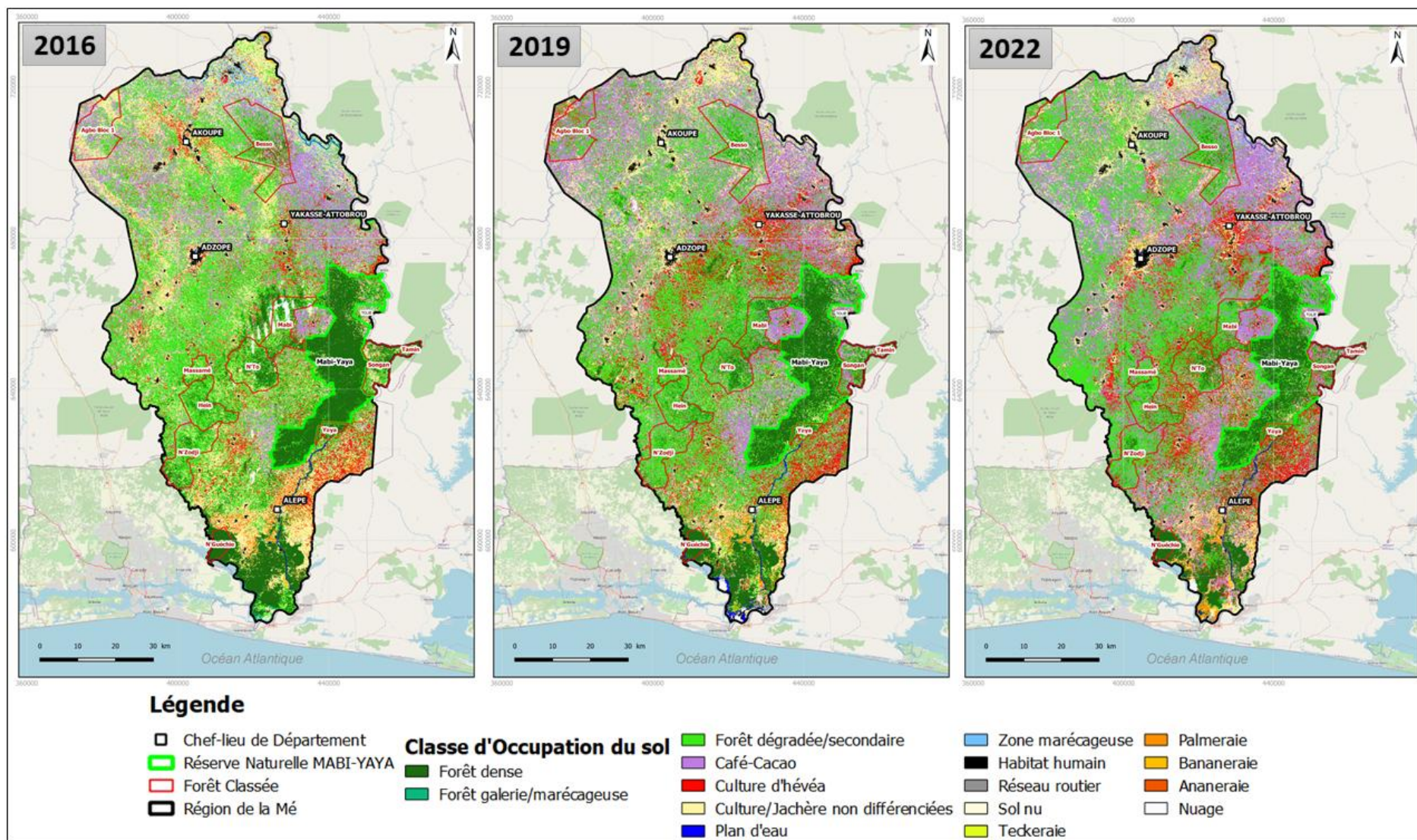
## Annexe 2 : Matrice de changement d'occupation du sol dans la région de la Mé entre 2019 et 2022

| Classe de référence<br>(Année 2019) | Nouvelle classe (Année 2022) |           |               |               |              |              |             |             |             |            |            |          |             |            |           |            |               |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|----------|-------------|------------|-----------|------------|---------------|
|                                     | FD                           | FG        | FDS           | CC            | HE           | CJD          | PE          | ZM          | HA          | R          | SN         | T        | P           | B          | A         | N          | Total         |
| <b>FD</b>                           | <b>66477</b>                 | 75        | 25096         | 759           | 1453         | 1081         | 227         | 9           | 1           | 9          | 10         | 0        | 2029        | 94         | 1         | <b>0</b>   | 97323         |
| <b>FG</b>                           | 29                           | <b>32</b> | 6             | 2             | 1            | 1            | 4           | 0           | 0           | 0          | 0          | 0        | 2           | 0          | 0         | 0          | 76            |
| <b>FDS</b>                          | 13381                        | 630       | <b>170410</b> | 37318         | 25948        | 9936         | 90          | <b>97</b>   | <b>12</b>   | 109        | 189        | 10       | 6209        | 448        | 15        | 0          | 264801        |
| <b>CC</b>                           | 863                          | 719       | 26799         | <b>123202</b> | 9392         | 17954        | 3           | 1085        | 14          | <b>161</b> | 99         | 6        | 1877        | 197        | 16        | 0          | 182388        |
| <b>HE</b>                           | 3059                         | 137       | 14948         | 17613         | <b>36595</b> | 3368         | 7           | 53          | 21          | 65         | <b>91</b>  | 17       | 812         | 248        | 42        | 0          | 77075         |
| <b>CJD</b>                          | 280                          | 120       | 7357          | 41066         | 3365         | <b>68098</b> | 51          | 6214        | 2280        | 1284       | 281        | 28       | 1140        | 417        | 660       | 0          | 132639        |
| <b>PE</b>                           | 662                          | 53        | 116           | 44            | 54           | 250          | <b>2466</b> | 5           | 5           | 103        | 15         | 0        | 478         | 16         | 1         | 0          | 4267          |
| <b>ZM</b>                           | 14                           | 5         | 128           | 1948          | 53           | 1916         | 2           | <b>1431</b> | 15          | 69         | 13         | 2        | 47          | 14         | 9         | 0          | 5665          |
| <b>HA</b>                           | 0                            | 1         | 4             | 50            | 6            | 1203         | 5           | 45          | <b>5837</b> | 204        | 65         | 4        | 21          | 8          | 16        | 0          | 7468          |
| <b>R</b>                            | 48                           | 6         | 71            | 400           | 61           | 950          | 1           | 24          | 49          | <b>199</b> | 24         | 1        | 86          | 15         | 2         | 0          | 1936          |
| <b>SN</b>                           | 1                            | 2         | 2             | 19            | 1            | 245          | 2           | 2           | 115         | 22         | <b>145</b> | 2        | 4           | 3          | 12        | 0          | 575           |
| <b>T</b>                            | 0                            | 0         | 0             | 1             | 0            | 4            | 0           | 0           | 0           | 1          | 0          | <b>5</b> | 0           | 0          | 0         | 0          | 11            |
| <b>P</b>                            | 829                          | 22        | 2982          | 1192          | 565          | 849          | 1           | 17          | 8           | 16         | 6          | 1        | <b>2858</b> | 68         | 9         | 0          | 9425          |
| <b>B</b>                            | 14                           | 3         | 110           | 170           | 80           | 104          | 3           | 1           | 0           | 17         | 11         | 4        | 14          | <b>640</b> | 6         | 0          | 1178          |
| <b>A</b>                            | 5                            | 1         | 12            | 121           | 9            | 319          | 0           | 21          | 23          | 16         | 5          | 0        | 3           | 11         | <b>95</b> | 0          | 643           |
| <b>N</b>                            | <b>9</b>                     | 2         | 52            | 567           | 39           | 630          | 0           | 14          | 117         | 94         | 12         | 3        | 82          | 24         | 5         | <b>635</b> | 2282          |
| <b>Total</b>                        | 85671                        | 1808      | 248091        | 224471        | 77620        | 106908       | 2863        | 9019        | 8498        | 2367       | 966        | 84       | 15659       | 2204       | 889       | 635        | <b>787753</b> |

**FD** : Forêt dense ; **FG** : Forêt galerie / marécageuse ; **FDS** : Forêt dégradée / secondaire ; **T** : Teckeraie ; **CC** : Cacao-Café ; **HE** : Hévée ; **P** : Palmeraie ; **B** : Bananeraie ; **CJD** : Culture / jachère non différenciées ; **A** : Ananeraie ; **PE** : Plan d'eau ; **ZM** : Zone marécageuse ; **HA** : Habitation ; **R** : Route ; **SN** : Sol nu ; **N** : Nuage.



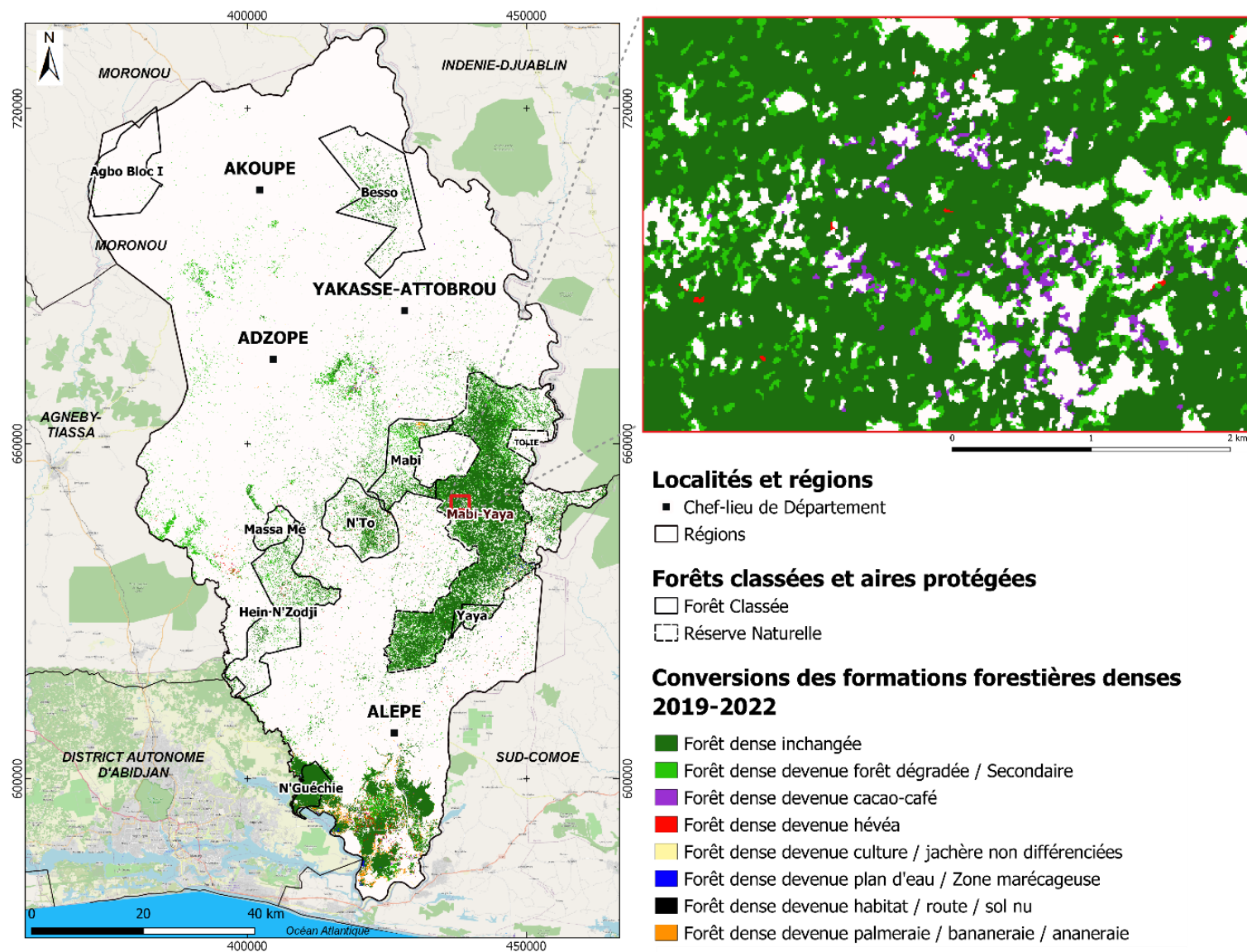
### Annexe 3 : Cartes d'occupation du sol de la région de la Mé en 2016, 2019 et 2022







#### Annexe 4 : Conversions des formations forestières denses dans la région de la Mé sur la période 2019-2022





## Annexe 5 : Conversions des forêts dégradées / secondaires dans la région de la Mé sur la période 2019-2022

