

Cartographie de l'occupation du sol de la Région de la Mé

Tiodionwa Abdoulaye OUATTARA
Chargé de Mission SIG-Téledétection

Mai 2017

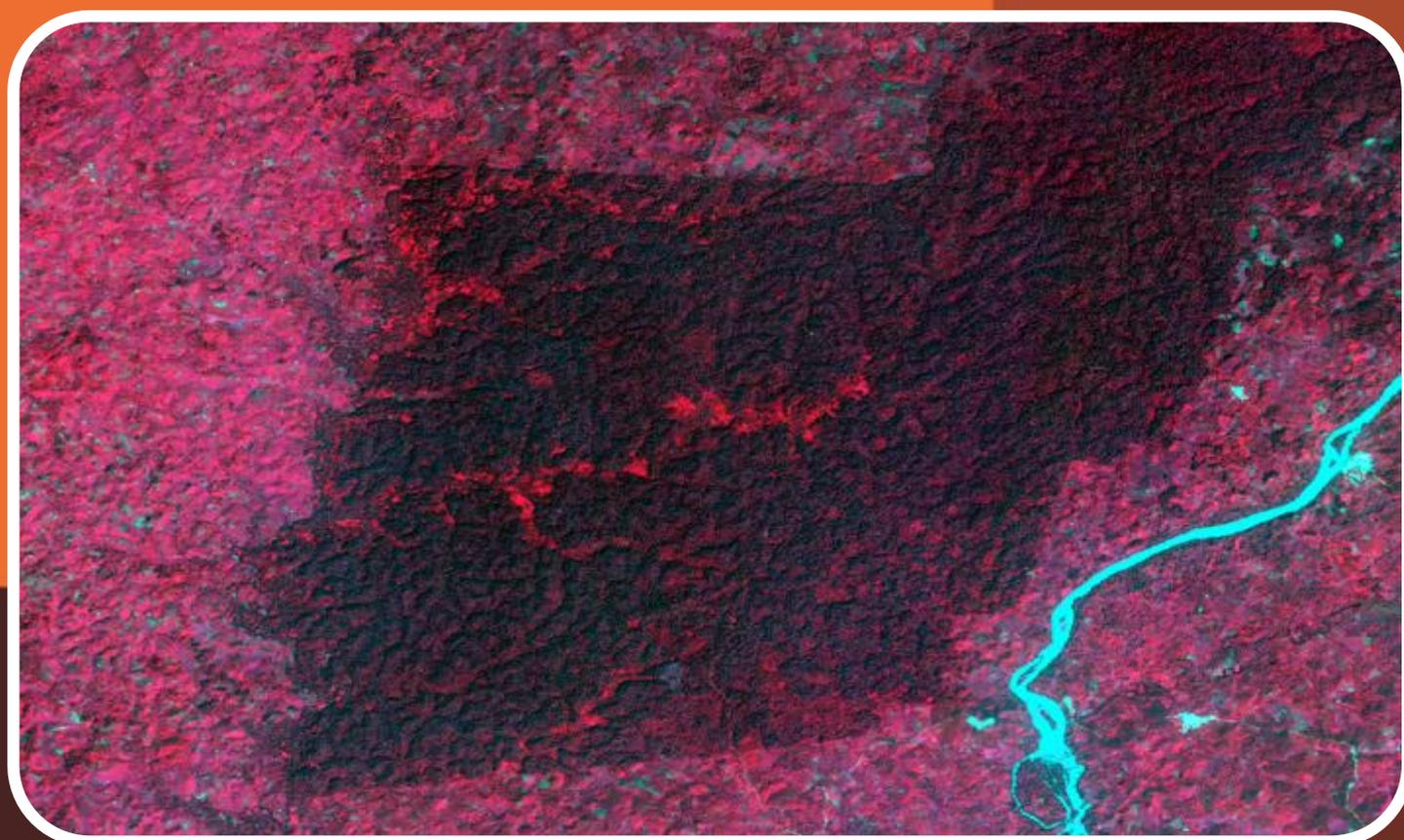


Table des matières

Table des matières	1
Abréviations.....	2
1. Introduction.....	3
2. Approche méthodologique.....	4
2.1 Images satellites	5
2.2 Prétraitements.....	5
2.3 Traitements	7
2.3.1 Définition des classes d'occupation du sol	7
2.3.2 Délimitation des parcelles d'apprentissage	7
2.3.3 Classification supervisée	8
2.3.4 Validation interne.....	8
2.3.5 Retro-ajustement des parcelles d'apprentissage.....	9
2.4 Post-traitements.....	9
2.5 Validation externe	9
3. Résultats.....	11
3.2 Occupation du sol au niveau des départements	13
3.2.1 Département d'Adzopé.....	13
3.2.2 Département d'Akoupé.....	13
3.2.3 Département d'Alépé.....	14
3.2.4 Département de Yakassé-Attobrou	15
3.3 Validation externe	17
4. Conclusion.....	18
Références Bibliographiques.....	19

Abréviations

BNETD	Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
CCT	Centre de Cartographie et de Télédétection
CIGN	Centre d'Information Géographique et du Numérique
C2D	Contrat de Désendettement et de Développement
CRM	Conseil Régional de la Mé
GIEC	Groupement Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
OOB	Out-Of-Bag
PRM	Projet REDD+ de la Mé
REDD+	Réduction des Emissions résultant de la Déforestation et de la Dégradation des forêts (REDD) et conservation/accroissement des stocks de carbone forestier (+)
SEP-REDD+	Secrétariat Exécutif Permanent de la REDD+ (MINSEDD)
SST	Surveillance Spatiale des Terres
SRADT	Schéma Régional de d'Aménagement et de Développement du Territoire
UMC	Unité Minimale de Cartographie
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transvers Mercator
THRS	Très Haute Résolution Spatiale

1. Introduction

Le présent rapport restitue les travaux de Cartographie de l'occupation du sol au niveau de la région de la Mé dans le cadre du Projet REDD+ de la Mé (PRM). Projet mis en œuvre par ETC TERRA - RONGEAD en étroite collaboration avec le SEP REDD+ et financé dans le cadre des deux premiers Contrats de Désendettement et de Développement (C2D).

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 par l'Indénié-Djuablin, au Nord-ouest par le Moronou, au Sud-ouest par l'Agnéby-Tiassa et le District d'Abidjan et au Sud-est par la région du Sud-Comoé. La superficie couverte est d'environ 8 000 km² et elle fait partie du District des Lagunes tout comme la région de l'Agnéby-Tiassa et la région des Grands Ponts. La région de la Mé comprend quatre (4) départements : Adzopé (Chef-lieu de département), Akoupé, Alépé et Yakassé-Attobrou (Figure 1).

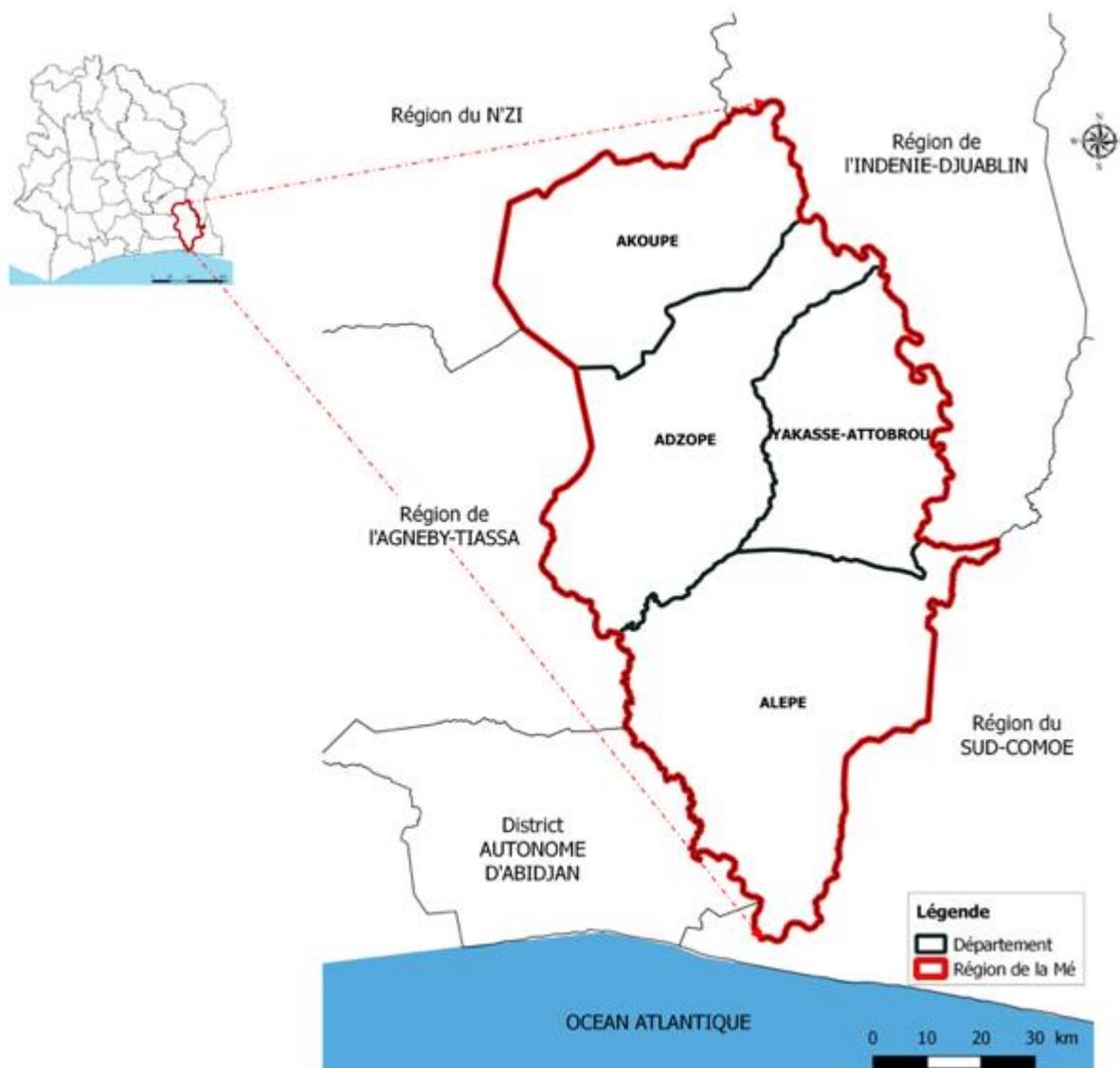


Figure 1 : Situation administrative de la Région de la Mé

2. Approche méthodologique

La méthodologie générale (Figure 2) retenue dans cette étude est basée sur le traitement par classification supervisée des images Sentinel-2A. Ce satellite en opération depuis septembre 2015 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 adoptée et présentée en détail ci-dessous tient compte des directives méthodologiques du REDD+ relativement aux classes d'occupation du sol et à l'Unité Minimale de Cartographie (UMC).

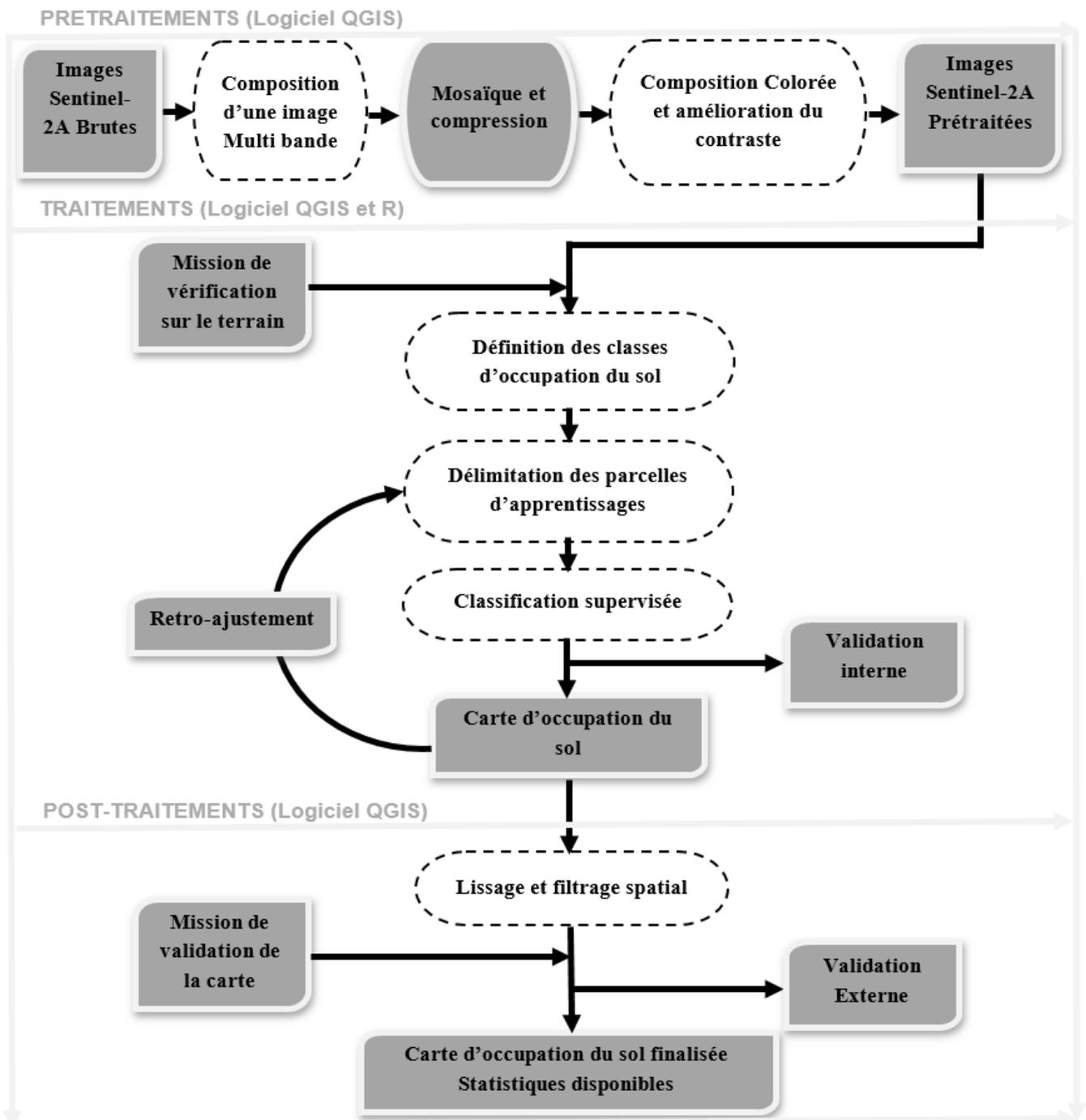


Figure 2 : Organigramme synthétique de l'approche méthodologique

2.1 Images satellites

Les images satellites utilisées pour cartographier l'occupation du sol en 2016 dans la juridiction de la Mé sont les images multispectrales Sentinel-2A qui présentent un fort intérêt pour les institutions du sud ne disposant pas toujours des moyens suffisants à l'acquisition d'images payantes. En outre, ces images de haute résolution spatiale (cf. Tableau 1) et d'une répétitivité de 5 jours offrent une possibilité de multiples suivis annuels de l'affectation et utilisation des terres. Les scènes Sentinel-2A disponibles en téléchargement ont une taille de 100 km de côté et représentent environ 1 Go par scène pour l'ensemble des bandes.

Tableau 1 : Caractéristiques des bandes spectrales Sentinel-2A et date d'acquisition des bandes utilisées

Résolution spatiale	Bandes	Longueur d'onde centrale (nm)	Largeur de la bande (nm)	Date d'acquisition
10 m	2	490	65	06/01/2016
	3	560	35	
	4	665	30	
	8	842	115	
20 m	5	705	15	06/01/2016
	6	740	15	
	7	783	20	
	8a	865	20	
	11	1610	90	
	12	2190	180	
60 m	1	443	20	
	9	945	20	
	10	1380	30	

Pour la classification, seules les bandes à 10 et 20 m ont été utilisées. L'année 2016 a été choisie comme année de référence conformément à la date de démarrage du projet (Novembre 2016).

2.2 Prétraitements

Outre la considération des différentes caractéristiques des bandes spectrales, le choix des images se base aussi sur les critères :

- Taux de couverture nuageuse
- Caractéristiques géométriques de l'image

Pour couvrir la totalité de la Région de la Mé, une mosaïque de cinq (5) scènes a été réalisée (cf. Figure 3). Le résultat de la mosaïque a fait l'objet d'une compression afin d'alléger la suite du processus de traitement. 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 certains phénomènes environnementaux.

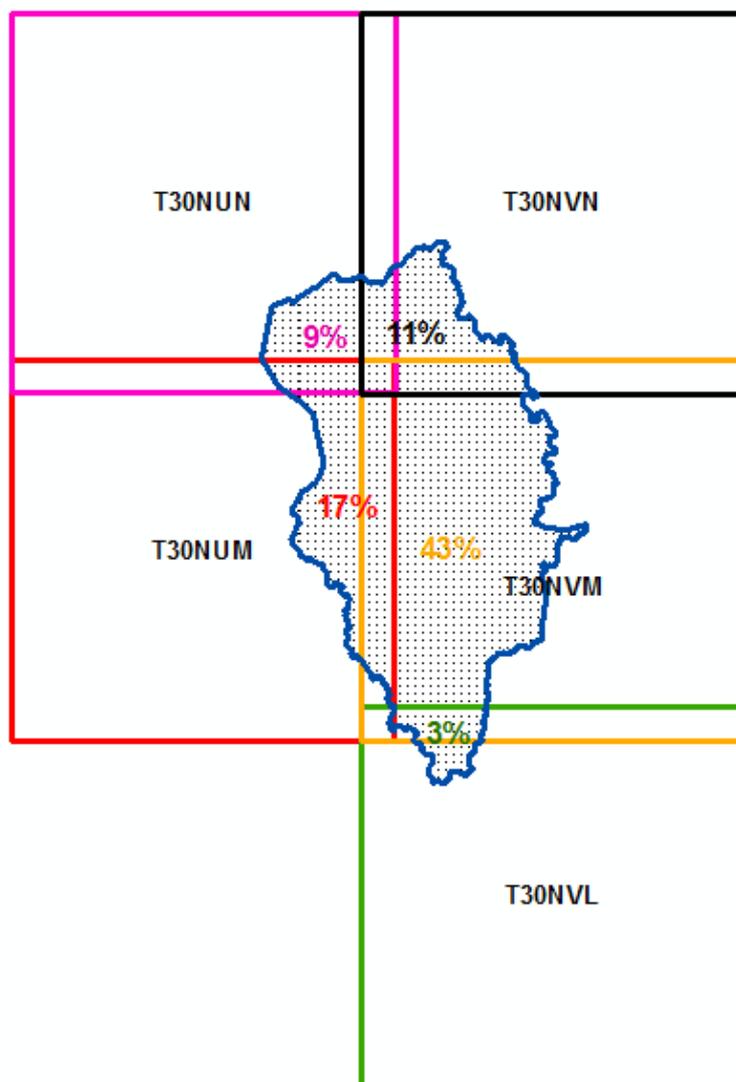


Figure 3 : Scènes utilisées et pourcentage de la zone d'étude pour chacune des scènes concernées

2.3 Traitements

2.3.1 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 proposée 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.

Au total seize (16) classes ont été retenues (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Typologie des classes d'occupation du sol

Nom court de la classe	Code numérique SST
Forêt dense	11
Forêt galerie / marécageuse	13
Forêt secondaire / Dégradée	14
Teckeraie	161
Cacao-Café	21
Hévéa	22
Palmeraie industrielle	231
Bananeraie industrielle	254
Culture / jachère non différenciées	26
Ananeraie industrielle	266
Plan d'eau	41
Zone marécageuse	43
Habitation	51
Route	52
Sol nu	62
Nuage	700

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

2.3.2 Délimitation des parcelles d'apprentissage

Dans une approche de classification supervisée, cette étape est nécessaire pour calibrer l'algorithme de classification. La qualité du résultat de la classification dépend en grande partie de la bonne délimitation des parcelles d'apprentissage. Cette délimitation a été réalisée par photo-interprétation sur la mosaïque d'images Sentinel-2A et en s'appuyant sur d'autres sources d'informations dont les images Très Haute Résolution Spatiale (THRS) disponibles sur Google Earth et les levés issus de la

mission de vérification de terrain. Cette confrontation visuelle entre la réponse spectrale des images Sentinel-2A 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 dans un même paysage. 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 1 265 polygones d'une surface totale de 1 454 ha. La taille moyenne des polygones délimités est de 1,15 ha.

2.3.3 Classification supervisée

L'algorithme « *RandomForest* », développé par Breiman *et al.*, (2001) a été sélectionné pour ses bonnes capacités prédictives de l'occupation du sol (Gislason *et al.*, 2006). C'est un algorithme de classification supervisé non paramétrique qui combine l'algorithme d'arbres de décision et une technique d'agrégation (*bagging*) (Grinand *et al.*, 2013). Il a été importé dans le logiciel libre R par Liaw and Wiener (2002) dans le package *RandomForest*. L'algorithme *RandomForest* doit d'abord être calibré afin de permettre de prédire les différentes catégories d'occupation du sol à classer. La calibration du modèle se fait à partir de la base de données regroupant les parcelles d'apprentissage préalablement délimitées. L'algorithme *RandomForest* permet, pendant la calibration, d'analyser la qualité de la prédiction par un indicateur de précision globale (variance expliquée) et une matrice de confusion calculée à partir d'individus (pixels) tirés au hasard et laissés de côté (échantillon « *Out-Of-the-Bag* »). On parle ici de *validation interne* (voir paragraphe plus bas). L'algorithme *RandomForest* permet également d'avoir des informations sur l'importance des variables utilisées : quelles sont les variables vraiment nécessaires pour expliquer la classification ? De quelles variables peut-on se passer ? Cela permet ainsi de mieux comprendre le modèle de calibration, à la fois pour l'alléger ou le rendre plus robuste, et également dans certains cas de comprendre l'influence des facteurs (exemple : importance de la topographie ou non).

Une fois le modèle calibré, l'algorithme peut être utilisé pour produire la carte d'occupation du sol avec les données satellitaires (mosaïque Sentinel-2A) sur l'ensemble de la zone d'étude. A ce niveau la carte peut être optimisée en termes de stockage des données (format entier numérique court) et compression. Le produit final est un fichier GEOTIF de quelques dizaines de Mo.

2.3.4 Validation interne

La calibration du modèle se fait en prenant les 2/3 (70%) du jeu de données d'apprentissage, le 1/3 (30%) restant étant utilisé pour la validation (matrice de confusion et indicateurs de qualité). On parle de validation interne car l'ensemble des parcelles d'apprentissage n'est pas utilisé et la carte n'est pas encore produite. Sur la base de ces parcelles de validation (30%), l'algorithme calcule un indicateur de performance du modèle, une estimation de son erreur de généralisation sur les 30%

de données non utilisées pour la construction du modèle de classification : l'erreur « *Out-Of-Bag* » (OOB) (Bylander *et al.*, 2002). Plus cet indicateur tend vers zéro, plus le modèle est bon. Outre cet indicateur, une matrice de confusion est produite pour évaluer la qualité « intrinsèque » du modèle. Elle permet de calculer les pourcentages d'erreur d'omission et de commission entre les diverses classes ainsi que l'indice Kappa (Cohen *et al.*, 1960 et Caloz *et al.*, 2001). Cette évaluation de la qualité de la carte est utile pour comprendre l'origine des confusions et ajuster les efforts de photo-interprétation. L'amélioration de la carte d'occupation du sol est un processus itératif : il est procédé à divers allers retours (étape de retro-ajustement) entre la photo-interprétation, la calibration et la production de cartes d'occupation du sol intermédiaires. Enfin, la matrice de confusion interne est souvent très proche de la matrice de confusion externe obtenue de manière indépendante de la production de la carte.

2.3.5 Retro-ajustement des parcelles d'apprentissage

L'étape de retro-ajustement des parcelles d'apprentissages est très importante. En effet, elle souligne le processus itératif de la méthode. Une fois le modèle calibré et la carte intermédiaire produite, on réalise des ajustements des parcelles d'apprentissage pour réduire les erreurs géographiques et confusions entre les classes.

2.4 Post-traitements

Les résultats bruts obtenus par l'application du modèle sur les données satellites produisent une carte qui peut sembler bruitée du fait du changement de modes d'usages des terres d'un pixel à l'autre, très fréquent sur les images à Très Haute Résolution Spatiale. Le filtrage post-classification permet de nettoyer l'image de classification brute, la faire correspondre aux exigences d'UMC (Unité Minimale de Cartographie) et réduire les erreurs tout en éliminant les pixels isolés. L'UMC adoptée pour produire la carte d'occupation du sol est de 0,1 ha conformément au nouveau code forestier de Côte d'Ivoire qui fixe la superficie minimale des forêts à 0,1 ha. La méthodologie adoptée pour le post-traitement se résume en deux passages : passage d'un filtre convolutif majoritaire de dimension 3 x 3 pixels pour réduire le bruit 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.

2.5 Validation externe

Cette étape consiste en une confrontation statistique du résultat de la classification précédente (issue des images Sentinel-2A) avec le résultat de la mission de validation de terrain et l'observation d'images satellites sur des « fenêtres » carrées d'échantillonnage (approche systématique avec un espacement de 3 km entre chaque fenêtre d'observation de référence). Les fenêtres d'observation de référence (872 au total) d'environ 1000 m² (taille réel 32 m de côté) chacune répondent toujours aux exigences de l'UMC ; ainsi, la classe majoritaire sur la fenêtre considérée est gardée comme résultat de la photo-interprétation. Le choix de la localisation de ces fenêtres

et les images à photo-interpréter ont été définis de manière à être complètement indépendants de la carte à valider.

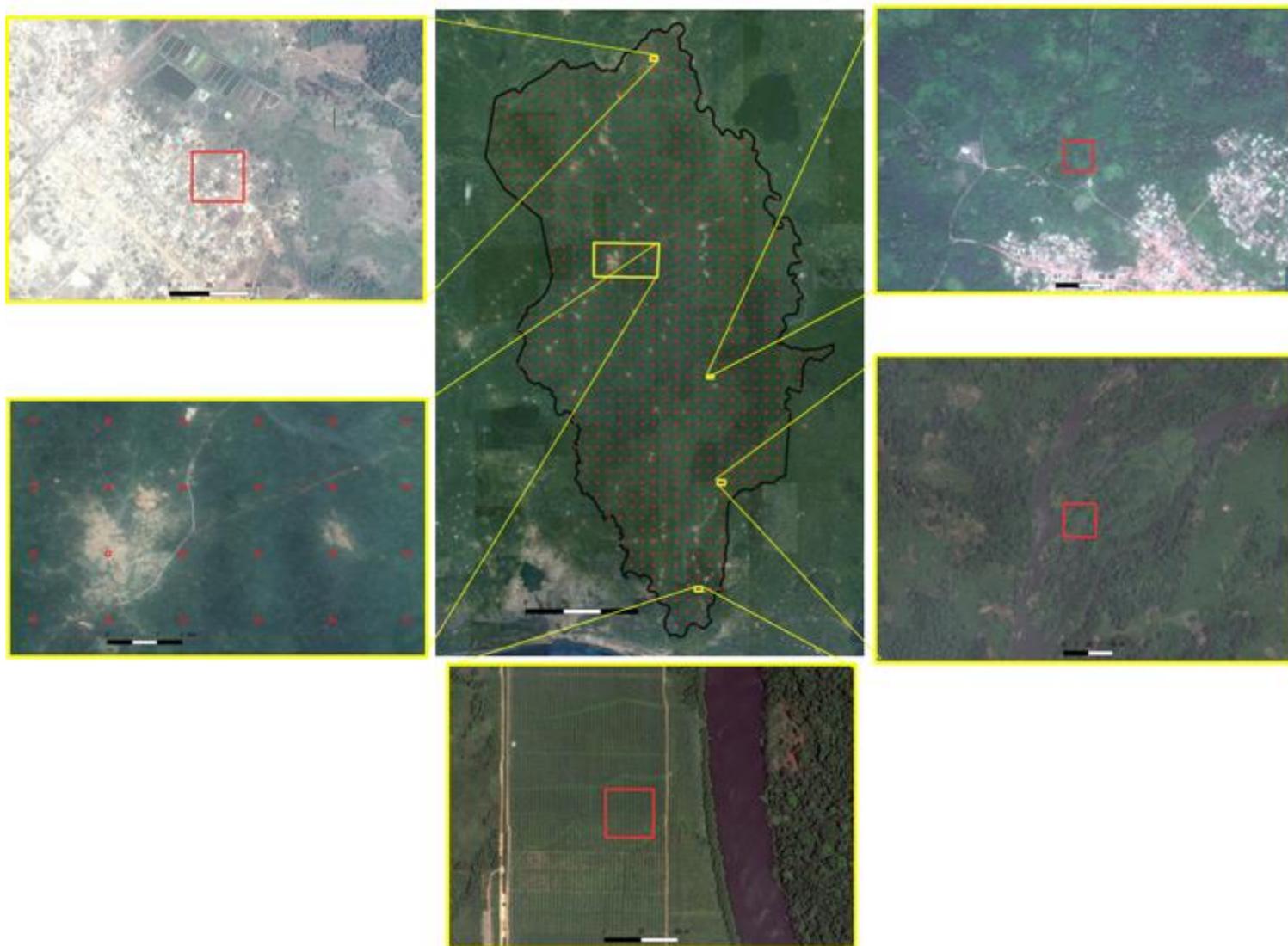


Figure 4 : Approche systématique de validation externe (espacement des fenêtres d'observation tous les 3 km) sur fond de carte Google satellite

3. Résultats

3.1 Occupation du sol au niveau de la région de la Mé

La distribution des classes d'occupation du sol au niveau de la région de la Mé (cf. Annexe 2) est dominée par les forêts secondaires ou forêts dégradées, qui occupent 31% de la superficie totale de la région soit 244 357 ha. Les cultures et jachères non différenciées viennent en seconde position avec une superficie de 215 752 ha soit 27% de la superficie totale. Les forêts denses, situées généralement dans les forêts classées représentent 15% de la superficie de la région soit 120 391 ha. Enfin, les cultures pérennes telles que le cacao et le café sont largement représentées avec une superficie de 106 650 ha soit 14% tandis que la couverture régionale de l'hévéa représente 7% soit 54 384 ha.

Tableau 3 : Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau de la région de la Mé

N°	Classe Occupation du sol	Superficie (ha)	Proportion
1	Forêt secondaire / Dégradée	244 356,66	31,02%
2	Culture / jachère non différenciées	215 751,94	27,39%
3	Forêt dense	120 390,65	15,28%
4	Cacao-Café	106 649,86	13,54%
5	Hévéa	54 383,51	6,90%
6	Zone Marécageuse	14 023,28	1,78%
7	Palmeraie industrielle	9 026,51	1,15%
8	Habitation	7 078,88	0,90%
9	Forêt galerie / Marécageuse	6 163,96	0,78%
10	Nuage	4 283,29	0,54%
11	Plan d'eau	2 598,09	0,33%
12	Route	1 407,26	0,18%
13	Bananaie industrielle	955,70	0,12%
14	Ananeraie industrielle	573,17	0,07%
15	Sol nu	65,38	0,01%
16	Teckeraie	47,21	0,01%
TOTAL		787 755,36	100%

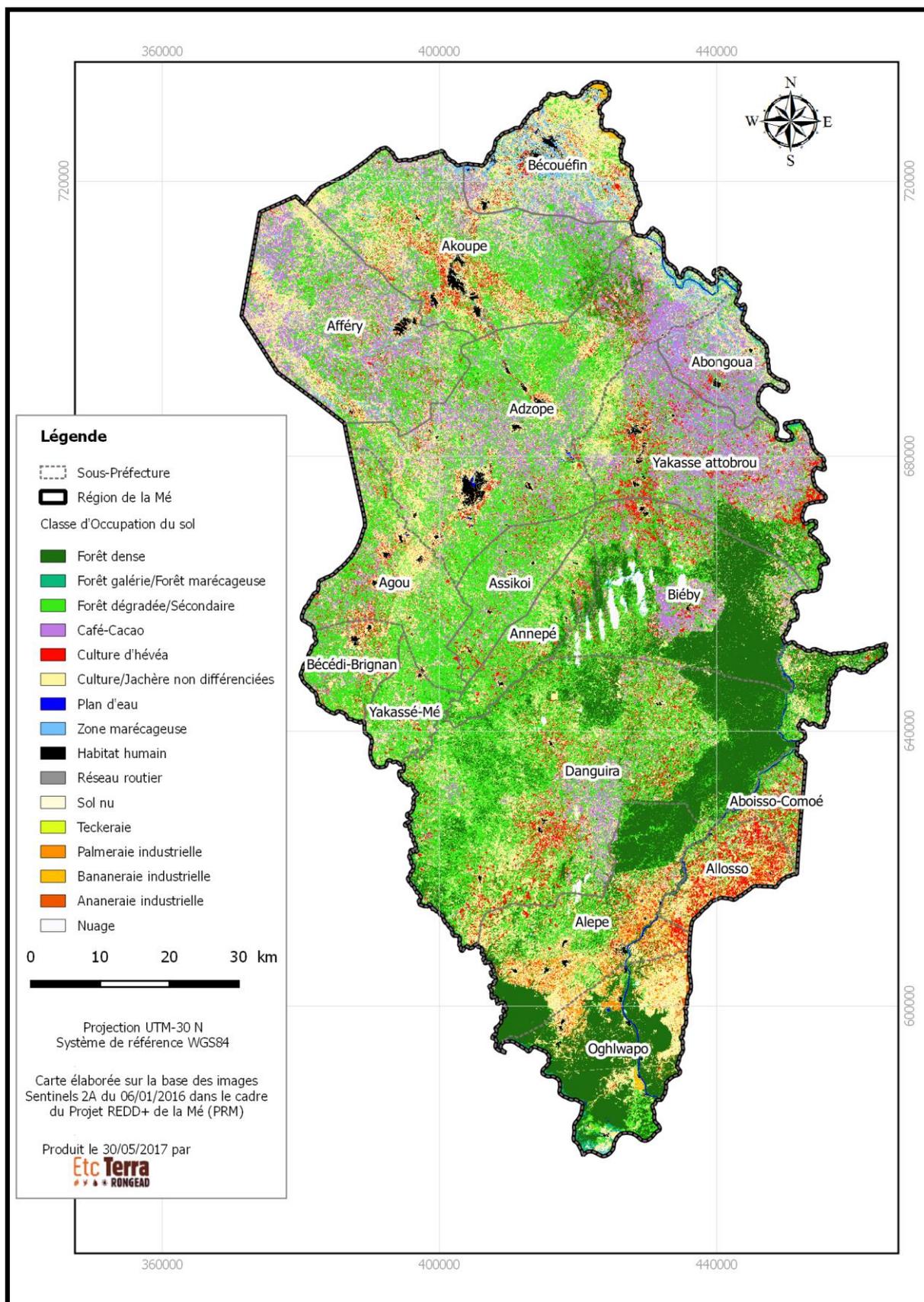


Figure 5 : Carte d'occupation du sol de la région de la Mé de 2016

3.2 Occupation du sol au niveau des départements

3.2.1 Département d'Adzopé

Au niveau du département d'Adzopé, la distribution des classes d'occupation du sol est marquée par une dominance des forêts secondaires représentant 45% de la superficie du département d'Adzopé soit 91 227 ha. Les cultures et jachères non différenciées viennent en seconde position avec une superficie de 57 937 ha soit 28% de la superficie du département. Le cacao et le café représentent 15% avec une superficie de 29 876 ha. Quant à l'hévéa, il est largement représenté que les forêts denses (1%) avec une superficie de 12 472 ha soit 6% de la superficie. La carte d'occupation du sol au niveau du département d'Adzopé est présentée en Annexe 3.

Tableau 4 : Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau du département d'Adzopé

N°	Classe Occupation du sol	Superficie (ha)	Proportion
1	Forêt secondaire / Dégradée	91 227,24	44,51%
2	Culture / jachère non différenciées	57 936,97	28,27%
3	Cacao-Café	29 875,71	14,58%
4	Hévéa	12 472,02	6,08%
5	Forêt dense	5 804,71	2,83%
6	Habitation	2 583,83	1,26%
7	Zone Marécageuse	2 249,88	1,10%
8	Forêt galerie / Marécageuse	1 487,01	0,73%
9	Route	496,50	0,24%
10	Plan d'eau	471,96	0,23%
11	Palmeraie industrielle	236,10	0,12%
12	Ananeraie industrielle	41,57	0,02%
13	Sol nu	37,11	0,02%
14	Nuage	25,38	0,01%
15	Teckeraie	13,05	0,01%
16	Bananeraie industrielle	11,70	0,01%
TOTAL		204 970,74	100%

3.2.2 Département d'Akoupé

Le département d'Akoupé est caractérisé par une prédominance des cultures et jachères non différenciées avec une superficie de 66 827 ha, ce qui représente 40% de la superficie du département. Les forêts secondaires ou dégradées viennent en seconde position avec une superficie de 42 455 ha soit 25%. Les cultures pérennes telles que le cacao et le café sont largement représentées que l'hévéa avec une superficie de 32 298 ha soit 19% tandis que l'hévéa représente 6% soit 9 517 ha. Les forêts denses ainsi que les forêts galerie sont quasi inexistantes dans ce département

de la région. La carte d'occupation du sol au niveau du département d'Akoupé est présentée en Annexe 4.

Tableau 5 : Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau du département d'Akoupé

N°	Classe Occupation du sol	Superficie (ha)	Proportion
1	Culture / jachère non différenciées	66 827,47	39,76%
2	Forêt secondaire / Dégradée	42 454,90	25,26%
3	Cacao-Café	32 297,66	19,22%
4	Hévéa	9 516,92	5,66%
5	Zone Marécageuse	9 442,06	5,62%
6	Habitation	2 669,19	1,59%
7	Forêt galerie / Marécageuse	2 252,19	1,34%
8	Forêt dense	1 105,54	0,66%
9	Bananaie industrielle	690,56	0,41%
10	Route	437,65	0,26%
11	Ananeraie industrielle	114,58	0,07%
12	Plan d'eau	95,56	0,06%
13	Palmeraie industrielle	78,74	0,05%
14	Teckeraie	30,38	0,02%
15	Nuage	29,32	0,02%
16	Sol nu	18,58	0,01%
TOTAL		168 061,29	100%

3.2.3 Département d'Alépé

Le département d'Alépé est marqué par une prédominance des forêts denses. En effet, il concentre 82 422 ha de forêts dense, ce qui représente 31% de la superficie du département et 68% de la superficie totale de l'ensemble des forêts dense de la région de la Mé. Les forêts secondaires restent aussi importantes avec une superficie totale de 75 483 ha soit 28% de la superficie du département. Quant aux cultures et jachères non différenciées, elles couvrent 66 389 ha soit 25% de la superficie du département. L'hévéa reste la culture pérenne prédominante avec une superficie de 21 059 ha soit 8%. La carte d'occupation du sol au niveau du département d'Alépé est présentée en Annexe 5.

Tableau 6 : Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau du département d'Alépé

N°	Classe Occupation du sol	Superficie (ha)	Proportion
1	Forêt dense	82 422,01	30,52%
2	Forêt secondaire / Dégradée	75 482,87	27,95%
3	Culture / jachère non différenciées	66 389,42	24,59%
4	Hévéa	21 058,70	7,80%
5	Cacao-Café	9 797,16	3,63%
6	Palmeraie industrielle	8 492,55	3,15%
7	Plan d'eau	1 794,92	0,66%
8	Forêt galerie / Marécageuse	1 416,49	0,52%
9	Habitation	1 089,24	0,40%
10	Nuage	1 014,76	0,38%
11	Ananeraie industrielle	395,07	0,15%
12	Zone Marécageuse	281,14	0,10%
13	Bananeraie industrielle	240,54	0,09%
14	Route	136,80	0,05%
15	Sol nu	5,86	0,00%
16	Teckeraie	1,36	0,00%
TOTAL		270 018,89	100%

3.2.4 Département de Yakassé-Attobrou

Au niveau du département de Yakassé-Attobrou, la distribution des classes d'occupation du sol est dominée par les forêts secondaires et les cultures de cacao et café qui occupent respectivement 35 185 ha et 34 677 ha soit 24% de la superficie du département. Après le département d'Alépé, Yakassé-Attobrou reste le département qui concentre une grande partie des surfaces de forêts denses de la région avec une superficie 31 055 ha soit 21% de la superficie du département et 26% de la superficie totale de l'ensemble des forêts denses de la région. Quant aux cultures et jachères non différenciées, elles couvrent 24 591 ha soit 17% de la superficie du département. L'hévéa reste encore la culture pérenne prédominante avec une superficie de 11 334 ha soit 8%. La carte d'occupation du sol au niveau du département de Yakassé-Attobrou est présentée en annexe 6.

Tableau 7 : Superficie et proportion des classes d'occupation du sol au niveau du département de Yakassé-Attobrou

N°	Classe Occupation du sol	Superficie (ha)	Proportion
1	Forêt secondaire / Dégradée	35 185,34	24,32%
2	Cacao-Café	34 677,04	23,97%
3	Forêt dense	31 055,45	21,47%
4	Culture / jachère non différenciées	24 591,09	17,00%
5	Hévéa	11 334,10	7,83%
6	Nuage	3 213,68	2,22%
7	Zone Marécageuse	2 049,19	1,42%
8	Forêt galerie / Marécageuse	1 006,20	0,70%
9	Habitation	736,29	0,51%
10	Route	336,29	0,23%
11	Plan d'eau	234,23	0,16%
12	Palmeraie industrielle	218,60	0,15%
13	Ananeraie industrielle	21,67	0,01%
14	Bananeraie industrielle	12,67	0,01%
15	Sol nu	3,83	0,00%
16	Teckeraie	2,43	0,00%
TOTAL		144 678,10	100%

3.3 Validation externe

Tableau 3 : Matrice de confusion externe pour la validation de la carte d'occupation du sol dans la région de la Mé

		Données de la carte													Total	Précision Producteur	Erreur d'omission
		11	13	14	21	22	231	254	26	41	43	51	52	700			
Données de Référence	11	129	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	137	0,942	0,036
	13	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,833	0,209
	14	3	1	244	3	12	3	0	4	0	1	0	0	0	271	0,9	0,128
	21	0	0	3	106	3	0	0	8	0	4	0	0	0	124	0,855	0,103
	22	2	0	2	2	42	2	0	9	0	0	0	0	0	59	0,712	0,086
	231	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	5	0,6	0,084
	254	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0,013
	26	1	0	3	6	2	2	0	209	0	2	2	0	0	227	0,921	0,072
	41	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1	0,056
	43	0	0	0	0	0	0	1	1	0	12	0	0	0	14	0,857	0,077
	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	9	1	0,099
	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	1	0,208
	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0,012
	Total		135	6	260	117	59	11	2	233	2	19	11	3	4	862	
Précision Utilisateur		0,96	0,8	0,9	0,9	1	0,3	0,5	0,9	1	0,6	0,8	1	1	Kappa		0,86
Erreur de commission		0,04	0,2	0,1	0,1	0	0,7	0,5	0,1	0	0,4	0,2	0	0	Précision Globale		0,89

La précision globale des résultats de la classification est de 89% avec un indice Kappa de 0.86. Cela signifie que parmi les 862 zones d'observation, 89 % sont bien classés, en revanche 11 % sont mal classés. En effet, la carte est donc précise à 89%, l'erreur marginale pour son utilisation est de 11%. En outre, le modèle peut être exploité car d'après Pontius *et al.*(2000), lorsque l'indice Kappa d'un modèle de classification est compris entre 0,50 et 0,75 il peut être exploité.

4. Conclusion

La cartographie de l'occupation du sol dans la région de la Mé à l'aide des images Sentinel-2A constitue une étape importante et indispensable dans l'élaboration du Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire (SRADT) que le Conseil Régional de la Mé (CRM) va prochainement élaborer. Elle est donc réalisée à cet effet et permet d'actualiser les statistiques sur les types d'occupation du sol de la région.

Cette étude révèle une part importante des forêts secondaires (31%) et d'une proportion non négligeable de forêts denses (15%) du fait de la présence de plusieurs forêts classées dans la région et de l'abondance de vieilles jachères considérées comme des forêts secondaires. Outre les parts considérables de ces types de forêts, il convient de souligner l'importance des cultures et jachères non différenciées (27%) qui renferment à coup sûr une proportion notable de plantations de cacao-café plus ou moins arborées et pour lesquelles certaines limites techniques ont été atteintes. Les cultures de cacao-café et d'hévéa restent les cultures pérennes les plus pratiquées dans la région dont les superficies avoisinent 107 000 ha pour le cacao-café et 55 000 ha pour l'hévéa.

Ce travail a été réalisé avec la collaboration du Secrétariat Exécutif Permanent du REDD+ (SEP REDD+) et le Centre d'Information Géographique et du Numérique (BNETD/CIGN) afin de tenir compte des directives nationales en matière de cartographie des ressources naturelles.

Il s'agit par ailleurs d'une étude innovante de par sa chaîne de traitement (script R, classification supervisée avec Random Forest) et l'utilisation des données Sentinel-2A. Ces images sont disponibles depuis un peu plus d'un an maintenant 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). Notre étude permet de montrer l'intérêt de ces images Sentinel-2A en termes de résolution (10m au lieu de 30m) et longueur d'onde (13 bandes) pour extraire de nombreuses catégories d'utilisation des terres. Un détail qu'il faut souligner reste la difficulté d'acquisition d'images Sentinel-2A de bonne qualité en termes de couverture nuageuse (présence de cirrus, cumulo-nimbus ou de brume sur l'image) en zone tropicale ; ce qui peut affecter le résultat de la cartographie même après utilisation d'outils spécifiques pour réduire les effets atmosphériques.

Références Bibliographiques

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

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

Caloz, R., and Collet, C., 2001. *Précis de Télédétection, Traitements numériques d'images de télédétection*, vol. 3, Université de Québec, Agence Universitaire de la Francophonie. 385 p.

Cohen, J., 1960. *A coefficient of agreement for nominales scales*, *Educational and Psychological Measurement*, vol. 20, 1: pp 37-46

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

Gislason, P. O., Benediktsson, J. A., and Sveinsson, J. R., 2006. *Random forests for land cover classification*. *Pattern Recognition Letter*, 27: pp 294-300.

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

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

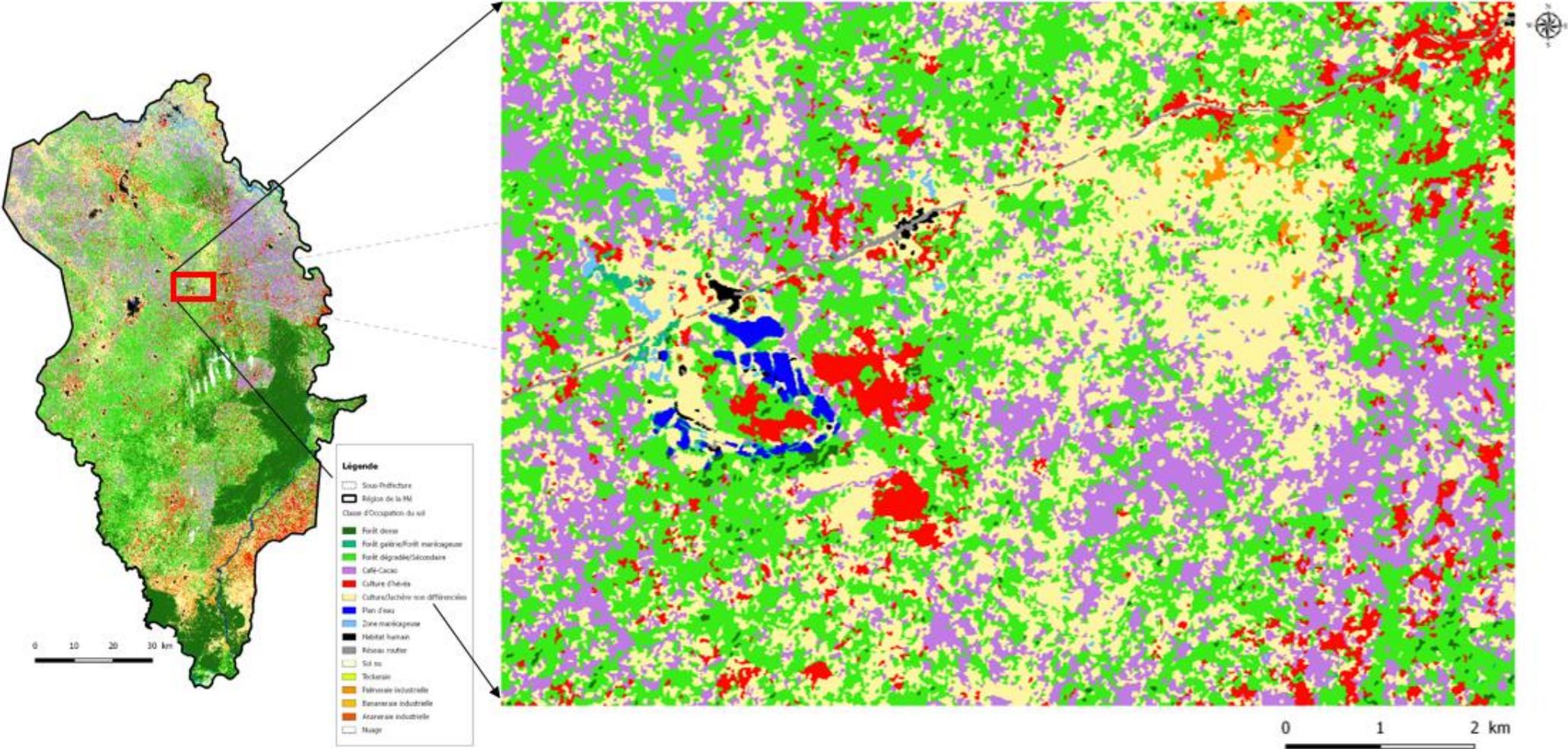
Pontius, R. G. Jr., 2000. Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 66, 8 : pp 1011-1016.

Annexes 1 : Typologie des classes d'occupation du sol adoptée

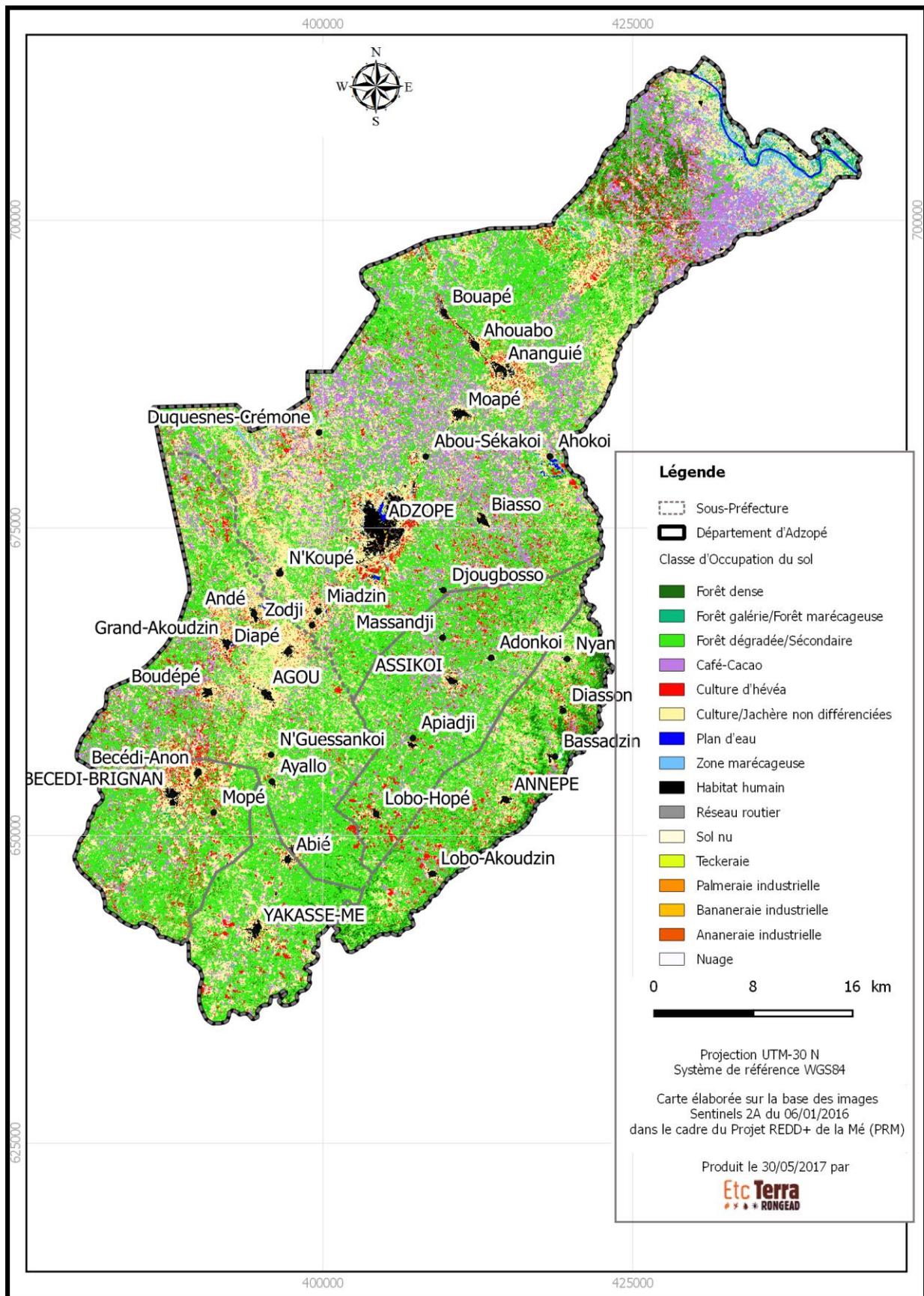
Code SST	Description SST	Classe/Type SST
11	Formations naturelles de type primaire, peuplement fermé avec des arbres et arbustes atteignant diverses hauteurs entre 5 et 50 m; les cimes des arbres sont relativement jointives; l'ensemble du couvert demeure dense (recouvrement supérieur à 70%)	Forêt dense
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	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	Bananaie industrielle
26	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-cultureux). 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)
266	Parcelle agricole plantée d'ananas sur des petites buttes densité 60 000 pieds/ha, herbacée xérophylite, de 1-1,5m de haut; avec de longues feuilles de 0,5-1,8m; sol bien drainé, riche et acide	Ananeraie industrielle
41	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
43	Terres humides et bourbeuses 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 (hélrophytes et hydrophytes), de Cypéracées s'y développent isolés ou sous forme de tapis herbeux	Zone Marécageuse
51	Zones résultant d'activités humaines (habitations, activités industrielles, exploitations minières, carrières, orpaillages, défrichements, etc.)	Habitats humains/Activités économiques et industrielles
52	Voies de transport et réseau routier	Route
62	Terrain dépourvu de couvert végétal naturel (herbacé, arbustif, arboré), ne constituant pas une aire de culture	Sol nu
700	Nuages	Nuages

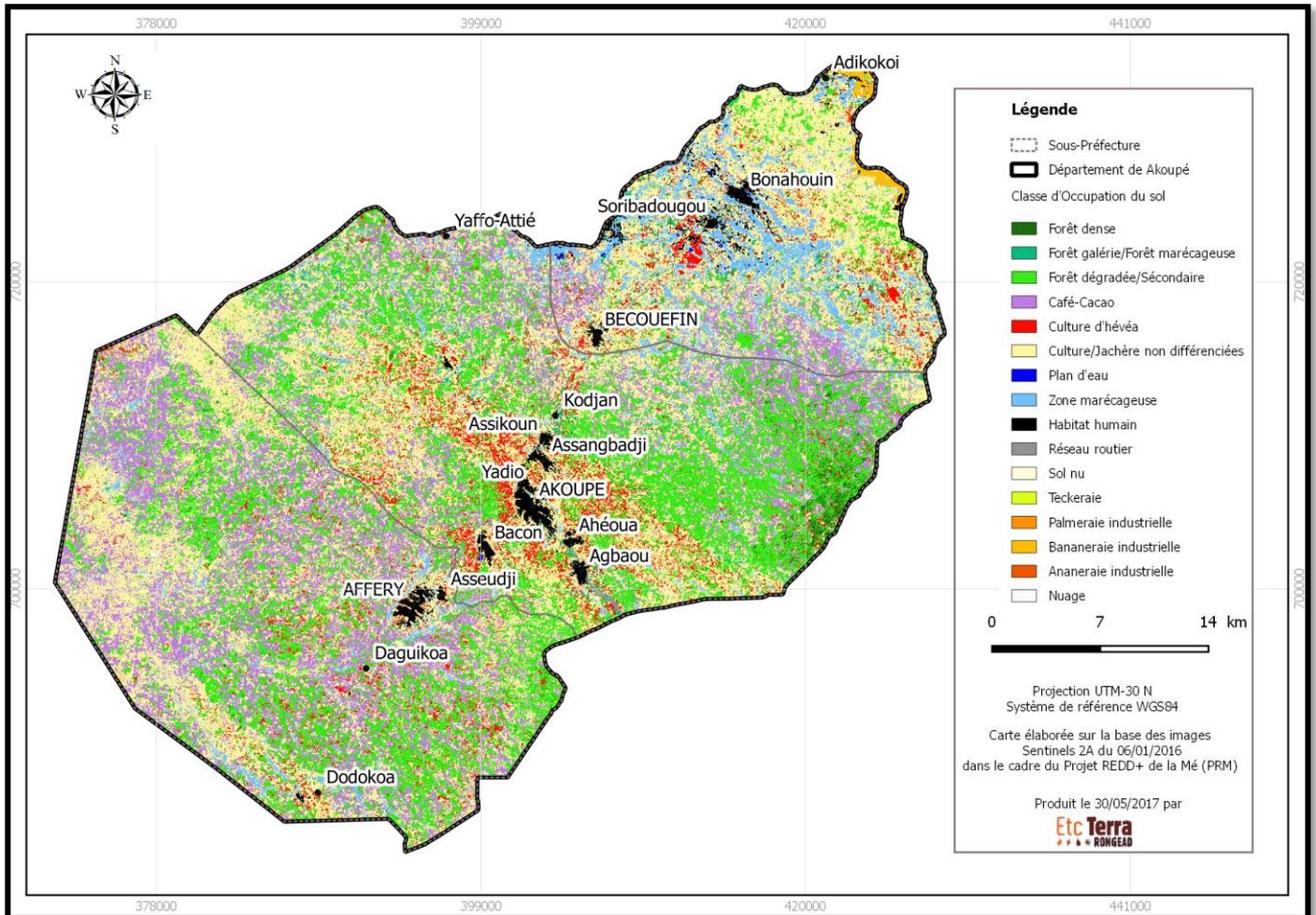
Annexes 2 : Carte d'occupation du sol de la région de la Mé de 2016 avec un zoom sur une unité paysagère



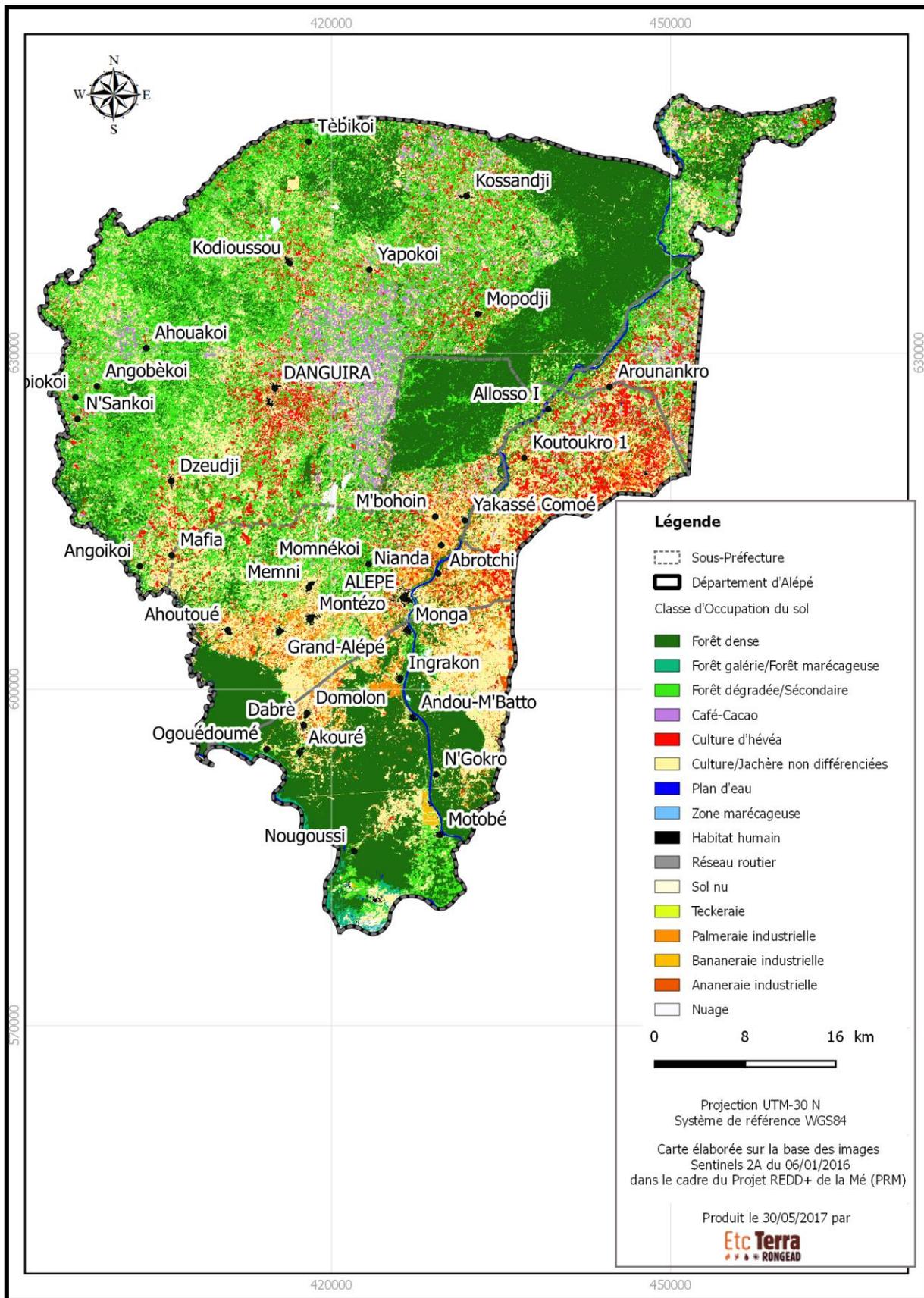
Annexes 3 : Carte d'occupation du sol du département d'Adzopé de 2016



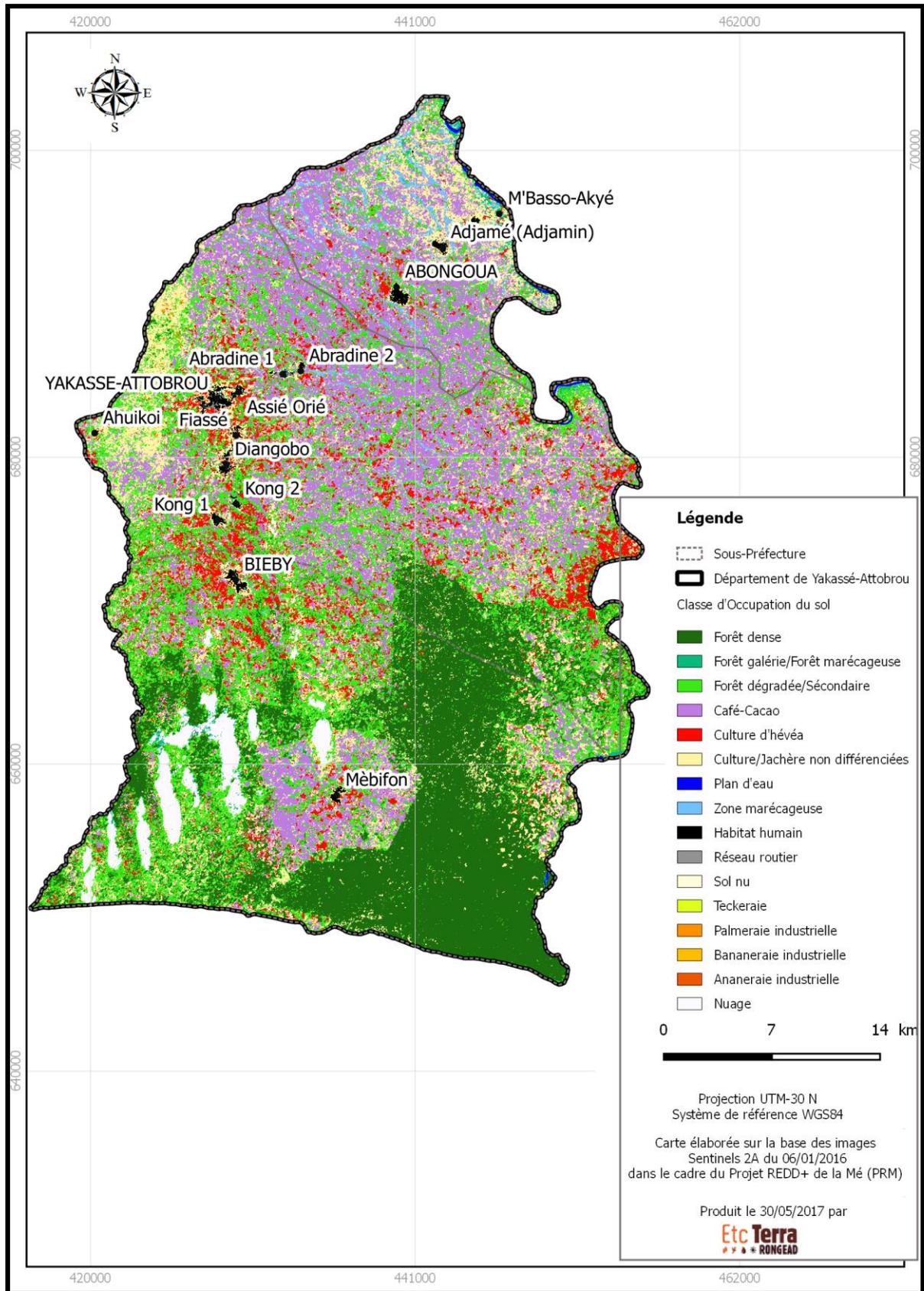
Annexes 4 : Carte d'occupation du sol du département d'Akoupé de 2016



Annexes 5 : Carte d'occupation du sol du département d'Alépé de 2016



Annexes 6 : Carte d'occupation du sol du département de Yakassé-Attobrou de 2016



Etc Terra - Rongead

Représentation en Côte d'Ivoire

25 BP 691 Abidjan 25

Riviera Golf - Cocody - Abidjan

www.etcterra.org

www.rongead.org

Etc Terra
 **RONGEAD**