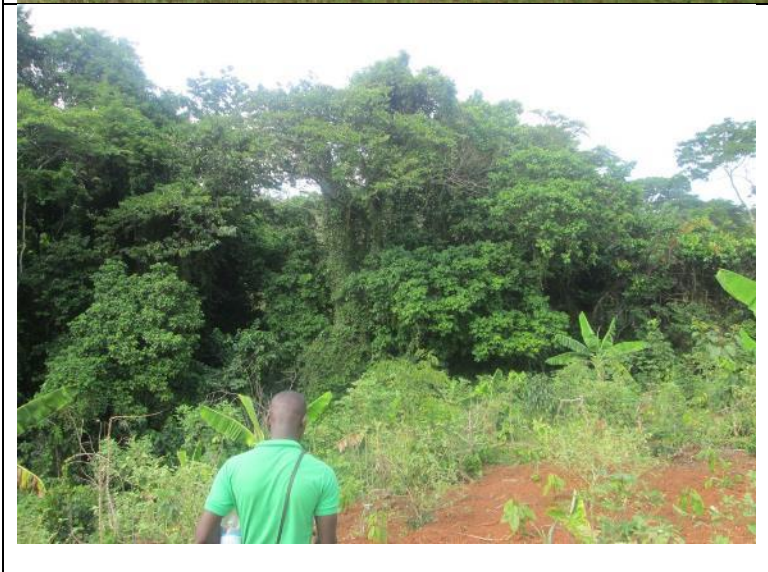


ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL
Carte d'occupation du sol du projet aurifère de Yaoure
Projet aurifère de Yaoure, Côte d'Ivoire



Soumis à

Amara Mining Côte d'Ivoire SARL



Abidjan - Cocody, Il Plateaux
06 BP 1958 Abidjan 06
+225 22 41 63 88

Proposé par

2D CONSULTING AFRIQUE

Cocody - cité Bellevue - Riviera 3
15 BP 149 Abidjan 15
Téléphone : 00 225 22 47 27 18
Mobile : 00 225 49 40 01 59
www.2dconsulting.fr - info@2dconsulting.fr

FORMULAIRE D'EMISSION DU RAPPORT

Nom du client	Amara Mining Côte d'Ivoire SARL		
Nom du projet	Etude d'Impact Environnemental et Social du projet aurifère de Yaoure		
Titre du rapport	Carte d'occupation du sol du projet aurifère de Yaoure		
Statut du document	Ebauche	No d'émission.	1
Date d'émission	25 November 2016		
Référence du document	7879140169	Numéro du rapport A169-15-R2350	
Auteur	Dr. Dibi Hyppolite	 <small>Signature & Date</small>	
Relecteur	2D Consulting Afrique	 <small>Signature & Date</small>	
Validation du manager du projet	Dr. Christian Kunze	 <small>25 November 2016</small>	

CLAUSE DE NON - RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé exclusivement pour le client ci-dessus par Amec Foster Wheeler Earth & Environmental (UK) Ltd (Amec Foster Wheeler). La qualité de l'information, les conclusions et les estimations contenues dans ce document sont compatibles avec le niveau d'effort associé aux services fournis par Amec Foster Wheeler, et basé sur: i) les informations disponibles au moment de la préparation ; ii) des données fournies par des sources extérieures ; et iii) les hypothèses, conditions et restrictions énoncées dans le présent rapport. Ce rapport est destiné à être utilisé par le client ci-dessus suivant les termes et conditions de son contrat avec Amec Foster. Toute autre utilisation, ou le recours à ce rapport par une tierce partie est aux risques de ce parti.

RESUME

La carte d'occupation/utilisation du sol revêt un caractère important dans le processus de l'étude d'impact environnemental et social (EIES), pour une entreprise dont les activités peuvent affecter directement ou indirectement l'environnement et la vie socioéconomique des populations riveraines. C'est le cas du projet aurifère de Yaourè, dont la maîtrise de l'environnement par une cartographie de l'occupation/utilisation du sol est l'objectif de ce rapport.

La méthodologie utilisée dans cette étude s'est appuyée sur:

- une image satellitaire Digital Globe imagery (50cm) acquise le 04/01/2014;
- la catégorisation préliminaire des différents types d'utilisation du sol, en se basant sur les résultats de l'EIES de 2007;
- le traitement de cette image vérifié par une mission de collecte de données de terrain qui s'est déroulée du 23 février au 04 mars 2015 (soit 10 jours);
- la caractérisation sur le terrain des formations végétales naturelles, des exploitations agricoles et les autres impacts d'activités humaines (infrastructures minières, localités, etc.).

Cette méthodologie a permis d'élaborer la carte d'occupation du sol du projet aurifère de Yaourè à une échelle de 1/25 000. Il ressort de cette cartographie que le site d'étude est subdivisé en deux grandes zones. Il s'agit:

- des savanes herbeuses et arbustives au Nord et Nord-est de la zone;
- des savanes boisées/arborées et des forêts dégradées au Sud et Sud-ouest. Les forêts ripicoles/galeries sont également présentes le long du fleuve Bandama.

Toutefois, les activités humaines ont conduit à divers types d'utilisation du sol que sont: le barrage de Kossou, les carrières d'exploitations minières, les infrastructures minières, un réseau dense de routes et de pistes, ainsi qu'une agriculture dominée par la cacao-culture.

Pour ce dernier type d'utilisation du sol (cacao-culture), les superficies mobilisées sont croissantes du Nord Nord-est (zone au-dessus d'Angovia et Allahou Bazi), et vers le sud Sud-ouest (autour de Patizia). La quasi-totalité des cultures annuelles sont en réalité des cultures associées à base de cacao encore à un stade jeune.

Globalement la proportion des différents types de végétation couvrant la licence d'exploration intérieure (Inner Exploration Licence) sont:

- Tous les types de savane confondus occupent 48%;
- Les forêts dégradées et secondaires (incluant les forêts galeries et ripicoles) ne couvrent que 26%, et les cultures 12%.

De façon générale, les travaux sur le terrain se sont bien déroulés avec une parfaite collaboration des populations riveraines.

SOMMAIRE

1.0.	INTRODUCTION.....	1
2.0.	METHODOLOGIE.....	2
2.1.	Spécialistes et certifications.....	2
2.2.	Matériels.....	2
2.3.	Méthode.....	2
2.3.1.	Traitement numérique d'une image satellitaire (Phase 1).....	2
2.3.2.	Choix des sites à visiter.....	5
2.3.3.	Caractérisation sur le terrain.....	6
2.3.4.	Traitement numérique (Phase 2) : cartographie par classification dirigée.....	6
2.3.5.	Evaluation et la validation de la carte d'occupation/utilisation du sol.....	7
2.3.6.	Amélioration de la carte et calcul de surfaces des différentes entités cartographiques.....	7
2.3.7.	Rédaction cartographique.....	7
3.0.	RESULTATS.....	8
3.1.	Typologie de l'occupation du sol.....	8
3.2.	Précision des données cartographiques.....	15
3.2.1.	Précision thématique.....	15
3.2.2.	Précision statistique du traitement d'image.....	16
3.3.	Carte d'occupation du sol.....	17
3.4.	Répartition spatiale des différents types d'occupation/utilisation des sols.....	18
3.5.	Remarques sur l'environnement de travail.....	19
4.0.	CONCLUSION.....	20
5.0.	REFERENCES.....	21
6.0.	ANNEXES.....	22

TABLEAUX

Tableau 2-1 :	Types d'occupation/utilisation du sol.....	6
Tableau 3-1 :	Commentaire au niveau de précision (90-100%) des unités cartographiques.....	16
Tableau 3-2 :	Commentaire au niveau de précision (70-80%) des unités cartographiques.....	17
Tableau 3-3 :	Répartition spatiale des différents types d'occupation/utilisation des sols.....	18

FIGURES

Figure 2-1 :	Exemple de parcelles de cultures pérennes (cacaoyers).....	3
Figure 2-2 :	Discrimination (Exemple 1) des types d'occupation/utilisation du sol sur les images des compositions colorées des bandes (PIR/R/V) et ACP 2/1/3 et de l'indice de végétation NDVI.....	5
Figure 2-3 :	Discrimination (Exemple 2) des types d'occupation du sol sur les images des compositions colorées des bandes (PIR/R/V) et ACP 2/1/3, et de l'indice de végétation NDVI.....	5
Figure 3-1 :	Analyse thématique visuelle de la classification d'image et de la composition colorée de base (PIR/R/V).....	16

PHOTOS

Photo 3-1 : Forêts dégradées	9
Photo 3-2 : Forêts ripicoles	9
Photo 3-3 : Forêts galeries	9
Photo 3-4 : Savanes herbeuses.....	10
Photo 3-5 : Savanes arbustives	11
Photo 3-6 : Savanes arbustives denses	11
Photo 3-7 : Savanes boisées/arborées	12
Photo 3-8 : Cultures pérennes	12
Photo 3-9 : Cultures annuelles (cultures associées)	13
Photo 3-10 : Jachères jeunes (un an)	13
Photo 3-11 : Localité (village).....	14
Photo 3-12 : zone humide en bordure du lac.....	14
Photo 3-13 : Lac Kossou.....	14
Photo 3-14 : Ligne de haute tension	14
Photo 3-16 : Carrières ou mines artisanales.....	15

ANNEXES

Annexe A : Coordonnées GPS des sites visités	22
Annexe B : Coordonnées GPS des sites visités lors de la validation	27
Annexe C : Carte d'occupation/utilisation des terres du projet aurifère du Yaoure	29

1.0. INTRODUCTION

L'élaboration d'une carte d'occupation et d'utilisation du sol est l'une des premières activités à mener dans le processus de l'étude d'impact environnemental et social (EIES). Elle permet de fournir des données concernant l'environnement du projet et les zones potentiellement sensibles à surveiller pendant les différentes phases de développement du projet.

La carte d'occupation/utilisation du sol revêt un caractère beaucoup plus important pour une entreprise dont les activités peuvent affecter profondément l'environnement et la vie socioéconomique des populations riveraines. En phase de prospection, il s'agit d'un outil d'aide à la décision, surtout lorsque l'on partage le même espace avec certaines réalités socioculturelles qui régissent les communautés villageoises.

Dans le cas du projet aurifère de Yaours, la compagnie AMARA Mining SARL (le Projet) cohabite avec des centaines d'orpailleurs sur son permis. En plus de l'orpaillage, il existe quelques exploitations agricoles qui seront inévitablement impactées par l'extension de la zone d'exploitation du Projet. C'est dans ce contexte que se situe cette étude intitulée « cartographie de l'occupation/utilisation du sol du projet aurifère de Yaours ».

L'objectif assigné à ces travaux est de contribuer à améliorer les connaissances sur l'occupation (végétation naturelle hydrographie) et l'utilisation (localités, exploitations agricoles et infrastructures minières) du sol dans l'enceinte du permis d'exploitation par la production d'une cartographie.

Le rapport est structuré comme suit:

Chapitre 2: Fournit une description de la méthodologie suivie pour évaluer l'utilisation des terres et de l'identification de l'habitat;

Chapitre 3: présente les résultats des différentes utilisations et les habitats présents dans la zone du projet;

Chapitre 4: Fournit une conclusion sur l'utilisation des terres et les habitats.

Comme conclusion à l'étude, des données spatiales relatives à l'occupation des sols et aux différentes catégories d'habitats ont été produites. Ces données seront utilisées pour déterminer la sensibilité du Projet quant à la localisation des infrastructures proposées.

2.0. METHODOLOGIE

2.1. Spécialistes et certifications

En plus du consultant, un personnel technique composé de quatre assistants (étudiants en master et doctorat en télédétection et SIG de l'Université Félix Houphouët Boigny) et un guide, ont servi de soutien à la collecte de données sur le terrain.

Le consultant, docteur DIBI HYPOLITE, est maître de conférences et chercheur à la faculté de biosciences, laboratoire botanique de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire). Il est titulaire d'un doctorat en télédétection et en SIG des forêts. Il est en outre chargé de cours et de recherche associé:

- Au Centre Universitaire de Recherche en Applications de la Télédétection (CURAT);
- A l'Ecole Doctorale Africaine de la Télédétection (EDAT); et
- Au Centre National de Floristique (CNF).

2.2. Matériels

Pour mener à bien cette étude, du matériel technique et des moyens humains ont été sollicités. Le matériel technique se compose comme suit:

- Une image satellitaire Digital Globe imagery datée du 04/01/2014 fournie par le Projet;
- des GPS (Garmin Etrex 20);
- des appareils photos numériques;
- des fiches de collectes de données;
- des ordinateurs portables (HP);
- des logiciels ENVI 4.8 et arcGIS 10.1 respectivement pour le traitement d'images et la production cartographique.

En plus du consultant, un personnel technique composé de quatre assistants (étudiants en Master et Doctorat de Télédétection et SIG de l'Université Félix Houphouët Boigny) et d'un guide, ont servis d'appui pour la collecte des données de terrain.

2.3. Méthode

L'aire d'étude couvre une superficie de 12,776.42 hectares et est comprise entre les coordonnées UTM Y: 781488 et 771047m N, et X: 214677 et 226618m W

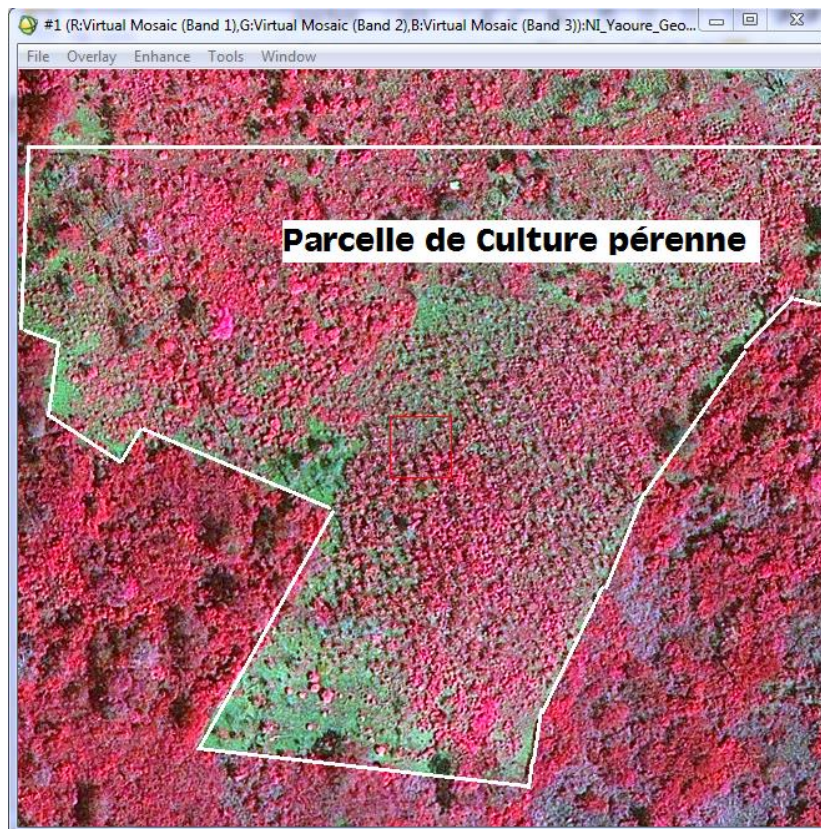
2.3.1. Traitement numérique d'une image satellitaire (Phase 1)

Cette opération visait l'amélioration de l'image satellitaire pour une extraction d'informations préparant à la collecte des données de terrain. Ce processus aide également à acquérir une première compréhension des différents usages et les types d'habitats terrestres, donne une indication d'inconnues et aide à diriger la collecte de données sur le terrain. De plus, des données secondaires fournies (ex. shapefiles des forêts sacrées) par le Projet ont été incluses dans la base de données.

Discrimination des unités cartographiques ayant une structure géographique régulière

Pour ces entités, une technique d'amélioration d'image dénommée la composition colorée RGB sur les bandes brutes (Proche-Infra-Rouge, Rouge et Vert) a été effectuée. Cette opération exploitant la précision spatiale de l'image, a permis d'extraire les éléments (impact des activités humaines) que sont: les exploitations agricoles (Figure 2-1), les bâtis des différentes localités, les routes et pistes, les infrastructures minières, les lignes de haute tension.

Figure 2-1 : Exemple de parcelles de cultures pérennes (cacaoyers)



Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

Discrimination des unités d'occupation du sol n'ayant pas une géométrie spatiale régulière

Les unités ne présentant pas une forme géométrique définie sont généralement associées à des occupations de sol plus naturelles. Il s'agit des savanes (boisées/arborées, arbustives et herbeuses), et des forêts (dégradées, galeries/ripicoles). Pour cette opération, un ré-échantillonnage spatial de l'image satellitaire de 50cm à 5m a été effectué. Cette opération répondait au besoin de faire passer l'image d'une appréciation de l'échelle de l'arbre, à celui du peuplement comme unité cartographique de base. Afin d'optimiser les paramètres spectraux pour la caractérisation des unités d'occupation/utilisation du sol, des néo-canaux ont été créés en complément de ceux existants. Ainsi, une opération d'amélioration d'image qui est l'Analyse en Composante Principale (ACP) sur les quatre (4) bandes brutes de l'image Digital Globe (Proche Infra-

Rouge, Rouge, Vert et Bleu) a été appliquée. Il s'agit d'une technique de rehaussement d'image, donc amélioration de la qualité visuelle de l'image devant permettre de faciliter son interprétation visuelle.

Le Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou indice de végétation normalisé qui catégorise les formations végétales en fonction de leur intensité photosynthétique a également été calculé. Il permet ainsi de faire la différence entre les sols nus et les zones couvertes de végétation, mais aussi, entre la végétation dense (forêt dégradée, savane boisée/arborée et culture pérenne) et les savanes.

Une exploitation des différents paramètres calculés (ACP et NDVI) dans les compositions colorées RGB (ACP 2/1/3, et l'indice NDVI) a permis de faire une différence visuelle entre les savanes herbeuses, les savanes arbustives, les savanes arborées/forêts dégradées, et certaines cultures (pérennes et annuelles) sans limites géométriques régulières. Même les savanes brûlées avant la prise de vue ont été discriminées sur les images. Le problème avec des formes géométriques irrégulières est qu'elles cachent parfois des cultures pérennes qui poussent en dessous.

Ainsi, avant la visite de terrain, il a été possible de caractériser et discriminer les différentes unités cartographiques (figures 2-2 et 2-3) que sont:

- les formations végétales denses en ligneux que sont les forêts, les savanes boisées/arborées, et les cultures pérennes en production;
- les formations végétales moins denses en ligneux, composées de savanes arbustives et de cultures annuelles;
- les formations très pauvres en ligneux qui sont les savanes herbeuses et les zones humides couvertes d'une végétation herbeuse le long du barrage et du lac de Kossou;
- les surfaces sans végétation constituées par les localités, des sols dénudés par les activités humaines (carrières et défrichements agricoles) ou naturellement (plages dénudées par l'assèchement de la végétation), et les infrastructures minières;
- les données annexes que sont les routes, pistes et lignes électriques (haute tension).

Figure 2-2 : Discrimination (Exemple 1) des types d'occupation/utilisation du sol sur les images des compositions colorées des bandes (PIR/R/V) et ACP 2/1/3 et de l'indice de végétation NDVI

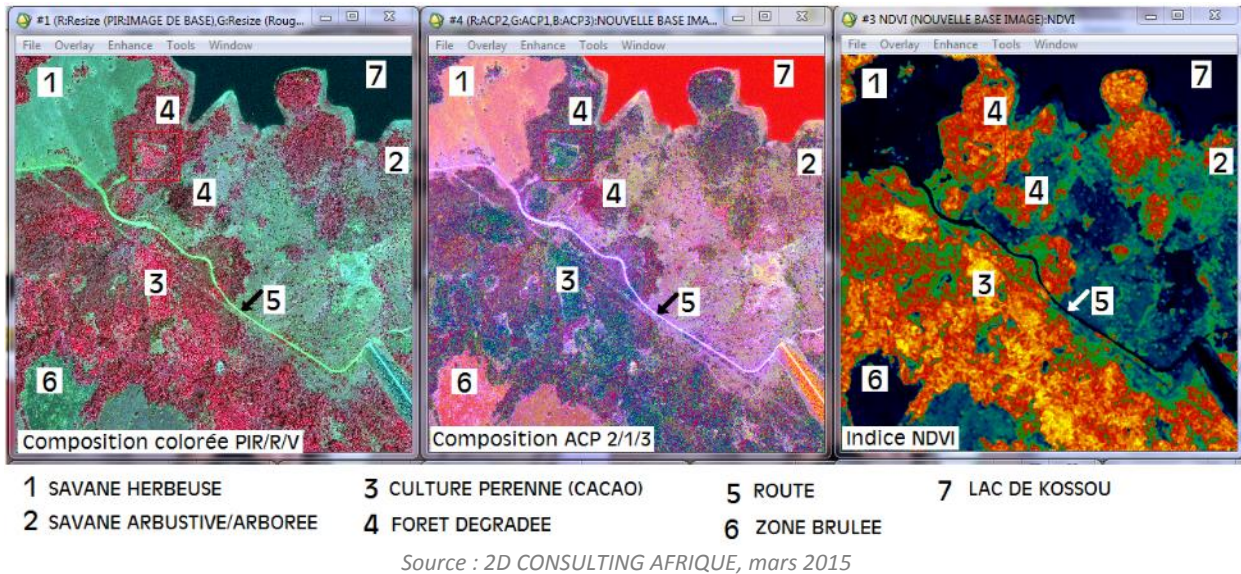
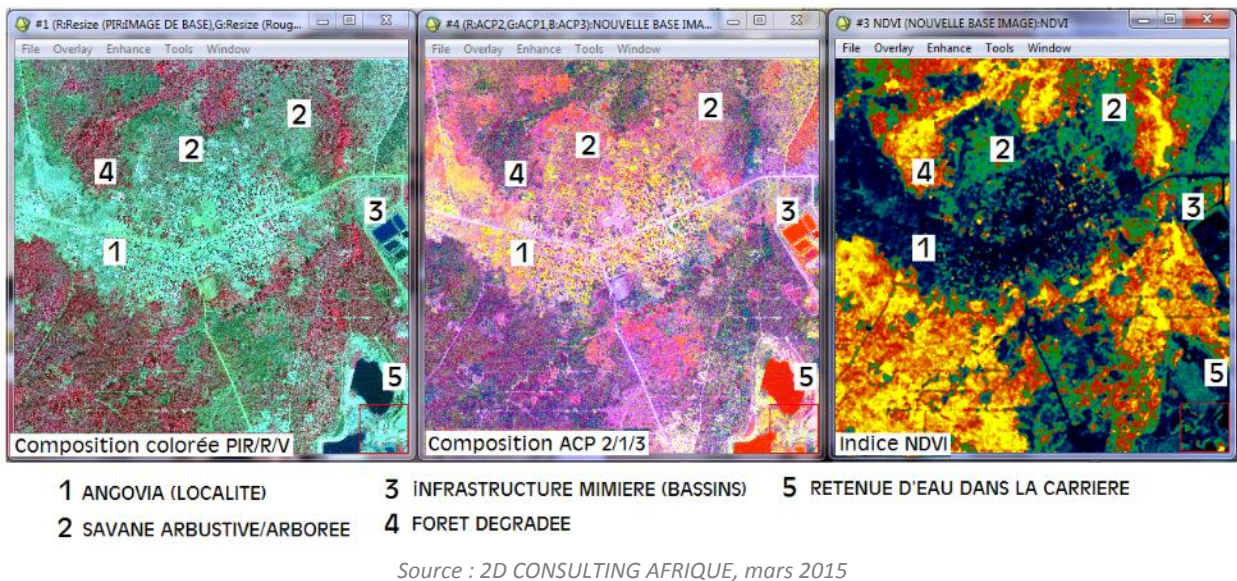


Figure 2-3 : Discrimination (Exemple 2) des types d'occupation du sol sur les images des compositions colorées des bandes (PIR/R/V) et ACP 2/1/3, et de l'indice de végétation NDVI



2.3.2. Choix des sites à visiter

Sur la base des traitements qui précèdent, deux cents (200) points ou sites représentant tous les types d'occupation/utilisation du sol ont été sélectionnés.

La sélection des 200 points a été basée sur les paramètres suivants:

- L'identification du type d'utilisation / occupation des sols sur la composition colorée;
- le nombre de points par rapport à la surface occupée par cette entité;
- le caractère aléatoire de choix au sein d'une classe d'occupation / utilisation des sols;

- l'accessibilité du site.

Les types d'occupation/utilisation des sols retenus sont synthétisés dans le tableau 2-1 suivant. Les coordonnées GPS de ces sites sont résumées à l'annexe A.

Tableau 2-1 : Types d'occupation/utilisation du sol

ID	Types d'occupation et d'utilisation des sols
1	Forêts dégradées (ilots)
2	Forêts ripicoles/galeries
3	Savanes boisées/arborées
4	Savanes arbustives
5	Savanes arbustives denses ¹
6	Savanes herbeuses
8	Plan d'eau (lac et fleuve)
9	Cultures pérennes
10	Cultures annuelles/jachères jeunes
11	Zones humides saisonnières
12	Localités
13	Mine artisanale (carrière)
14	Infrastructures minières
15	Routes et pistes
16	Ligne de haute tension
17	Cimetière
18	Forêts sacrées

¹ Il est à noter que la savane arbustive dense se différencie de la savane arbustive par un recouvrement au sol plus important de sa strate ligneuse. En effet, alors que la savane arbustive dense affiche un recouvrement au sol de 40 à 60% et même plus par endroit, la savane arbustive n'affiche que 15 à 30%.

2.3.3. Caractérisation sur le terrain

Il s'agit d'une phase de reconnaissance et de description des types d'occupation/utilisation du sol retenu (sur la base de leurs coordonnées GPS). L'image datant du 04/01/2014 (période sèche), il importe que la mission de reconnaissance de terrain soit de la même période (décembre–février). En effet, vue les changements annuels et saisonniers relativement marqués de la physionomie végétale, la mission de reconnaissance de terrain a été effectuée au mois de février 2015.

Sur le terrain, une première équipe de quatre personnes (un consultant, deux assistants et un guide) a parcouru la zone d'étude à l'aide de GPS. Les descripteurs utilisés pour la caractérisation sont entre-autres, l'absence ou la présence de végétation, le nombre et la densité des strates ligneuses et herbeuses, le relief et humidité du sol, etc. Des photographies du site ont aussi été prises pour illustration.

2.3.4. Traitement numérique (Phase 2) : cartographie par classification dirigée

La synthèse des données collectées sur le terrain ou la typologie de l'occupation/utilisation des sols a servi de point d'appui pour la classification dirigée de l'image Digital Globe. La zone d'étude est située dans une zone à feuilles semi-caduques, les arbres perdant une partie de leur feuillage pendant la saison sèche, ainsi l'apparition de la végétation aura une structure différente en saison sèche. Afin de parfaire la maîtrise de l'occupation/utilisation du sol, une autre sélection de cent (100) parcelles d'entraînement pour la classification d'image par la méthode du minimum de distance a été effectuée.

2.3.5. Evaluation et la validation de la carte d'occupation/utilisation du sol

La classification est suivie d'une validation s'appuyant sur une nouvelle campagne de collecte de données de terrain. Aussi, un renouvellement de l'équipe de collecte de données a-t-il été effectué avec l'arrivée de deux nouveaux assistants. Cette nouvelle équipe a eu pour mission de parcourir à nouveau le site, et de relever tout azimute les coordonnées GPS des types d'occupation/utilisation du sol (avec photo à l'appui) qu'elle rencontrait. Ainsi, cent (100) autres points représentant les classes d'occupation/utilisation des sols les moins évidents ont été relevés.

Cette approche est liée au fait que le fleuve, le lac, les pistes, les villages sont des données déjà trop évidentes sur l'image et ne nécessitent donc pas de validation particulières. Par contre, les formations végétales (différents types de savanes, les forêts dégradées et les exploitations agricoles) doivent faire l'objet d'une étude plus pointue dans la phase de validation.

Les nouvelles données ainsi collectées (les coordonnées GPS) sont projetées sur la carte élaborée pour une évaluation du niveau de concordance des données de terrain. Ainsi, une classe d'occupation/utilisation du sol sera validée si et seulement si le niveau de concordance entre les points collectés sur le terrain et les données cartographiques est compris entre l'intervalle 90 à 100%. Aussi, les types d'occupation/utilisation cartographiés ayant une précision inférieure à 90% font-ils l'objet d'un retraitement (réinterprétation visuelle et/ou reclassification), pour une optimisation de la précision cartographique. Il faut toutefois signaler que si le score de 100% de précision est rapidement atteint pour les classes d'occupation du sol évidentes comme le lac les pistes (déjà signalé plus haut), ce n'est pas le cas pour les unités cartographiques ayant des signatures spectrales proches. Il s'agit entre autres des différents types de cultures (annuelles et pérennes) et des différents types de forêts (dégradées, ripicoles/galeries).

2.3.6. Amélioration de la carte et calcul de surfaces des différentes entités cartographiques

La carte ainsi validée est filtrée par l'application d'un filtre médian (5x5), puis importée dans arcGIS pour l'ajout de couches supplémentaires (contours des exploitations agricoles, les carrières, les lignes de haute tension, les routes et pistes). Par la suite, les surfaces des différentes entités sont calculées pour une analyse des données. Ces résultats sont présentés dans la section 3.

2.3.7. Rédaction cartographique

A ce niveau il s'agit d'orienter la carte, d'éditer la légende, d'appliquer la grille de coordonnées, etc.

3.0. RESULTATS

3.1. Typologie de l'occupation du sol

Plusieurs unités cartographiques ont été retenues. La définition de quelques-unes serait indispensable à la bonne lecture de la carte. Il s'agit des forêts dégradées ou secondaires, des forêts ripicoles et galeries, des cultures pérennes, des cultures annuelles ou cultures associées, du lac de Kossou, du fleuve Bandama, des localités, des sols nus, des routes et pistes, des lignes de haute tension, des carrières ou mines artisanales et des zones humides.

Les forêts dégradées ou secondaires sont des forêts primaires qui ont été altérées au-delà des effets normaux des processus naturels et sont classées soit en forêt primaire dégradée, soit en forêt secondaire, soit en terres boisées dégradées. Ainsi, sera considérée comme forêt dégradée, une forêt primaire dont le couvert initial a été affecté par l'exploitation non durable de ses bois et ses Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL¹) qui fait que sa structure, ses processus, ses fonctions et sa dynamique sont altérés au point de compromettre la capacité d'adaptation à court ou moyen terme de l'écosystème. Par contre, la forêt secondaire est une végétation ligneuse reconstituée sur des terres dont le couvert forestier originel a été en grande partie défriché (au moins à 90%). En général, les forêts secondaires se développent naturellement sur des terres abandonnées après l'agriculture itinérante, l'agriculture sédentaire, les pâturages ou l'échec de plantations d'arbres (FAO, 2002; OIBT, 2005).

Dans notre étude, les forêts secondaires et les forêts dégradées (photo 3-1) forment la même entité. Car même si selon leur définition, ces deux formations diffèrent dans leur origine, elles deviennent très proches dans leur structure.

¹ PFNL : «biens d'origine biologique autres que le bois, dérivés des forêts, d'autres terres boisées et des arbres hors forêts»



Photo 3-1 : Forêts dégradées

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

Les forêts ripicoles sont des formations forestières particulières qui soulignent de part et d'autre les fleuves. Ces formations se situent dans des zones écologiques de transition entre les habitats aquatiques et la terre. Les forêts ripicoles sont sujettes à des fréquentes inondations. A la différence des forêts ripicoles, les forêts galeries sont caractérisées par leur canopée qui se rejoint au-dessus d'une rivière ou d'un petit fleuve, ou d'une zone humide, la présence de l'eau pouvant éventuellement être temporaire. Dans cette étude basée sur l'exploitation de l'image Digital Globe, la caractéristique principale pour la discrimination des forêts ripicoles (photo 3-2) et galeries (photo 3-3) a été sa proximité avec le fleuve Bandama.



Photo 3-2 : Forêts ripicoles



Photo 3-3 : Forêts galeries

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

Les savanes sont des formations herbeuses comportant un tapis de grandes herbes graminéennes mesurant, en fin de saison de végétation, au moins 80 cm de hauteur, avec des feuilles planes disposées à la base ou sur les chaumes, des herbes et plantes herbacées de moindre taille (Yangambi, 1956 ; Letouzey, 1982). Ces herbes sont ordinairement brûlées chaque année. Sur ce tapis graminéen, on rencontre en général arbres et arbustes, une **savane arborée** (arbres et arbustes disséminés sur le tapis graminéen), une **savane arbustive** (arbustes uniquement, sur le tapis graminéen), et une **savane herbeuse** (arbres et arbustes absents, uniquement tapis graminéen).

Dans cette, étude trois types de savanes ont été discriminés. Il s'agit:

- **des savanes herbeuses** (photo 3-4) qui sont établies sur de petites surfaces, soit en bordure du lac, soit à l'intérieur des terres. Sont également assimilées à cette formation végétale les surfaces dégradées par les activités humaines;



Photo 3-4 : Savanes herbeuses

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

- **des savanes arbustives** avec deux variantes en fonction de la densité de la strate arbustive. En effet, une distinction a été faite entre les savanes arbustives (photo 3-5) présentant une strate ligneuse à faible recouvrement (15 à 30%), et celles présentant une strate arbustive plus dense avec un recouvrement variant de 40 à 60% et même plus (photo 3-6);



Photo 3-5 : Savanes arbustives

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015



Photo 3-6 : Savanes arbustives denses

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

- **des savanes boisées/arborées** (photo 3-7) qui diffèrent des deux autres types par la présence d'une strate boisée/arborée (30 à 40% de recouvrement) et d'une strate arbustive irrégulières mais très fermées (60 à 70% et même plus), formant avec la strate herbacée une voute dont la hauteur varie entre 2 et 5 m. Bien souvent cette strate ligneuse inférieure est constituée par les cultures pérennes, notamment la cacao-culture.



Photo 3-7 : Savanes boisées/arborées

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

Après la forêt et la savane, nous avons les terres cultivées: cultures pérennes, cultures annuelles, cultures associées et jachères.

- **Les cultures pérennes** (photo 3-8) sont des cultures constituées de plantes ligneuses, vivaces (arbres, arbustes, arbrisseaux) effectuant leur cycle biologique (ou vivant) sur plusieurs années. Dans cette étude il s'agissait pour l'essentiel de parcelles de cacao.



Photo 3-8 : Cultures pérennes

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

- **Les cultures annuelles** sont constituées de plantes annuelles, c'est-à-dire des plantes dont le cycle de vie (de la germination jusqu'à la production de graines) ne dure qu'une année. Le constat fait sur le terrain est qu'une part importante des cultures identifiées comme cultures annuelles sont des cultures associées.
- **Les cultures associées** sont un système de culture consistant à cultiver plusieurs espèces végétales ou variétés sur la même parcelle en même temps (Andrews & Kassam 1976). La mission de terrain a permis de noter que les cultures associées ont pour base le cacaoyer (photo 3-9). En effet, cette dernière est accompagnée (ou associée) dans les premières années par des cultures vivrières telles que la banane plantain, le taro, le manioc. En effet, pour les cultures telles que le maïs ou le riz, l'on note rarement une association avec la cacao-culture. Aussi, les espaces identifiées comme cultures annuelles une année donnée sont laissées en jachère l'année qui suit (photo 3-10).

Un autre cas de figure qui est important à signaler est la confusion entre cultures annuelles et jachère (un ou deux ans).

- **Les jachères** sont des parcelles ou terres qui pourraient produire mais qu'on laisse temporairement à l'abandon (un ou deux ans) pour la disposer à une meilleure production (Duhamel du Monceau, 1758 ; Robinson, 1962). Ce type de végétation a été inclus dans la carte d'occupation des sols sous la catégorie 'cultures annuelles'.



Photo 3-9 : Cultures annuelles (cultures associées)



Photo 3-10 : Jachères jeunes (un an)

Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

Les localités (photo 3-11) sont constituées de sites habités que sont les villages de Angovia, Allahou Bazi, Kouakougnanou, Akakro, N'Da Koffi Yobouékro et Bokasso.

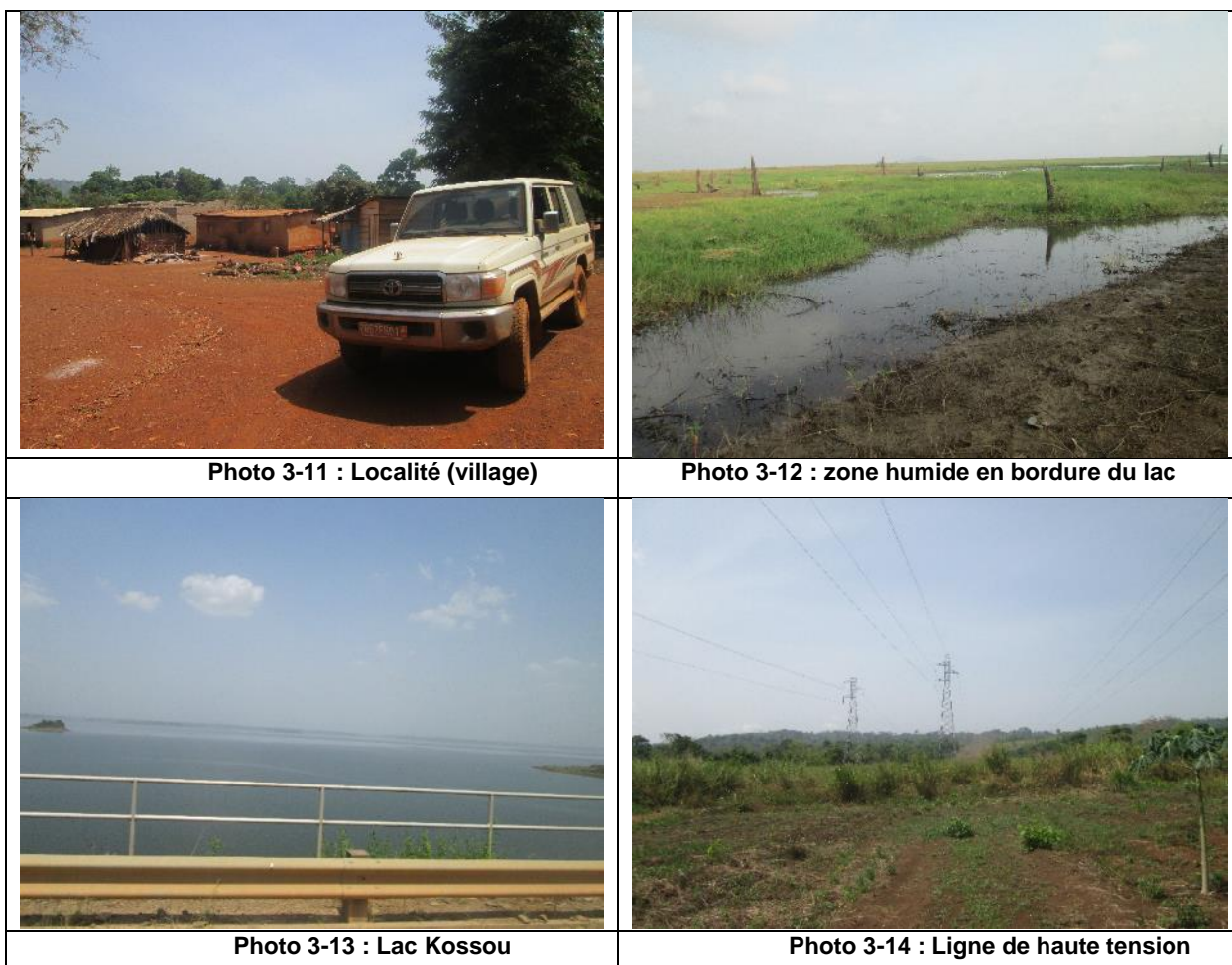
La zone humide (photo 3-12) ou saisonnièrement inondée peut se définir comme des étendues de marais, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres (Convention de Ramsar, 1971).

Dans cette étude, la zone humide ou saisonnièrement inondée est constituée du fleuve Bandama, du lac de Kossou, et leurs bordures constituées de forêts galeries/ripicoles, et les plages couvertes de végétation herbacées et de forêts dégradées.

Le lac de Kossou (photo 3-13) aliment un barrage hydroélectrique construit sur le fleuve Bandama. Il s'agit de l'un des principaux fleuves de la Côte d'Ivoire qui arrose la zone d'étude.

Un autre type d'utilisation des terres est représenté par les infrastructures linéaires: lignes de haute tension, routes et pistes.

- **Les lignes de haute tension** (photo 3-14) sont les infrastructures de transport d'électricité du site de production vers les sites de consommation. Généralement, ces lignes de hautes tensions ont des zones d'emprises qui sont entretenues (nettoyées). Cette situation donne naissance à une végétation herbacée et dense mais sans ligneux.



Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

- **Les routes et pistes** (photo 3-15) sont les éléments du réseau routier du site d'étude.

Les carrières (photo 3-16) sont les plus importants sites (fosses) d'exploitation de minerai.

Les sols nus (photo 3-17) sont les sols dénudés, souvent par la sécheresse ou les activités humaines dans les savanes herbeuses et arbustives.

Les cimetières, les forêts sacrées, et les sites d'orpillages ont été des données importées de la base de données géographique mise à disposition par le Projet.



Photo 3-15 : Route principale Kossou Angovia

Photo 3-15 : Carrières ou mines artisanales



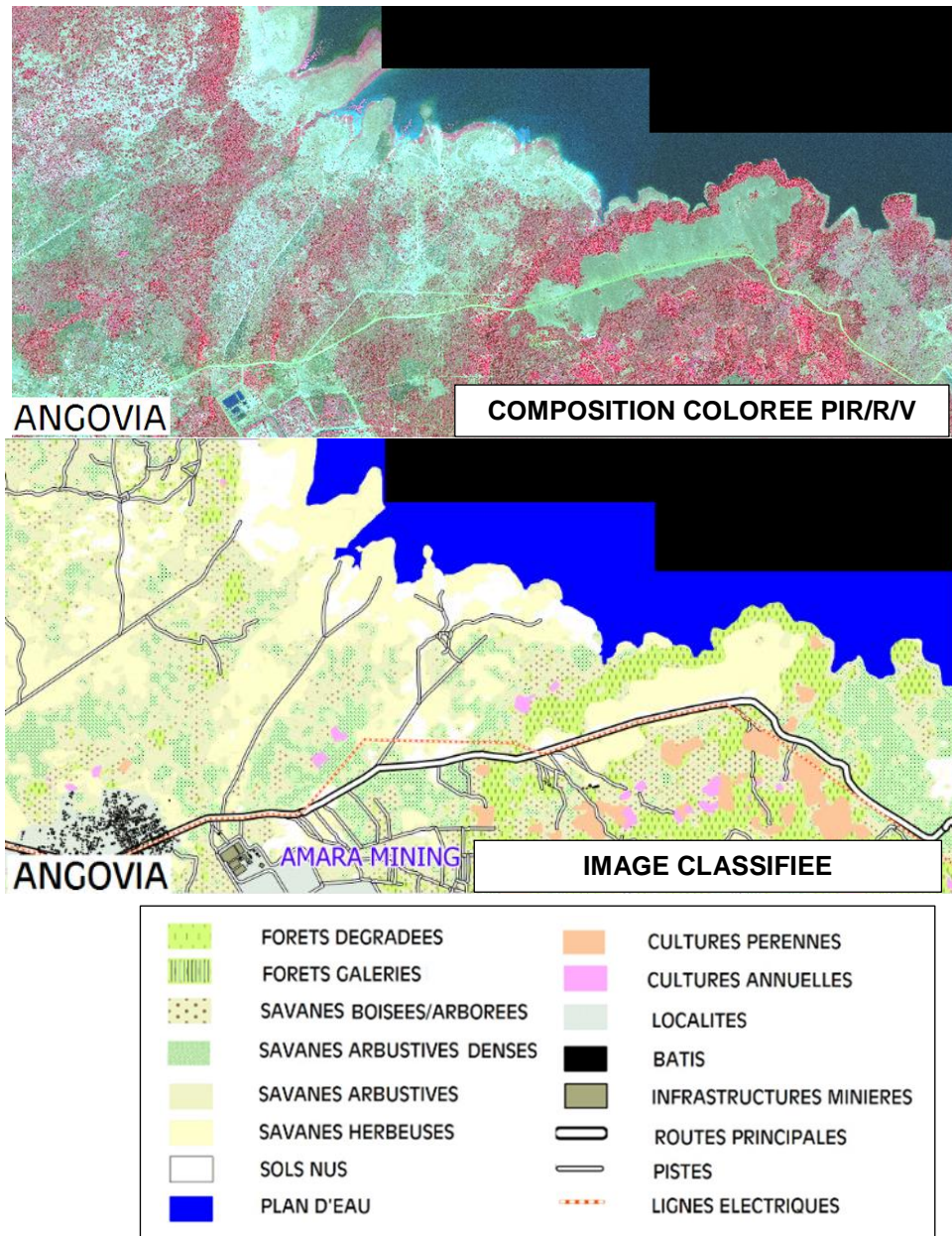
Photo 3-17 : Sols nus

3.2. Précision des données cartographiques

3.2.1. Précision thématique

L'analyse visuelle comparative de l'image de la composition colorée PIR/R/V et celle classifiée indique une traduction fidèle de la réalité (Figure 3-1).

Figure 3-1 : Analyse thématique visuelle de la classification d'image et de la composition colorée de base (PIR/R/V)



Source : 2D CONSULTING AFRIQUE, mars 2015

3.2.2. Précision statistique du traitement d'image

Deux groupes d'entités peuvent être identifiés en fonction de la précision cartographique. Il s'agit des unités cartographiques les mieux cartographiées (tableau 3-1) et celles les moins bien discriminées (tableau 3-2).

Tableau 3-1 : Commentaire au niveau de précision (90-100%) des unités cartographiques

Occupation/utilisation du sol	Précision cartographique variant de 90à 100 %
Forêts ripicoles/galeries	Pas de confusion vue leur localisation particulière en bordure de fleuve.

Savanes arbustives	Pas de confusion particulière avec les deux autres types de savanes qui sont soit sans strate ligneuse, soit avec une strate ligneuse très dense.
Savanes herbeuses	Pas de confusion particulière.
Sols dénudés	Bonne détermination.
Localités	Pas de confusion avec les sols nus, vue la présence de bâtis et de réseau routier (et selon un shapefile fourni par le Projet).
Fleuve	Pas de confusion avec les autres classes.
Lac	Pas de confusion avec les autres classes.

Tableau 3-2 : Commentaire au niveau de précision (70-80%) des unités cartographiques

Occupation/utilisation du sol	Précision cartographique variant de 70 à 80%
Forêts dégradées	Légère confusion avec les forêts galeries qui se distinguent par leur situation le long du fleuve Bandama.
Savanes boisées/arborées	Légère confusion avec les savanes arbustives lorsque ces dernières deviennent très denses.
Savanes arbustives denses	Légère confusion avec les savanes boisées/arborées lorsque ces dernières deviennent peu denses.
Cultures pérennes	Classe dominée par la cacao-culture. Elle est généralement bien discriminée en zone de savane. En zone de forêt, sa discrimination devient un peu plus complexe probablement pour les deux raisons suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • la cacao-culture sous abris (sous les arbres) ; • la similarité de la signature spectrale entre les champs de cacao mature et les forêts dégradées
Cultures annuelles	Forte confusion avec les cultures pérennes. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les cultures annuelles servent de couverture aux cultures pérennes au stade juvénile. Ces dernières finissent après quelques années par imposer leur physionomie.

3.3. Carte d'occupation du sol

Voir document associé (Annexe C).

3.4. Répartition spatiale des différents types d'occupation/utilisation des sols

La zone d'étude couvre une superficie de 12 776,42 ha (Tableau 3-3), soit un quadrilatère d'environ 12 km sur 10 km. Le tableau 3-3 de la répartition des superficies indique que les savanes occupent environ 48 % de l'espace contre 26 % pour les forêts. Les cultures (pérennes et annuelles) couvrent environ 12% du périmètre et seulement 2,36% pour les sols nus.

Tableau 3-3 : Répartition spatiale des différents types d'occupation/utilisation des sols

Occupation/utilisation du sol	Surface (ha)	Pourcentage
Forêt dégradées/secondaires	3 218,49	26,29
Forêts ripicoles et galeries	140,28	
Savanes boisées	2 700,74	48,17
Savanes arbustives denses	887,27	
Savanes arbustives	1 784,67	
Savane herbeuse	781,24	
Cultures pérennes	1 278,52	12,37
Cultures annuelles	302,49	
Sols nus	301,01	2,36
Rivières et plans d'eau	797,24	6,24
Villages et campements	352,34	2,76
Forêts sacrées	122,78	1,82
Cimetières	109,35	
TOTAL	12 776,42	100.00

Infrastructure de la mine	2,49	0.02
Zones inondables	125,74	0.98
Carrières	527,93	4.13

Il faut aussi noter que la superficie des sols nus est à prendre avec beaucoup de prudence. En effet, il s'agit d'une donnée très variable en fonction des saisons. En effet, l'image de base de cette étude date de la période sèche (4 janvier 2014) où les feux, la préparation des terres de cultures, ainsi que les activités d'orpaillage ont contribué à maximiser leur étendue.

Une autre remarque importante, est l'absence de forêts primaires, c'est-à-dire une forêt non encore touchée par les activités humaines. En effet, même s'il s'agit d'une zone couverte initialement d'une mosaïque de savanes et de forêts denses semi-décidues, les traces d'activités humaines ont été notées dans toutes les forêts visitées. Ainsi, ces dernières présentent une physionomie assez dégradée.

Au niveau des cultures, la difficulté de leur discrimination spectrale a été compensée par une interprétation/digitalisation manuelle. Il n'est toutefois pas exclue que certaines cultures aient échappées à cette association de méthodes d'extraction d'informations à partir d'images spatiales (classification d'image et digitalisation d'information par interprétation visuelle). En effet, ce cas de figure est très probable, surtout pour la cacao-culture sous abris (couverture forestière). Un autre point à signaler est la conversion d'une partie très importante des cultures annuelles d'ici quelques années en cultures pérennes.

4.0. CONCLUSION

En conclusion à cette étude il convient de retenir que:

- Le traitement des données spatiales (image Digital Globe de janvier 2014) complété et validé par la collecte des données de terrain (10 jours) a permis d'atteindre l'objectif principal de cette étude qui était d'améliorer les connaissances sur l'occupation/utilisation du sol dans la zone aurifère du Yaoure par la production d'une carte;
- Une carte d'occupation/utilisation des sols avec diverses unités cartographiques dont les surfaces sont estimées a été élaborée. Les différentes unités cartographiques sont les suivantes:
 - Forêts (dégradées/secondaires et forêts galeries/ripicoles);
 - Savanes (arborées, savanes arbustives denses, savanes arbustives et savanes herbeuses);
 - Cultures (pérennes et annuelles, ainsi que les cultures associées et jachères);
 - Sols nus;
 - Rivière et plan d'eau (fleuve Bandama, lac de Kossou);
 - Localités (villages);
 - Sites sacrés (Forets sacrées et cimetières);
 - Infrastructures minières;
 - Zones humides inondées saisonnièrement;
 - Carrières;
 - Sites d'orpaillage;
 - Infrastructures linéaires (routes et pistes, ligne de haute tension);
 - Sites archéologiques.

Limites de l'étude:

Malgré les efforts de validation par les vérifications de terrain, la caractérisation cartographie des plantations de cacao sous forêt reste assez complexe. Ainsi, il est possible que les surfaces occupées par ces dernières aient été sous-estimées.

Il en est de même pour les surfaces occupées par les localités qui auraient été sous-estimées compte tenu de la difficulté de discrimination des hameaux (deux à trois cases isolées).

Enfin, les zones humides dans cette étude se résument principalement aux zones de bas-fonds, zones temporairement inondées le long des plans d'eaux pendant les saisons pluvieuses. Les limites de ces zones devront faire l'objet d'une mise à jour pendant les périodes de débordement (d'inondation) des plans d'eau. Ces données pourront être croisées avec des études floristiques et pédologiques pour une confirmation.

5.0. REFERENCES

Andrews, D.J., A.H. Kassam. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. p. 1-10 in R.I. Papendick, A. Sanchez, G.B. Triplett (Eds.), Multiple Cropping. ASA Special Publication 27. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Convention de Ramsar (1971). Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2013. Le Manuel de la Convention de Ramsar : Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6e éd. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse. <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-fr.pdf>

Duhamel du Monceau H.L., 1758. Explication de plusieurs termes de botanique et d'agriculture, in : *La physique des arbres*, t. 2 : 359-432. Paris.
<http://mots-agronomie.inra.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Jach%C3%A8re>
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1061687.r=.langFR>

Letouzey, 1982

http://www.observatoire-comifac.net/docs/edf2013/FR/EDF2013_FR_chap6.pdf

OIBT 2005. Critères et indicateurs révisés de l'OIBT pour l'aménagement durable des forêts tropicales, modèle de rapport sur les C&I inclus. Série OIBT: Politique forestière N° 5. OIBT, Yokohama, Japon.

FAO. (2002). Etude de cas d'aménagement forestier exemplaire en Afrique centrale: les systèmes agroforestiers cacaoyers, Cameroun. Par Denis J. Sonwa, octobre 2002. Document de travail FM/12F. Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division des ressources forestières.

Robinson, 1962

Robinson D.H. (ed), 1962. *Fream's elements of Agriculture*. London, John Murray, 14th edition.

<http://www.francois-sigaut.com/index.php/publications-diverses/publications/12-articles-fond/299-2008a>

Yangambi (1956),

Aubréville, A. (1957) Accord Yangambi SUI la nomenclature des types africains de végétation. Bois Forêts Trop. 51: 23-27.

http://bft.cirad.fr/cd/BFT_051_23-27.pdf

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_04-05/05570.pdf

[candolea](#)

6.0. ANNEXES

Annexe A : Coordonnées GPS des sites visités

FORETS DEGRADEE

ID	Y	X
1	775773	217348
2	775773	217346
3	775994	216854
4	774902	215486
5	774880	215514
6	775123	220419
7	775032	220710
8	776064	216786
9	775504	220322
10	775562	220115
11	774947	217987
12	771989	226326
13	772571	224992
14	772487	224572
15	773345	225992

FORET RIPICOLE/GALERIE

ID	Y	X
1	775065	215337
2	775597	218303
3	771226	223649
4	771354	223659
5	771550	223662
6	771932	223890
7	772158	223754
8	772675	223859
9	773453	223739
10	773915	223949
11	775229	224784
12	776432	225381
13	771255	223822
14	772498	223976
15	772355	223763
ID	776386	225559
16	776245	225386
17	772161	223937
18	771819	223877
19	771913	223699

SAVANE ARBUSTIVE

ID	Y	X
1	777396	214814
2	777473	214846
3	780866	221352
4	779550	224242
5	779752	224116
6	778799	226402
7	778468	225882
8	779024	222170
9	780554	218283
10	781214	218650
11	781355	220737
12	779485	218385
13	779248	226068
14	779029	225594
15	781282	217231
16	781295	216451
17	778480	218104
18	778937	216015
19	779667	223397

SAVANE HERBEUSE

ID	Y	X
1	780866	221352
2	779550	224242
3	781356	221060
4	778577	219145
5	780376	221797
6	780283	222794
7	780204	223104
8	780248	222205
9	778292	224653
10	779850	215019
11	779802	224858
12	779311	223643
13	780085	223352
14	780816	221596
15	781027	221024

SAVANES ARBUSTIVES
 DENSES

ID	Y	X
1	779049	226540
2	788788	226551
3	778570	226163
4	778771	225631
5	779159	225263
6	779000	222576
7	778898	221706
8	779016	221015
9	779234	219082
10	781348	215833
11	774035	222631
12	774317	221504

PLAN D'EAU LAC

ID	Y	X
1	781376	221750
2	780964	222377
3	781345	223091
4	781337	224329
5	780710	223202
6	780170	223806
7	779940	226449
8	781281	226409
9	780662	225647
10	780726	224647

PLAN D'EAU FLEUVE

ID	Y	X
1	771093	223631
2	771998	223818
3	772839	223925
4	773453	223814
5	773818	223955
6	774116	224232
7	774766	224431
8	775819	225451
9	777510	225789
10	777766	226295

SAVANE
 BOISEE/ARBOREE

ID	Y	X
1	775093	215043
2	775077	215113
3	775072	215161
4	775099	215262
5	775140	215269
6	775588	218246
7	775389	219112
8	775095	219466
9	771966	222647
10	777978	219208
11	776330	218172
12	780568	216276
13	777724	217184
14	776972	215351
15	771376	216847
16	771078	224287
17	777196	219522
18	776360	216217
19	775089	215006
20	775007	215031

CULTURE PERENNE

ID	Y	X
1	778895	225177
2	779193	224819
3	779143	224125
4	771638	222465
5	779820	215502
6	780707	215679
7	778637	222721
8	777612	222192
9	776005	222985
10	773978	221994
11	773213	220012
12	771225	220276
13	771809	219467
14	772084	219313
15	773252	220061
16	779942	225221
17	779545	225149
18	777563	221493
19	777513	219241
20	777667	218745

CULTURE ANNUELLE		
ID	Y	X
1	778174	226054
2	778915	224985
3	778802	223788
4	779052	221483
5	778125	218617
6	778529	217263
7	779683	216063
8	776674	215841
9	777241	215010
10	772971	222985
11	774100	222088
12	775158	220271
13	776633	219957
14	779645	216438
15	780223	216328

ZONE HUMIDE		
ID	Y	X
1	780600	221811
2	780276	222017
3	775029	220657
4	775054	220486
5	773137	223657
6	777867	226316
7	779917	225943
8	780372	222077
9	777049	225758
10	777233	220749

JACHERE JEUNE		
ID	Y	X
1	772023	222710
2	772361	222817
3	772402	222877
4	772960	223083
5	775163	220000
6	775300	221057
7	775608	218784
8	775389	219112
9	776484	215972
10	774926	221904

LOCALITE		
ID	Y	X
1	771644	219745
2	775051	214951
3	774514	222451
4	775698	217571
5	778366	219877

INFRASTRUCTURE MINIERE

ID	Y	X
1	778274	220893
2	778242	221041
3	777630	221113
4	777515	220760
5	777011	220851

ROUTE ET PISTE

ID	Y	X
1	771137	223999
2	776272	225939
3	778435	226365
4	779097	223158
5	779612	217097
6	776720	215705
7	775052	221756
8	776954	220461
9	780358	220503
10	775652	218694

LIGNE HAUTE TENSION

ID	Y	X
1	774669	222099
2	774896	222375
3	779345	224734
4	776264	216582
5	772500	219044

Annexe B : Coordonnées GPS des sites visités lors de la validation

FORET DEGRADEE		
ID	Y	X
1	781334	215676
2	780316	213970
3	778371	213758
4	779654	222317
5	777008	214697
6	776770	216430
7	777961	222899
8	776215	224328
9	774786	214102

FORET GALERIE/RIPICOLE		
ID	Y	X
2	776183	224473
3	775277	223878
4	774523	223369
5	779611	223401
6	777930	225016
7	777793	224666
8	779645	224603
9	777020	224317
10	779550	222063

SAVANE BOISEE/ARBOREE		
ID	Y	X
2	781003	219222
3	780752	216867
4	780130	214300
5	779628	216629
6	778874	222833
7	777299	213731
8	777961	217634
9	776625	222767
10	776109	213705

SAVANE ARBUSTIVE		
ID	Y	X
1	781308	214313
2	781228	216853
3	779879	213546
4	779363	218282
5	779376	220267
6	777590	213414
7	777498	218878
8	779376	224090
9	777141	222727
10	776228	213837

CULTURE PERENNE		
ID	Y	X
1	780633	214208
2	780646	215875
3	779509	214009
4	778516	215015
5	779191	223362
6	777908	223918
7	777379	214694
8	776294	222145
9	775394	222145
10	774601	220240

CULTURE ANNUELLE		
ID	Y	X
1	781162	213758
2	780858	215795
3	780368	214380
4	779032	214194
5	779098	217264
6	779469	221550
7	778834	222979
8	777961	214221
9	777868	217832
10	777921	221444

VILLAGES ET HAMEAUX		
ID	Y	X
1	778371	218123
2	776148	214856
3	775593	216047
4	774984	213268
5	774402	220888

INFRASTRUCTURES MINIERES		
ID	Y	X
1	778377	220622
2	778326	220561
3	778309	220658
4	778260	220590
5	778211	220637

ROUTE ET PISTE		
ID	Y	X
1	781272	213725
2	781096	215621
3	778477	216521
4	775760	215074
5	779884	219198

SOLS NUS		
ID	Y	X
1	780952	214169
2	780936	216518
3	781159	218947
4	780285	214391
5	780285	220646

LAC ET FLEUVE		
ID	Y	X
1	781397	219582
2	781254	221122
3	781095	224091
4	780095	221630
5	778269	218741

LIGNE ELECTRIQUE HAUTE TENSION		
ID	Y	X
1	781233	213764
2	778712	215504
3	779142	220430
4	778164	224124
5	777070	212611

SAVANE HERBEUSE		
ID	Y	X
1	781142	213779
2	780435	214672
3	780784	219307
4	780054	216116
5	781102	213862
6	780768	219466
7	779133	216005
8	780784	219498
9	780242	221699
10	778570	217720

Annexe C : Carte d'occupation/utilisation des terres du projet aurifère du Yaoure

