



## Etude de base sur l'état des lieux des sites de minéraux de développement dans les sites de Pitoa, Mora, Maga et Foubot au Cameroun



### RAPPORT

#### Réalisé par :

- Dr. MOUSSA Charlot (PNUD),
- Dr. NGNIPA Romary (Université de Dschang),
- M. TCHEUGOUE Loic (Université de Dschang),
- M. TIOLEFACK Brad (Université de Dschang)

**Juillet 2024**

## REMERCIEMENTS

Le document « **Etude de base sur l'état des lieux des sites de minéraux de développement dans les sites de Pitoa, Mora, Maga et Foubot au Cameroun** » a été élaboré sous la coordination du Dr MOUSSA Charlot, Coordonnateur Pays du Programme ACP-UE en faveur des Minéraux de Développement.

L'équipe de travail était constituée de :

- Dr. NGNIPA TCHINDA Romary, Université de Dschang ;
- M. ZANGUIM TCHOUTEZOU Guy Herman, Université de Dschang ;
- M. TCHEUGOUE Loic, Université de Dschang ;
- M. TIOLEFACK Brad (Université de Dschang)

Ce travail n'aurait pas abouti sans le soutien financier du Programme ACP-UE en faveur des Minéraux du Développement (Fond de Contrepartie du Gouvernement Camerounais).

## Table des matières

REMERCIEMENTS.....	2
Table des matières .....	3
Liste des figures .....	5
Liste des tableaux .....	7
Liste des acronymes .....	8
Résumé .....	9
1. Introduction.....	10
1.1. Contexte et enjeu de l'étude .....	10
1.2. Objectifs de l'étude .....	11
1.2.1. Objectif général.....	11
1.2.2. Objectifs spécifiques.....	11
2.1 Localisation géographique .....	11
2.2 Milieu biophysique .....	14
2.2.1 Climat.....	14
2.2.2 Relief.....	16
2.2.4 Flore.....	19
3. Approche méthodologique .....	20
3.1 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol .....	20
3.1.1 Données utilisées.....	21
3.1.2 Analyse de la dynamique d'occupation du sol .....	22
3.2 Méthode d'identification des facteurs responsable de la dégradation et l'évaluation des conséquence de celle-ci sur l'environnement physique. ....	24
3.2.1. Méthode d'identification des facteurs de la dégradation.....	24
3.2.2. Méthode d'évaluation des conséquences de la dégradation sur l'environnement physique des sites.....	25
3.3. Proposition des stratégies de gestion durable des sites d'exploitation .....	25
4. Résultats de l'étude.....	26
4.1 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol .....	26
4.1.1 Etat de l'occupation du sol dans le site de Pitoa entre 1990, 2013 et 2024 .....	26
4.1.2 Etat de l'occupation du sol dans le site de Mora entre 1990, 2013 et 2024.....	29
4.1.3 Etat de l'occupation du sol dans le site de Maga entre 1990, 2013 et 2024 .....	32
4.1.3 Etat de l'occupation du sol dans le site de Foubot entre 1990, 2013 et 2024	35

4.2 Facteurs responsables de la dégradation et conséquences sur l'environnement associé .....	37
4.2.1 Facteurs responsables de la dégradation.....	37
4.2.1.1 Agents responsables de la dégradation .....	37
4.2.1.2 Moteurs responsables de la dégradation .....	39
4.2.2 Conséquences de la dégradation sur l'environnement physique des sites étudiés	43
4.2.2.1 Effets liés au sol .....	43
4.2.2.2 Effets liés à la ressources végétale .....	45
4.3 Proposition des stratégies de gestion durable de ces sites d'exploitations. ....	45
5. Conclusion et recommandation .....	48
6. Recommandation.....	49
7. Bibliographie .....	50
Annexes .....	52
Annexe 1 : Interface du site de téléchargement des images satellitaires .....	52
Annexe 2 : Arbre déraciné par les extractions de Pouzzolane à Foubot .....	52
Annexe 2 : Carrières non réutilisées après les extractions .....	53
Annexe 3 : Discussions avec les exploitants et focus groupe dans le site de Pitoa .....	54
Annexe 4 : Démonstration du fonctionnement de la machine de fabrication des briques de terre stabilisée à Mora .....	55

## Liste des figures

Figure 1: Localisation générale des sites d'études .....	13
Figure 2: Diagramme ombrothermique de Pitoa .....	14
Figure 3: Diagramme ombrothermique de Mora.....	14
Figure 4: Diagramme ombrothermique de Maga .....	15
Figure 5: Diagramme ombrothermique de Foumbot .....	16
Figure 6: Relief de Pitoa.....	16
Figure 7: Relief de Mora .....	17
Figure 8: Relief de Maga.....	18
Figure 9: Relief de Foumbot.....	19
Figure 10: Méthodologie générale de réalisation des cartes d'occupation du sol.....	24
Figure 11: Tendances de changement dans la zone de Pitoa entre 1990, 2013 et 2024.....	27
Figure 12: répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024. ....	28
Figure 13: Tendances de changement dans la zone de Mora entre 1990, 2013 et 2024. ...	30
Figure 14: Répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024.....	31
Figure 15: Changement dans la zone de Maga entre 1990, 2013 et 2024. ....	33
Figure 16: Répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024 à Maga. ....	34
Figure 17: Tendances de changement dans la zone de Foumbot entre 1990, 2013 et 2024. .....	35
Figure 18: Répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024 dans le site de Foumbot.....	36
Figure 19: Extraction des minerais sablo argileux par un fabricant des briques de terres cuites.....	37
Figure 20: Sites d'extraction du sable d'une entreprise à Mora.....	38
Figure 21: Etang et aux stagnantes près d'une localité de Maga.....	38
Figure 22: Insertion d'arbres dans le hangar.....	39
Figure 23: Cavités créées par les extractions de sables à Mora .....	40
Figure 24: Enfant transportant des pour la cuisson .....	41
Figure 25: Enfant décapant les berges du mayo pour obtenir de la terre sablo argileuse .	41
Figure 26: Eleveurs abreuvant leurs bœufs .....	42
Figure 27: Décapage d'une berge du Mayo Pitoa par un fabricant des briques .....	43

Figure 28: Terre ayant subi une érosion sur un site d'exploitation des minéraux sablo argileux .....	44
Figure 29: Arbre avec des racines exposées suite aux exploitations des minéraux .....	44
Figure 30: Cavités créées par les extractions de sables à Mora .....	44
Figure 31: Arbres coupés pour la cuisson des briques .....	45
Figure 32: Arbres introduits dans un four pour la cuisson des briques .....	45
Figure 33: Schéma de synthèse pris en compte dans la restauration des sites d'exploitation dégradées dans les sites d'intérêt .....	47

## Liste des tableaux

Tableau 1: Récapitulatif des données utilisées .....	21
Tableau 2: statistiques des classes d'occupation du sol de Pitoa entre 1990 et 2013.....	26
Tableau 3: statistiques des classes d'occupation du sol de Mora entre 1990 et 2013 et 2024. ....	29
Tableau 4: Statistiques des classes d'occupation du sol de Maga entre 1990 et 2013 et...	32
Tableau 5: Statistiques des classes d'occupation du site de Foubot entre 1990 et 2013 et 2024. ....	35
Tableau 6: Récapitulatif des agents et facteurs de la dégradation dans les sites étudiés...	42

## Liste des acronymes

<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>MIR</b>	Moyen Infrarouge
<b>NASA</b>	Nationak Aeronautics and Space Administration
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index
<b>PIR</b>	Proche Infrarouge
<b>R</b>	Rouge
<b>THRS</b>	Très Haute Résolution Spatiale
<b>TIFF</b>	Tagget Image File Format
<b>WGS</b>	World Geodesic System

## Résumé

Le Cameroun a lancé une politique d'exploitation de ses ressources minières pour devenir un des principaux pays miniers d'Afrique d'ici 2035. La zone du grand Nord Cameroun, riche en ressources naturelles (or, boxite, fer, sable, etc) fait partir des sites d'exploitation. Cependant, cette exploitation à ciel ouvert, objet de dégradation des ressources environnantes (savane, galerie forestière, prairies) fragmente les écosystèmes et expose le sol aux catastrophes naturelles telles que les inondations, l'effondrement de terrain, etc. L'étude vise à réaliser un état des lieux des sites d'exploitation des minéraux de développement dans la région du grand Nord et de l'Ouest Cameroun, afin d'assurer une restauration durable du paysage.

L'étude se déroule dans quatre zones cibles (Pitoea, Mora, Maga et Foubot) pour couvrir la diversité des facteurs qui peuvent affecter la restauration des paysages. Ces facteurs comprennent l'utilisation des terres, la propriété des terres et des arbres, le rôle des femmes et des groupes minoritaires dans la société, la culture et la religion, l'histoire et les initiatives actuelles en matière de restauration des paysages dégradés.

Pour faire cet état des lieux, une approche de télédétection spatiale basée sur l'analyse des séries temporelles d'occupation du sol des 30 dernières années a été faite à partir des images Landsat de 30m et les images Sentinel de 15 à 10m.

Les résultats montrent que la situation de dégradation des sites d'exploitation minière dans ces zones est préoccupante. Entre 1990 et 2024, les surfaces d'exploitation ont connu une augmentation spectaculaire dans les différents sites comme Pitoea (31km<sup>2</sup>), Mora (59km<sup>2</sup>), Maga (12 km<sup>2</sup>) et Foubot (591 ha).

Les fabricants des briques de terre cuites sont les principaux agents dégradeurs des sites d'exploitation des minéraux de développement dans ces sites. Les conséquences directes de cette situation sont l'érosion des sols, la perte de la biodiversité, les inondations, les pertes en vie humaine et animale.

La mise en œuvre d'un projet de restauration du paysage des sites de minéraux de développement permettra d'impulser le développement local tout en privilégiant la gestion durable des paysages cibles, la ressource présente et le développement du secteur rural en prenant en compte la préservation des ressources naturelles, la réduction des conflits sociaux et la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté.

**Mots clés** : dégradation, minéraux de développement, télédétection spatiale

# 1. Introduction

## 1.1. Contexte et enjeu de l'étude

Le secteur minier est identifié comme un levier économique potentiel pour sortir les pays du Sud de la pauvreté et de l'endettement, selon la Banque Mondiale et le Fond Monétaire International. Dans la Stratégie National de Développement à l'horizon 2030 du Cameroun, le secteur minier est considéré comme une opportunité clé pour le développement, en raison des importantes ressources minérales extractibles présentes sur tout le territoire, notamment l'or, le diamant, l'argile, le granite, la kyanite, le calcaire, les matériaux pouzzolaniques, le quartzite, le sable et le gravier. Cependant, l'exploitation de ces ressources engendre des conséquences négatives sur les écosystèmes et les populations, notamment la pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques, l'exposition des sols, ce qui favorise les catastrophes naturelles (érosion des sols, inondation, éboulement de terrain, etc), la perte de la biodiversité faunique et floristiques dans un contexte de changement climatique défavorable. La région du grand Nord et de l'ouest Cameroun n'échappent pas à cette réalité car on note une recrudescence des inondations et l'érosion du sol, surtout dans les zones où l'exploitation minière est beaucoup observée. On note aussi des pertes énormes de surfaces forestières (forêt galerie et savane arborée) et de la biodiversité faunique en général.

La loi portant code minier exige une étude d'impact environnemental et social avant le début de toute activité minière, ainsi que la restauration ou la réhabilitation des sites après la fermeture des mines. Malheureusement, sur le terrain, les sites d'exploitation minière dans la zone du grand Nord et de l'Ouest sont souvent abandonnés sans fermeture adéquate, ce qui entraîne des effondrements du sol, des décès du bétail et des humains, et la formation de lacs artificiels. Il est donc nécessaire de renforcer les capacités des acteurs du secteur minier, de promouvoir des principes de durabilité de l'exploitation minière à l'échelle locale, et de mettre en place des mécanismes de crédit carbone et des sanctions pécuniaires pour les entreprises qui continuent à polluer. De plus, l'exploitation minière doit contribuer au développement social et économique des populations locales, en évitant la prolifération des habitats spontanés, la délocalisation des communautés, et les bouleversements socioculturels et économiques.

## **1.2. Objectifs de l'étude**

### **1.2.1. Objectif général**

L'objectif principal est de contribuer à une meilleure gestion des sites d'exploitation des minéraux du développement dans les arrondissements de Pitoa, Mora, Maga et Foubot au Cameroun.

### **1.2.2. Objectifs spécifiques**

Plus spécifiquement il s'agit de :

- Faire un état des lieux des sites d'exploitation des minéraux du développement dans les arrondissements de Pitoa, Mora, Maga et Foubot durant les 30 dernières années
- Dégager les facteurs responsables de la dégradation de ces sites ainsi que les conséquences de celle-ci sur l'environnement physique de ces zones
- Proposer des stratégies de gestion durable de ces sites d'exploitations.

## **2.1 Localisation géographique**

Les différents sites d'interventions sont situés dans le septentrion plus précisément dans la zone du grand Nord Cameroun (Pitoa, Maga et Mora) et Foubot dans la région de l'ouest Cameroun.

- **Zone de Pitoa**

Pitoa est situé dans la région du Nord Cameroun, département de la Benoué et selon les coordonnées 9°39' en Latitude et 13°50' en Longitude ; Il est limité au Nord par l'arrondissement de Dembo, au Sud par l'arrondissement de Lagdo, à l'Est par l'arrondissement de Bibémi et à l'Ouest par les arrondissements de Demsa et Bashéo. Le paysage d'étude choisi dans cette municipalité couvre une superficie de 11 112.91 ha et intercepte les communes de Garoua IIe et Garoua IIIe.

- **Zone de Mora**

Mora se trouve dans la région de l'extrême-Nord, département du Mayo-Sava et selon les coordonnées 11°06' en Latitude et 14°12' en Longitude. Il est limité au Nord par le Nigeria, au Sud par les communes de Tokombéré et Koza, à l'Est par les communes de Pette,

maroua 3 et Waza et enfin à l'Ouest par la commune de Kolofata. Le paysage d'étude qui a été validé dans cette localité s'étend sur 32182.88 hectares et s'étend sur une grande partie de la commune de Mora et contient des portions dans les communes de Maroua IIIe, Meri, Tokombére, Koza, Mayo Moskota et Kolofata.

- **Zone de Maga**

Maga quant à lui se trouve dans la région de l'extrême-Nord et plus précisément dans le département du Mayo-Danay et selon les coordonnées 10°83' en Latitude et 14°95' en Longitude. Il est limité au Nord par l'arrondissement de Zina, au Sud par l'arrondissement Kai-Kai à l'Est par le Tchad et à l'Ouest par l'arrondissement de Bogo. Ici, le paysage considéré s'étend sur 12197.19 hectares couvrant une partie de l'arrondissement de Maga mais aussi avec de petites portions dans les communes de Bogo, kai-kai et avec une portion dans le territoire du Tchad.

- **Zone de Foubot**

Situé au Sud-Ouest du plateau Bamoun, plus précisément dans la moitié sud de la plaine alluviale du Noun entre la latitude 5°16' et 5°35' puis la longitude 10°30' et 10°45' Est, Foubot est délimité géographiquement : Au Nord Est par la commune de Koutaba , Au Sud-Ouest par la commune de Djebem (Département de Nkoug-khi), Au Nord-Ouest par la commune de Kouoptamo ; A l'Ouest par les communes de Bafoussam 1er et Bafoussam 2e (Département de la Mifi), Au Sud par le Département du Ndé A l'Est par la commune de Massangam.

La figure ci-dessous présente la carte de localisation générale des sites d'étude.

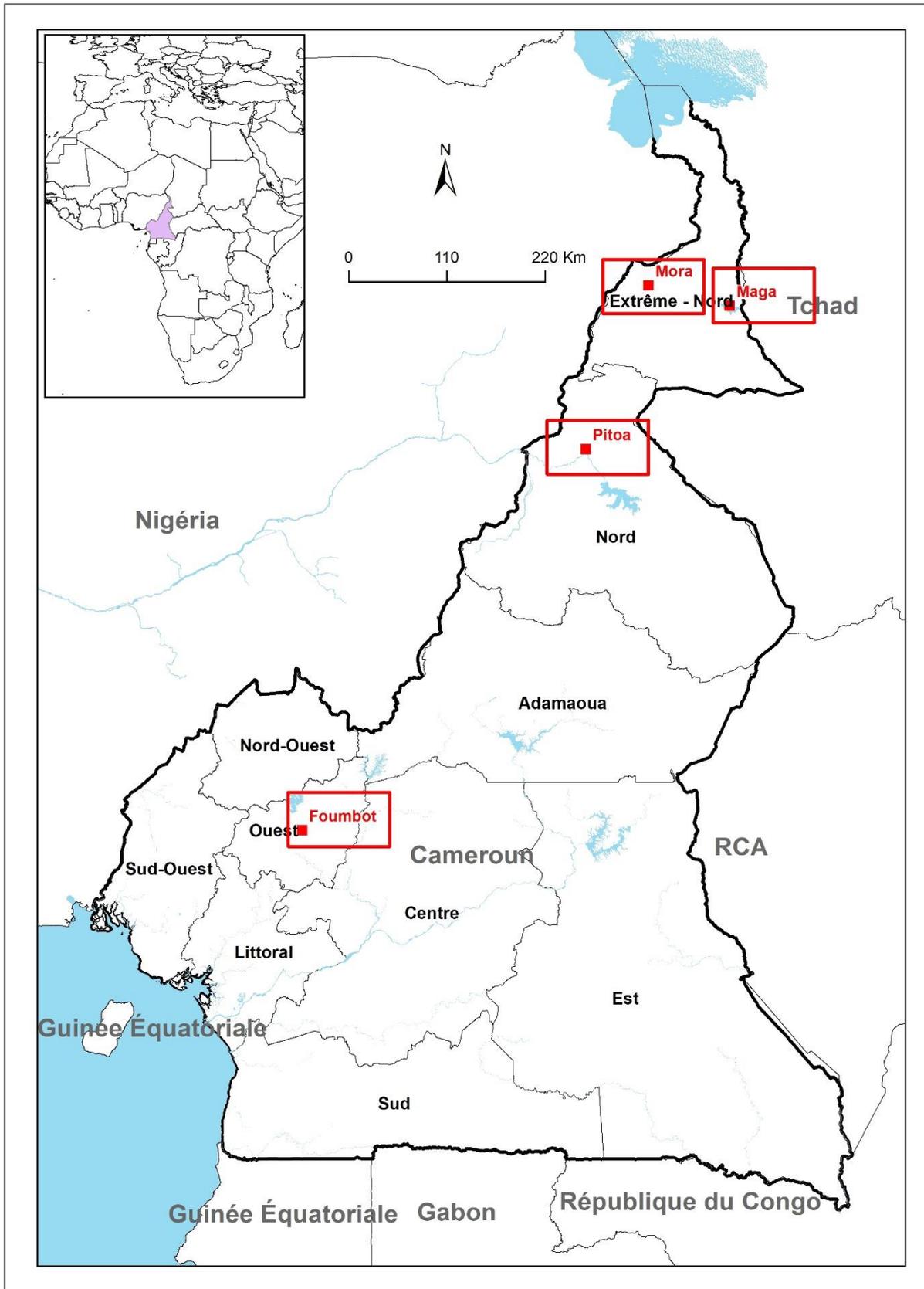


Figure 1: Localisation générale des sites d'études

## 2.2 Milieu biophysique

### 2.2.1 Climat

- Cas de pitoa

Le climat qui règne dans l'arrondissement de Pitoa est de type Soudano-Sahélien, caractérisé par une saison sèche qui dure 6 mois et une saison de pluies allant de Mai à octobre avec de grandes irrégularités. Ce climat est fortement influencé par la présence des fleuves Bénoué et les Mayo Kébi, Lébri, Badjouma, Bangaï (PCD Pitoa, 2015). Les mois les plus pluvieux sont juillet, août et septembre tant dis que les mois plus arides sont les mois de Décembre, Janvier, Février et Mars.

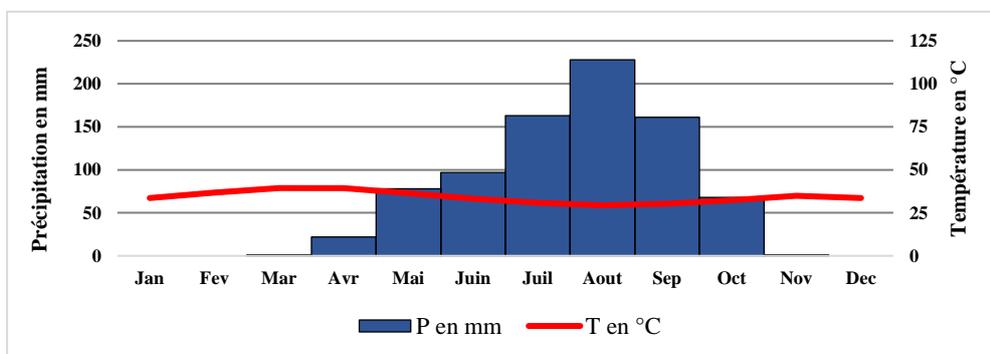


Figure 2: Diagramme ombrothermique de Pitoa

- Cas de Mora

L'arrondissement de Mora est caractérisée par un climat de type soudano-sahélien avec une longue saison sèche de 8 à 9 mois et une courte saison des pluies de 3 à 4 mois généralement entre les mois de juin et de septembre (PCD Mora, 2013). Les fortes pluies interviennent au mois d'août, suivi du mois de juillet et enfin le mois de septembre.

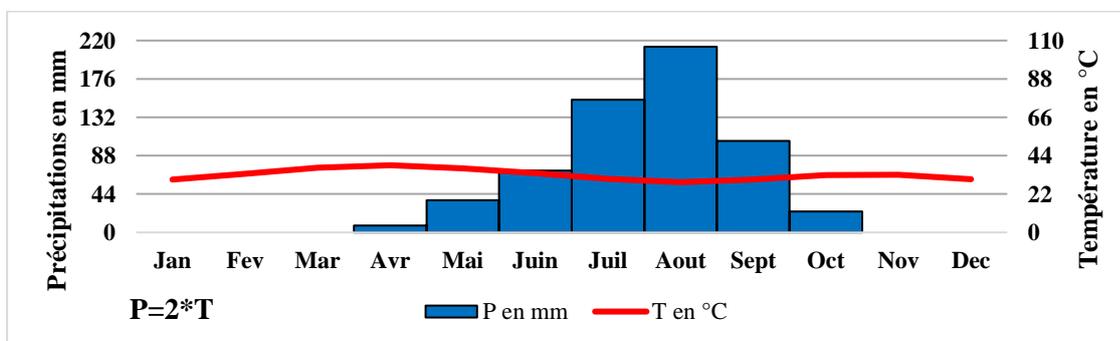
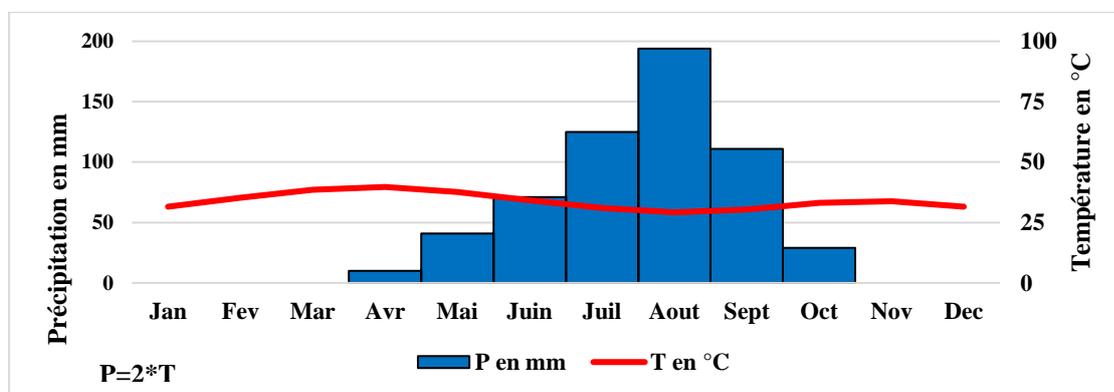


Figure 3: Diagramme ombrothermique de Mora

- **Cas de Maga**

Le climat de l'arrondissement de Maga s'arrime à celui de la région de l'Extrême-Nord ; il est du type soudano-sahélien. Ce climat est composé de deux principales saisons à savoir une saison sèche qui s'étend sur huit à neuf mois et une saison des pluies comprise entre trois et quatre mois (PCD Maga, 2012). La température moyenne en journée est comprise entre 33°C et 45°C. Selon les données du site climate data, la température moyenne annuelle est de 26.7°C. La pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à 900 mm. La saison des pluies débute en général à partir du mois de juin et s'achève en septembre avec une abondance des pluies au mois d'août ; tant dis que La saison sèche est comprise entre octobre et mai et atteint son paroxysme au cours des mois de mars et avril.



**Figure 4: Diagramme ombrothermique de Maga**

- **Cas de Foubot**

La pluviométrie moyenne de la commune varie entre 2500 et 5000mm de pluie par an avec des minima et maxima en Novembre et Juillet respectivement (IRAD, 2013). D'après la même source, on a noté une baisse de ces précipitations pour l'année 2012 jusqu'à une hauteur moyenne de 1633,8mm avec des minima de 23,7mm en Novembre et maxima de 335,7mm en Juillet pour 95 jours de pluie. La température moyenne annuelle oscille autour de 21°C. On note la présence des vents violents qui changent de direction et de force suivant des saisons. Ces vents sont à l'origine de certains dommages causés sur des habitations, les plantes fragiles telles que les bananiers sans tuteurs et les pieds de maïs. Ils sont aussi la cause de l'érosion éolienne surtout sur les parcelles nues et sur celles qui viennent d'être retournées et semées. L'humidité relative moyenne est supérieure à 80% avec des maxima en Août et Septembre. Cette période qui coïncide avec les activités de

récolte pose des problèmes de stockage et de conservation des produits tels que le maïs, le haricot et l'arachide.

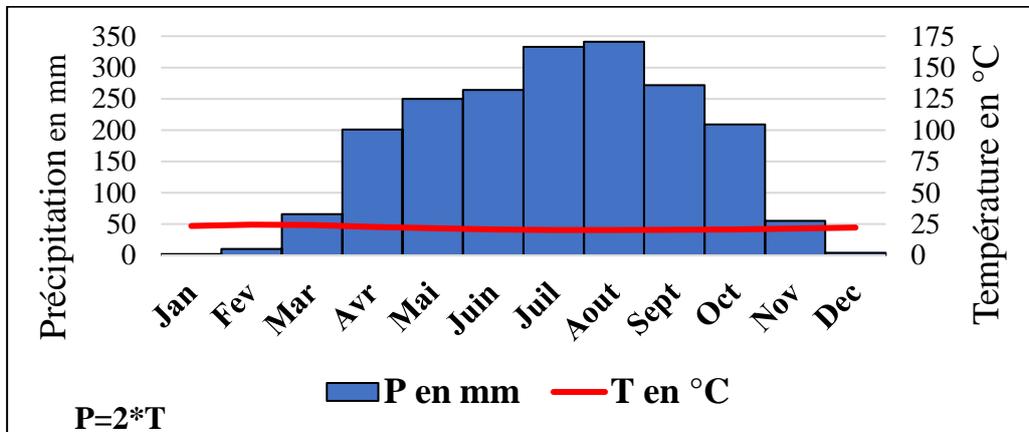


Figure 5: Diagramme ombrothermique de Foubot

### 2.2.2 Relief

- Cas de pitoa

Le relief de la commune de Pitoa est globalement accidenté, il est constitué d'une zone montagneuse (Mont Tinguelin) et de la vallée (vallée de la Bénoué). Le réseau hydrographique est composé de quelques cours d'eau (Mayo Badjouma, Mayo Pitoa, Mayo Lebri, Mayo Kébi et le fleuve de la Bénoué) (PCD Pitoa, 2015).

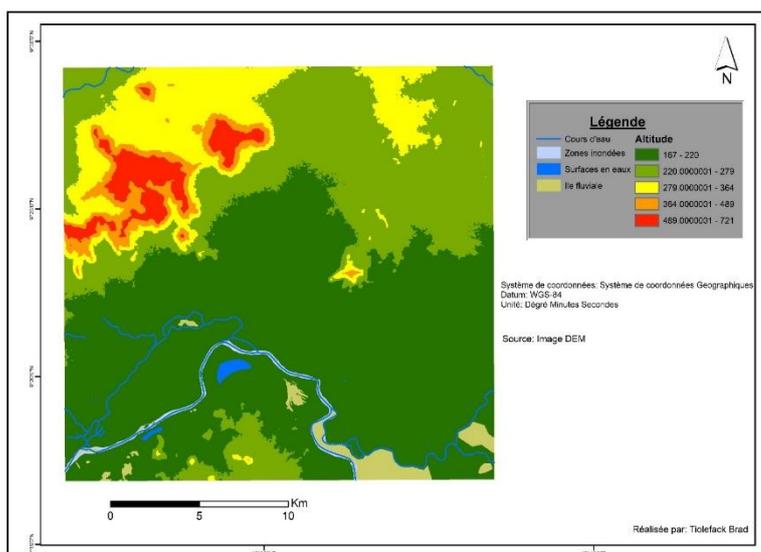
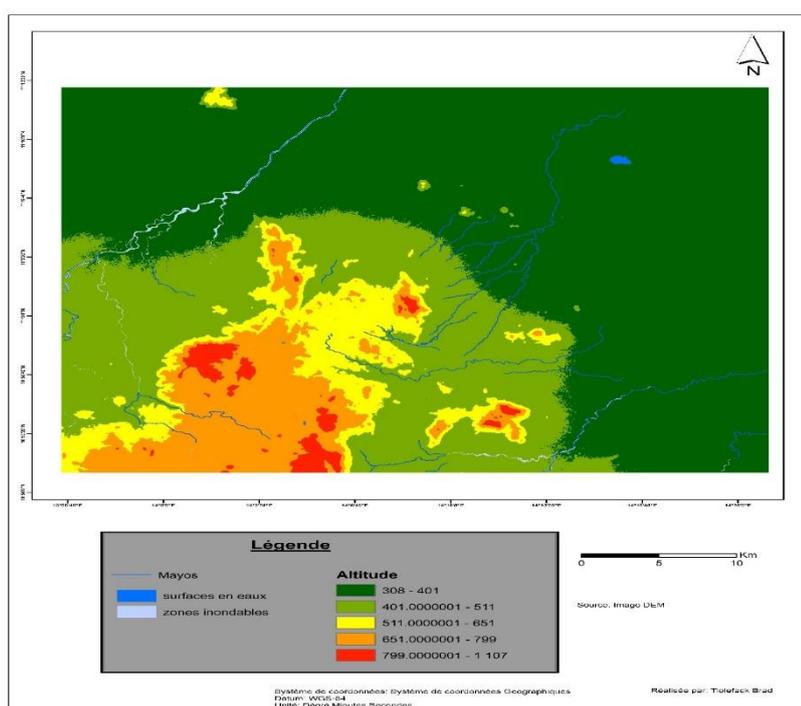


Figure 6: Relief de Pitoa

- **Cas de Mora**

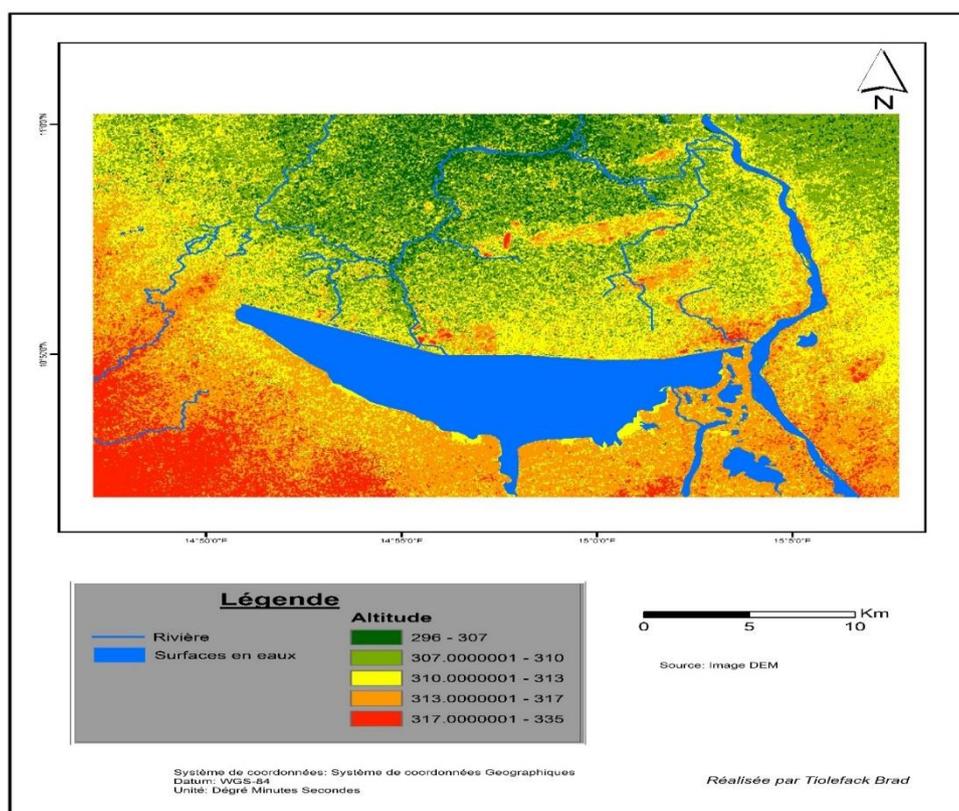
Le territoire de la commune de Mora est caractérisé par deux types de relief la zone de montagne 20% et la zone de plaine 80%. La zone de montagne est située à l'Ouest et au Sud- Ouest et constitue la continuité de la chaîne montagneuse de l'Ouest ; tant dis que la zone de plaine est située entièrement dans les parties Est, Sud et Sud-est de Mora. 2.2.3 Hydrographie



**Figure 7: Relief de Mora**

- **Cas de Maga**

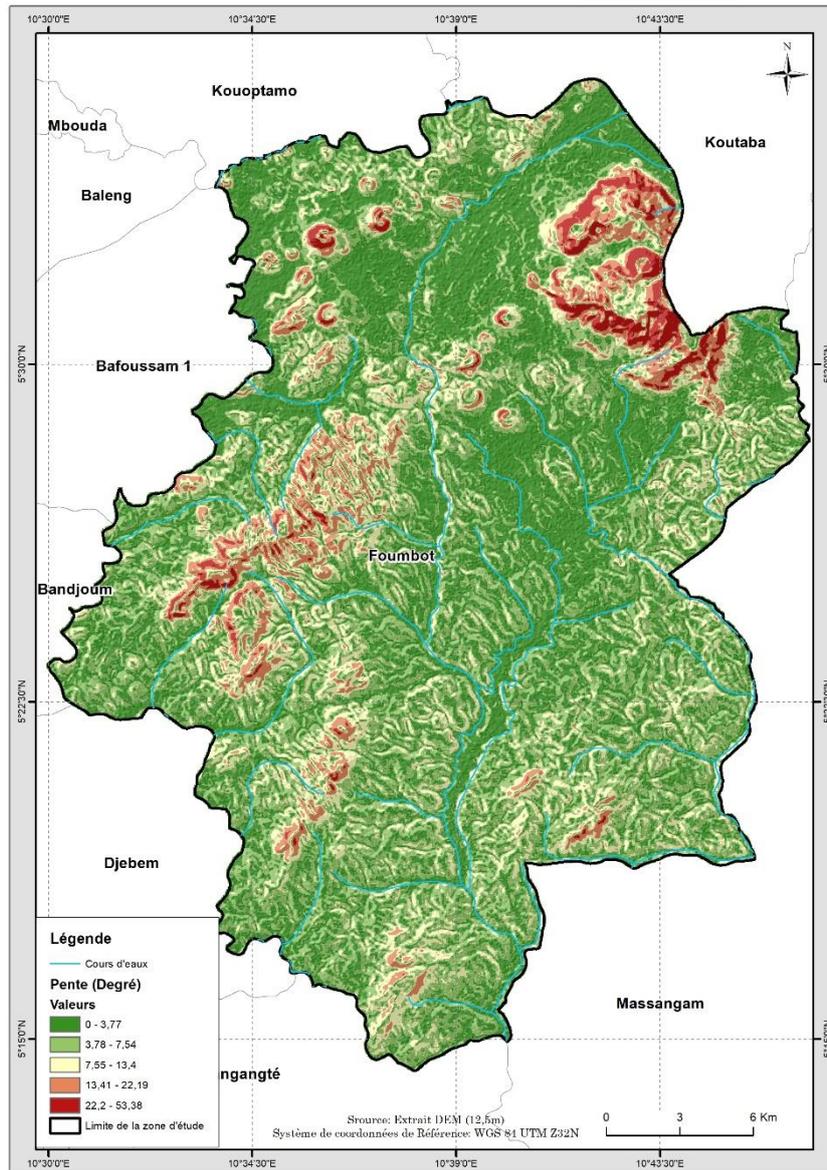
Le relief est accidenté par endroits. Mais il est plat sur la quasi-totalité du territoire. L'arrondissement est une immense vallée ; on n'y dénombre aucune colline ni aucun plateau. L'hydrographie locale est fortement marquée par le lac artificiel de Maga. Il couvre une superficie de 375km<sup>2</sup>.



**Figure 8: Relief de Maga**

- **Cas de Foubot**

La commune de Foubot est située sur une vaste plaine, légèrement inclinée vers l'Ouest. Elle se trouve à une altitude moyenne comprise entre 1100 et 1300m d'altitude. Son relief est constitué par endroit de buttes isolées et de collines résiduelles très peu hautes. La face Ouest du mont Mbapit (2 352m d'altitude) est implantée sur ce territoire communal. Les pentes dans la commune sont douces (généralement comprises entre 0 et 20%). Les formes actuelles sont le résultat d'une longue et complexe action volcanique qui s'est déroulée dans la région il y a plusieurs millions d'années.



**Figure 9: Relief de Foubot**

## 2.2.4 Flore

- **Cas de Pitoa**

La formation végétale est restreinte aux espèces indigènes telles que *Tamarindus indica*, *Vitellaria paradoxa* (le karité), *Acacia albida*, *Ziziphus mauritiana* (le jujubier), *Anogeisus leiocarpus*, *Combretum nigricans*, *Balanites aegypt*, et la plupart d'entre elles sont fournies aux ménages sous forme de De petites quantités sont utilisées dans l'alimentation, la pharmacopée traditionnelle et l'artisanat.

- **Cas de Mora**

Concernant la zone de Mora, la végétation est essentiellement composée d'épineux et de savanes arbustives. Elle est clairsemée et disparate. On rencontre le long des mayos des formations végétales herbacées. Ici, les espèces végétales les plus répandus sont le nimier, le ronier, le Balanite aegypt (encore appelé le dattier).

- **Cas de Maga**

Pour la zone de Maga, Les formations végétales visibles sont la savane herbacée, la savane arbustive et les prairies. La végétation est majoritairement arbustive. Les arbres sont relativement rares. Diverses mesures de boisement mises en œuvre ou en cours dans le village ont permis de maintenir le peuplement arboré. C'est le cas des forêts plantées à Pouss, à Zingah, et à Guirvidig par la SEMRY et la forêt artificielle de ZIAMI qui a été créé par l'ANAFOR. Les principales espèces sont les arbres à crinières, les nimiers (très réputées pour leurs propriétés médicinales), les roniers (dont le rone est tres utilisé dans cette commune lors de la cuisson des briques de terre).

- **Cas de Foubot**

La végétation de la commune est caractérisée par la prédominance de formations végétales ligneuses mixtes (arborée et arbustive) et herbacée. Les couverts ligneux sont clairs (non fermés) dominés par les savanes à physionomie locale variable. Outre les zones dites de végétation "naturelle", le territoire de la commune est dominé par les zones agricoles couvertes de cultures annuelles, semi- pérennes et pérennes. Les cultures annuelles sont dominées par le maïs, et les cultures maraichères que sont le gombo, la tomate, la morelle noire, pastèque, poireau et poivron.

### **3. Approche méthodologique**

Les approches méthodologiques pour les collectes et analyses de données ont été développées en fonction de chaque objectif de cette étude.

#### **3.1 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol**

La méthodologie utilisée pour cet objectif s'est basée sur une approche cartographique, allant de la collecte aux traitements des images satellitaires.

### 3.1.1 Données utilisées

Les données utilisées étaient constituées essentiellement des données secondaires. Elles ont été extraites des anciens rapports sur la zone d'intervention, surtout en ce qui concerne les activités pratiquées, l'état de la dégradation des forêts. Les données primaires quant à elles ont été collectées à partir d'un récepteur GPS sur les différentes classes d'occupation et d'utilisation des terres présélectionnées dans les régions d'intérêt.

Les images satellitaires du capteur Landsat 5, Landsat 7 ETM respectivement de février 1990, février 2005 et les images sentinel 2B de 2024 ont constituées les données secondaires. Concernant les images Landsat, elles ont été téléchargées sur le site de la NASA Earth Explorer au format GEOTIF suivant le Système de Coordonnées de Référence WGS84. Les images sentinel quant à elles ont été téléchargées sur le site de Copernicus. Toutefois, pour chaque année, la saison sèche a été choisie pour la période d'acquisition des images pour minimiser l'effet du nuage afin de mieux identifier et d'équilibrer l'information spatiale.

Les fonds de cartes topographiques ont été utilisés pour analyser le rapport entre la topographie du milieu et l'occupation du sol, ce qui nous a permis d'identifier avec précision la répartition des différentes strates. Ils ont été téléchargés sur la plateforme Géospatiale ALASCA FACILITY VERTEX, au format TIFF.

La photographie aérienne Google Earth de Très Haute Résolution Spatiale a été utilisée pour une première validation des traitements d'images à partir des méthodes de cohérence.

Les données issues des bases de données Atlas Forestier (2020) et de l'Institut Nationale de Cartographie du Cameroun ont été téléchargées et utilisées pour extraire les limites administratives et la localisation des lieux. Le tableau 1 présente le récapitulatif des données utilisées.

**Tableau 1:** Récapitulatif des données utilisées

Données	Résolution (m)	Bandes	Année	Format	Source
Image sentinel 2b	10	14	2024	Géotif	Copernicus
Image Landsat 7	30	9	2013	Géotif	Earth Explorer
Image Landsat 5	30	9	1990	Géotif	
DEM	12,5	//	2000	Tiff	Alasca Facility Vertex

Données	Résolution (m)	Bandes	Année	Format	Source
Image Google Earth	1	1	2024	Tiff	Google Earth
Données vecteurs			2020	SHP	Atlas Forestier et INC
Coordonnées GPS	//	//	2024	GPX	Collecte sur le terrain

### 3.1.2 Analyse de la dynamique d'occupation du sol

La dynamique de l'occupation du sol dans le paysage de Pitoa, Mora et Maga s'est effectuée en trois grandes étapes allant du prétraitement, du traitement au post traitement des données.

#### Phase de prétraitement

Cette étape a consisté à faire des corrections afin d'améliorer la qualité visuelle de l'image et mieux différencier les classes d'occupation du sol. Il s'agit plus précisément des prétraitements suivants :

- **Dézipage et importation des bandes d'images** : cette opération permet l'extraction du fichier téléchargé en plusieurs bandes d'images dans le but d'exploiter les informations contenues dans chacune des bandes.
- **Combinaison des bandes** : dans le but d'obtenir une seule image multi spectrale. Les images Landsat et sentinel sont constituées de plusieurs bandes. Toutes les bandes ont été combinées pour obtenir un fichier principal contenant toutes les informations à mettre en exergue dans la zone d'étude.
- **Corrections radiométriques** : afin d'améliorer leur apparence et faciliter l'interprétation et l'analyse visuelle des scènes. Le contraste entre les différents éléments des images a été amélioré en jouant sur la dynamique des valeurs radiométriques au niveau de l'histogramme de fréquences. Les améliorations géométriques n'étaient pas nécessaires car les images obtenues avaient déjà fait l'objet des corrections géométriques sur la base de la projection UTM WGS 84 zone 33N. Cependant, les autres données cartographiques complémentaires (limites administratives, données de GPS, données hydrographiques, voies de communication) seront toutes projetées UTM WGS 84 zone 33N.

- **Compositions colorées** : des compositions colorées ont été utilisées pour associer à trois des bandes spectrales de l'image des couleurs d'affichages (rouge, vert, bleu). Une composition colorée qui associe la bande proche infrarouge (PIR) à la couleur rouge, la bande rouge (R) à la couleur verte et la bande verte (V) à la couleur bleue a été utilisé pour les scènes d'images 1990 et 2005 ce qui constituera une composition dite (5-4-3). Pour la scène d'image 2023, la composition (12-8-4) sera faite. Elles sont efficaces pour analyser la végétation et les sols nus et en particulier les surfaces dégradées.
- **Extraction du secteur d'étude** : Elle sera faite à partir des images multi spectrales obtenues, suivant les limites du paysage de la zone d'exploitations minières des sites d'intérêts.

#### **Classification d'images**

La deuxième étape de l'analyse a consisté en la réalisation d'une classification pour obtenir, pour chaque site, la carte de la dynamique d'occupation du sol. La connaissance du secteur d'étude et les observations faites au terrain ont guidé le choix en faveur de la classification supervisée, ceci a permis de définir la nomenclature des différentes classes d'occupation du sol (savane, champs de cultures, sol nu, zones d'exploitations minières, bâtis, eau, etc.) La classification non supervisée a été faite de façon préliminaire dans le but d'avoir une idée sur la répartition des différentes classes d'occupation du sol. Elle a servi de carte préliminaire pour la validation des unités d'occupation du sol. C'est donc par suite de cela que la classification supervisée a été faite dans le but d'identifier les différentes erreurs de confusions des pixels des classes et établir les cartes finales. L'algorithme RANDOM FOREST a été choisi pour la classification supervisée des images, suivi par la délimitation des parcelles d'entraînement. Cette méthode donne une large précision en termes de séparation des pixels des classes et favorise une bonne prédiction des données et information spatiale.

#### **Post- classification et validation**

Après la classification d'image, la post classification a été faite, elle consistait en la validation des traitements à partir des observations de terrain et la visualisation sur Google Earth. Une fois la classification terminée, des traitements ont été effectués pour affiner, évaluer la précision et valider les résultats. Le premier traitement consistait à faire passer l'image classée dans un filtre majoritaire 3x3. Le deuxième traitement a été faite grâce à la

superposition des coordonnées GPS de terrain sur la classification d'image de 2023 dans le but de mieux évaluer la précision des classes et de corriger les incohérences.

La méthodologie générale de réalisation des cartes d'occupation du sol se présente ci-dessous.

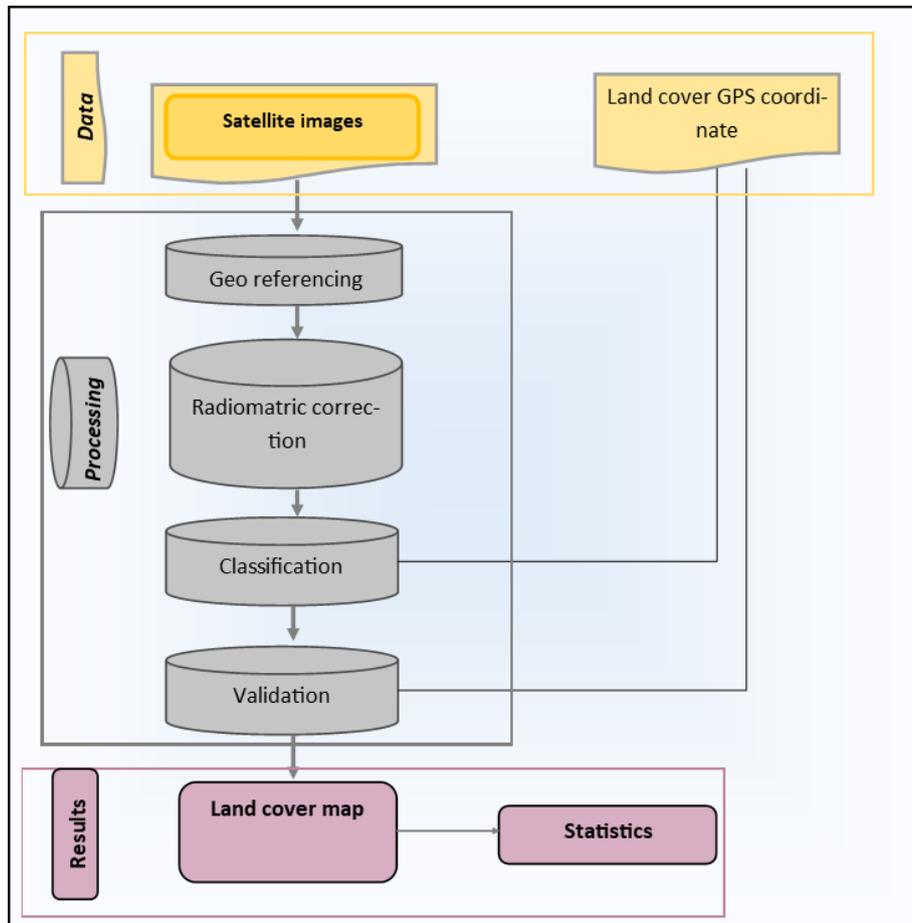


Figure 10: Méthodologie générale de réalisation des cartes d'occupation du sol

### 3.2 Méthode d'identification des facteurs responsable de la dégradation et l'évaluation des conséquence de celle-ci sur l'environnement physique.

#### 3.2.1. Méthode d'identification des facteurs de la dégradation

L'identification des déterminants de la dégradation des sites de minéraux de développement a été faite sur la base des discussions avec les personnes cibles (sous-préfet des arrondissements concernés, exploitants des site miniers) dans les zones concernées. Elle s'est s'appesantie en grande partie sur la durée des activités dans le temps (période/année de début d'exploitation), les différentes activités que les populations mènent dans les carrières, les techniques d'exploitations utilisées ainsi que les impacts de

ces exploitations sur la population et l'environnement physique. Les informations relatives à la modification du climat et à la dynamique des sites d'exploitation ont permis d'identifier les déterminants de changement.

### **3.2.2. Méthode d'évaluation des conséquences de la dégradation sur l'environnement physique des sites**

Les impacts de la dégradation sur l'environnement physique des sites d'étude ont été évalués en deux phases chronologiques :

- **Phase 1 : collecte des données et information sur le terrain.** Cette phase a permis de collecter l'ensemble des données à partir des observations directes de terrain, des échanges avec les petits et grands exploitants miniers. Au cours de celle-ci, plusieurs thématiques ont été abordées notamment l'identification de quelques impacts de l'exploitation minière sur les ressources pédologiques, hydriques, forestières et même sur l'agriculture en termes de trouble des calendriers agricoles.
- **Phase 2 : Analyse de la matrice de transition des classes d'occupation du sol dans les sites.** Cette étape a été une approche technique d'identification des impacts. En effet, la matrice de transition issue du croisement des images satellites a permis d'identifier et d'évaluer les types de conversions des terres des ressources forestières, agricoles et savanicoles et hydriques vers les surfaces d'exploitation minières. Ceci a permis de quantifier plus facilement l'impact de l'exploitation des sites sur les ressources citées.

### **3.3. Proposition des stratégies de gestion durable des sites d'exploitation**

La proposition des stratégies de gestion durable des sites d'exploitation a été faite de façon participative, en prenant en compte les avis et les pistes de proposition des acteurs cibles (exploitants, sous-préfet, etc). Une autre approche a été utilisée en se basant sur la méthodologie de restauration des paysages dégradés suivant la méthode MEOR. Cette dernière a été faite en plusieurs étapes :

- L'identification des options de restauration
- L'identification des potentiels de restauration
- L'identification des critères de restauration

## 4. Résultats de l'étude

Les résultats sont présentés par objectif

### 4.1 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol

#### 4.1.1 Etat de l'occupation du sol dans le site de Pitoa entre 1990, 2013 et 2024

Le tableau ci-dessous présente les statistiques des classes d'occupation du sol de Pitoa entre 1990 et 2013 et 2024.

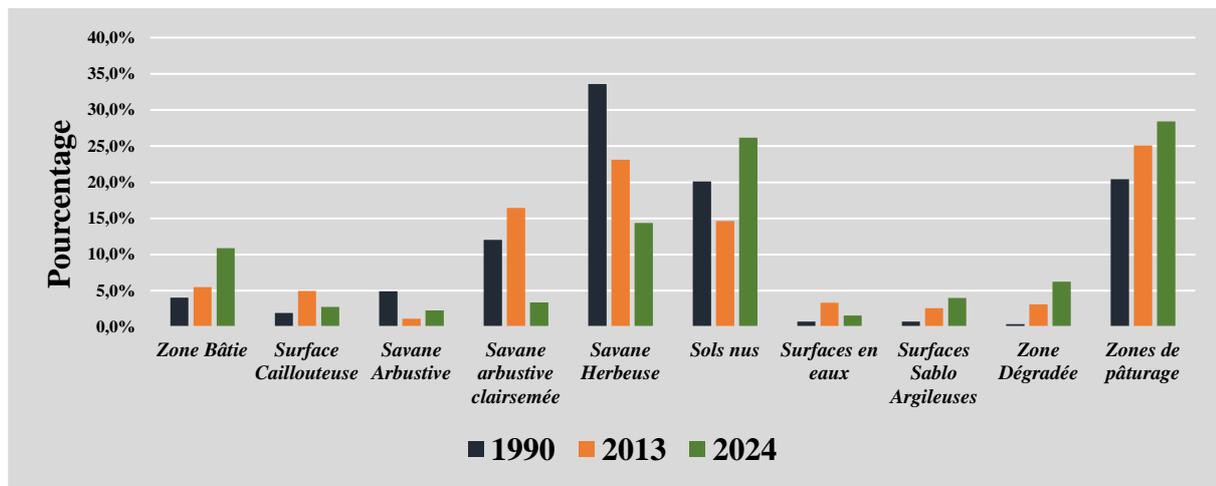
**Tableau 2: statistiques des classes d'occupation du sol de Pitoa entre 1990 et 2013.**

Classe d'occupation du sol	Superficie en Km <sup>2</sup>			Changement de superficie en Km <sup>2</sup>		
	1990	2013	2024	S+/- (1990-2013)	S+/- (2013-2024)	S+/- (1990-2024)
Surfaces en eaux	3,9978	18,2034	8,4933	14,2056	-9,7101	4,4955
Savane arbustive	26,6049	6,0363	12,303	-20,5686	6,2667	-14,3019
Zone Bâtie	21,9357	29,7963	59,1813	7,8606	29,385	37,2456
Surfaces caillouteuses	10,4643	27,0585	14,9256	16,5942	-12,1329	4,4613
Savane arbustive clairsemée	65,3742	89,2485	18,234	23,8743	-71,0145	-47,1402
Sols nus	109,104	79,4547	141,7	-29,6496	62,2449	32,5953
Zones de pâturage	110,813	136,224	154,004	25,4115	17,7804	43,1919
Savane herbeuse	182,158	125,466	77,9544	-56,6919	-47,5119	-104,2038
Surfaces sablo argileuses	3,9447	13,9554	21,6324	10,0107	7,677	17,6877
Zones dégradées (zones d'exploitation des minéraux)	2,1051	16,9056	33,921	14,8005	17,0154	31,8159
Tache Nuageuse	5,8473	0	0	-5,8473	0	-5,8473
<b>Total</b>	<b>542,349</b>	<b>542,349</b>	<b>542,349</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

L'analyse du tableau ci-dessus montre une tendance régressive en ce qui concerne la savane herbeuse ; Malgré une recolonisation végétale observée entre 1990 et 2013, on remarque que ce couvert chute drastiquement en 2024 et les superficies couvertes sont les plus faibles en cette année. On constate un dépôt graduel des minéraux sablo argileux et cela se manifeste par l'augmentation des superficies couvertes. La pression urbaine suit une courbe croissante et entraîne avec elle les zones de pâturage ainsi que les zones dégradées. Les surfaces dégradées (zones d'exploitation des mines) quant à elles connaissent une augmentation

exponentielle (31km<sup>2</sup> entre 1990 et 2024). Elles sont plus concentrées au Mont Tinguelin qui semble être le lieu de destruction incontrôlée du paysage. Ceci est confirmé par les affirmations des artisans opérant dans la fabrication des briques de terres cuites que nous avons eu à interroger. En effet, selon les études de terrain, c'est sur cette montagne qu'ils prenaient du bois pour la cuisson de leurs briques.

La figure ci-dessous présente la tendance de changement dans la zone de Pitoa entre 1990, 2013 et 2024.



**Figure 11: Tendance de changement dans la zone de Pitoa entre 1990, 2013 et 2024.**

La figure ci-dessous présente quant à elle la répartition des unités d'occupation du sol entre 1990, 2013 et 2024.

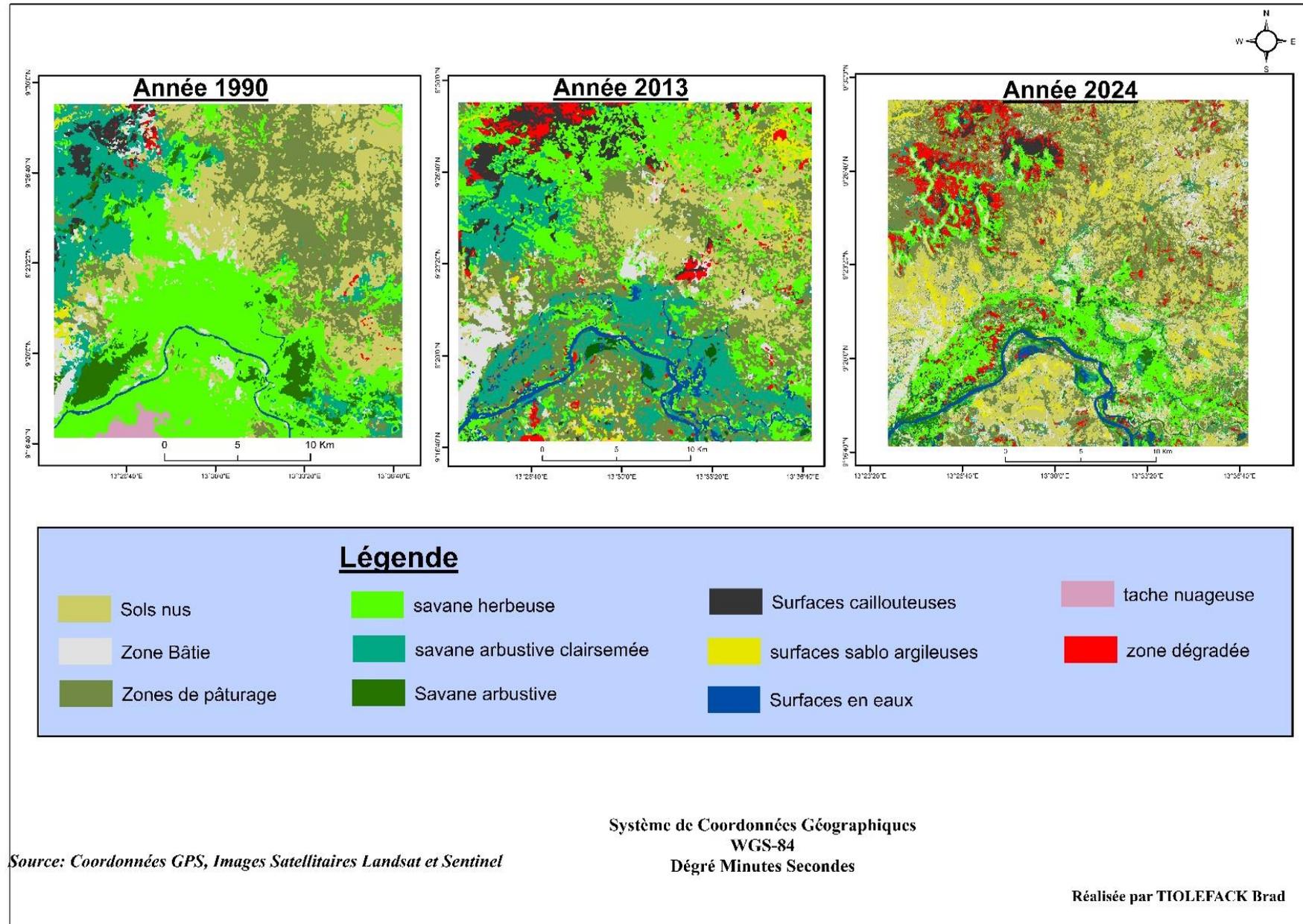


Figure 12: répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024.

#### 4.1.2 Etat de l'occupation du sol dans le site de Mora entre 1990, 2013 et 2024

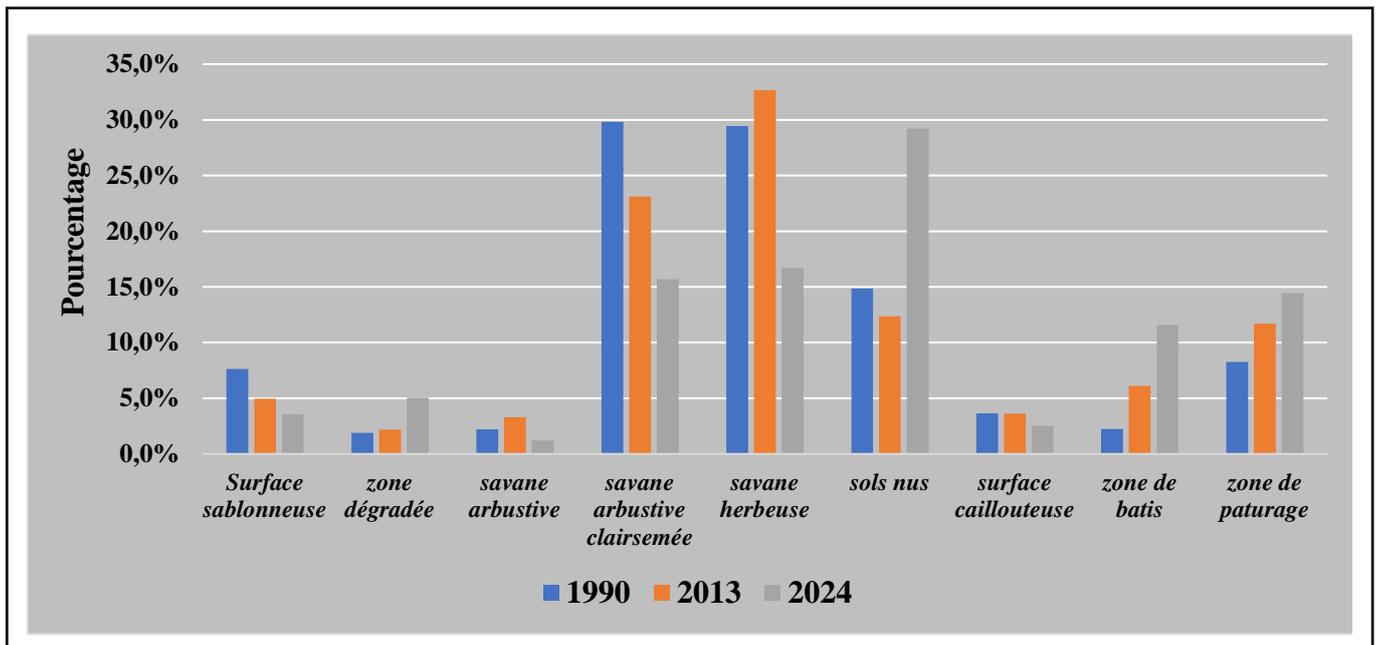
Le tableau ci-dessous présente les statistiques des classes d'occupation du sol de Mora entre 1990 et 2013 et 2024.

**Tableau 3: statistiques des classes d'occupation du sol de Mora entre 1990 et 2013 et 2024.**

Classe d'occupation du sol	Superficie en Km <sup>2</sup>			Changement de superficie en Km <sup>2</sup>		
	1990	2013	2024	S+/- (1990-2013)	S+/- (2013-2024)	S+/- (1990-2024)
Surface Sablonneuse	136,7325	88,7886	63,7029	-47,9439	-25,0857	-73,0296
Zone Dégradée	33,867	39,0033	92,8818	5,1363	53,8785	59,0148
Savane Arbustive	39,6252	59,3091	22,653	19,6839	-36,6561	-16,9722
Savane Arbustive Clairsemée	534,2598	413,7552	300,1131	-120,5046	-113,6421	-234,1467
Savane Herbeuse	527,6637	584,4537	301,5999	56,79	-282,8538	-226,0638
Sols Nus	266,0427	221,2263	474,6474	-44,8164	253,4211	208,6047
Surfaces Caillouteuses	65,304	64,737	37,6065	-0,567	-27,1305	-27,6975
Zone Bâtie	40,2327	109,287	209,7963	69,0543	100,5093	169,5636
Zone de Pâturage	147,8484	211,0158	286,965	63,1674	75,9492	139,1166
Tache Nuageuse	0	0	1,6101	0	1,6101	1,6101
<b>Total</b>	1791,576	1791,576	1791,576	0	0	0

De l'analyse du tableau ci-dessus, on remarque que les unités d'occupation du sol qui maintiennent une courbe décroissante au fil du temps sont la savane arbustive (16 km<sup>2</sup>), la savane arbustive clairsemée (234,1467 km<sup>2</sup>), les surfaces caillouteuses (27,69 km<sup>2</sup>) et les surfaces sablonneuses (73,02 km<sup>2</sup>). La régression de ces classes entraîne inéluctablement la croissance des classes zones bâties (169,5 km<sup>2</sup>), zone de pâturage (139,11 km<sup>2</sup>), et surtout les zones dégradées par l'exploitation des minéraux de développement qui ont gagnées 5 km<sup>2</sup> entre 1990 et 2013 et jusqu'à 53 km<sup>2</sup> entre 2013 et 2024, d'où une augmentation globale de 59,01 km<sup>2</sup>.

La figure ci-dessous présente la tendance de changement dans la zone de Mora entre 1990, 2013 et 2024.



**Figure 13: Tendence de changement dans la zone de Mora entre 1990, 2013 et 2024.**

La figure ci-dessous présente quant à elle la répartition des unités d'occupation du sol entre 1990, 2013 et 2024 à Mora.

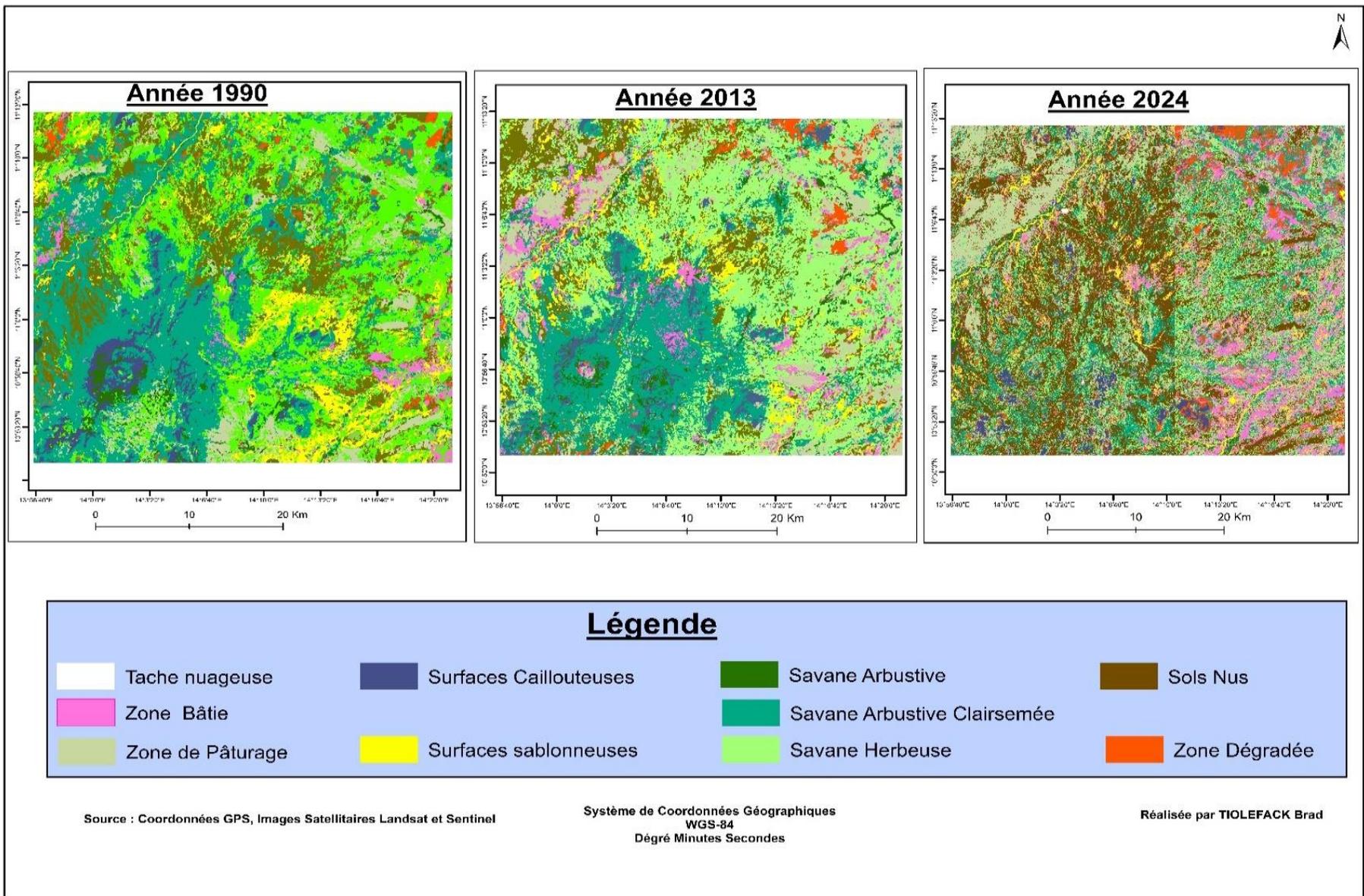


Figure 14: Répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024.

#### 4.1.3 Etat de l'occupation du sol dans le site de Maga entre 1990, 2013 et 2024

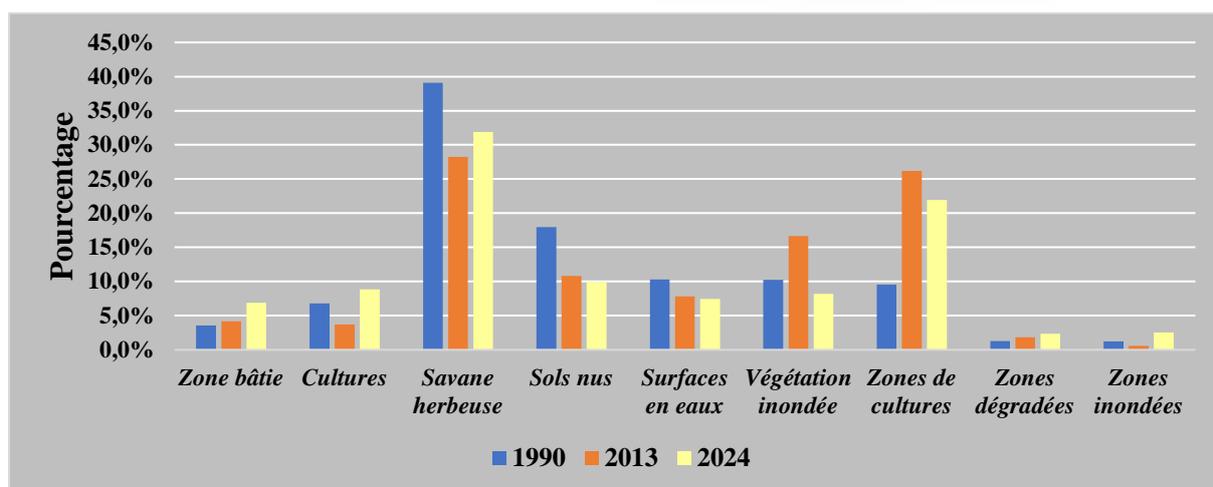
Le tableau ci-dessous présente les statistiques des classes d'occupation du sol de Maga entre 1990 et 2013 et 2024.

**Tableau 4: Statistiques des classes d'occupation du sol de Maga entre 1990 et 2013 et 2024.**

Classe d'occupation du sol	Superficie en Km <sup>2</sup>			Changement de superficie en Km <sup>2</sup>		
	1990	2013	2024	S+/- (1990-2013)	S+/- (2013-2024)	S+/- (1990-2024)
Végétation Inondée	118,0071	191,9268	94,3074	73,9197	-97,6194	-23,6997
Zones de Cultures	110,052	301,5342	252,756	191,4822	-48,7782	142,704
Surface en Eaux	118,629	90,1548	85,7772	-28,4742	-4,3776	-32,8518
Zones inondées	14,436	6,7932	29,5488	-7,6428	22,7556	15,1128
Savane Herbeuse	450,1278	325,3041	367,3224	-124,8237	42,0183	-82,8054
Sols nus	207,0225	124,4826	114,1092	-82,5399	-10,3734	-92,9133
Zones Dégradées	14,4981	20,9718	27,1278	6,4737	6,156	12,6297
Cultures	78,3072	42,5034	101,9385	-35,8038	59,4351	23,6313
Zone bâtie	40,9203	48,3291	79,1127	7,4088	30,7836	38,1924
<b>Total</b>	1152	1152	1152	0	0	0

De l'observation du tableau ci-dessus, plusieurs classes d'occupation du sol ont connu une progression significative (les zones de cultures, les zones inondées, les zones d'exploitations minières et les habitation). L'augmentation des zones inondées se traduit par la recrudescence des inondations notamment dans les périphériques du lac Maga. D'autres classes ont connu une diminution (végétation inondée, eaux, savane herbeuse et sol nu). Cette situation globale nous laisse comprendre que l'anthropisation ne fait que prendre de l'ampleur dans la zone.

La figure ci-dessous présente la tendance de changement dans la zone de Maga entre 1990, 2013 et 2024.



**Figure 15: Changement dans la zone de Maga entre 1990, 2013 et 2024.**

La figure ci-dessous présente quant à elle la répartition des unités d'occupation du sol entre 1990, 2013 et 2024 à Maga.

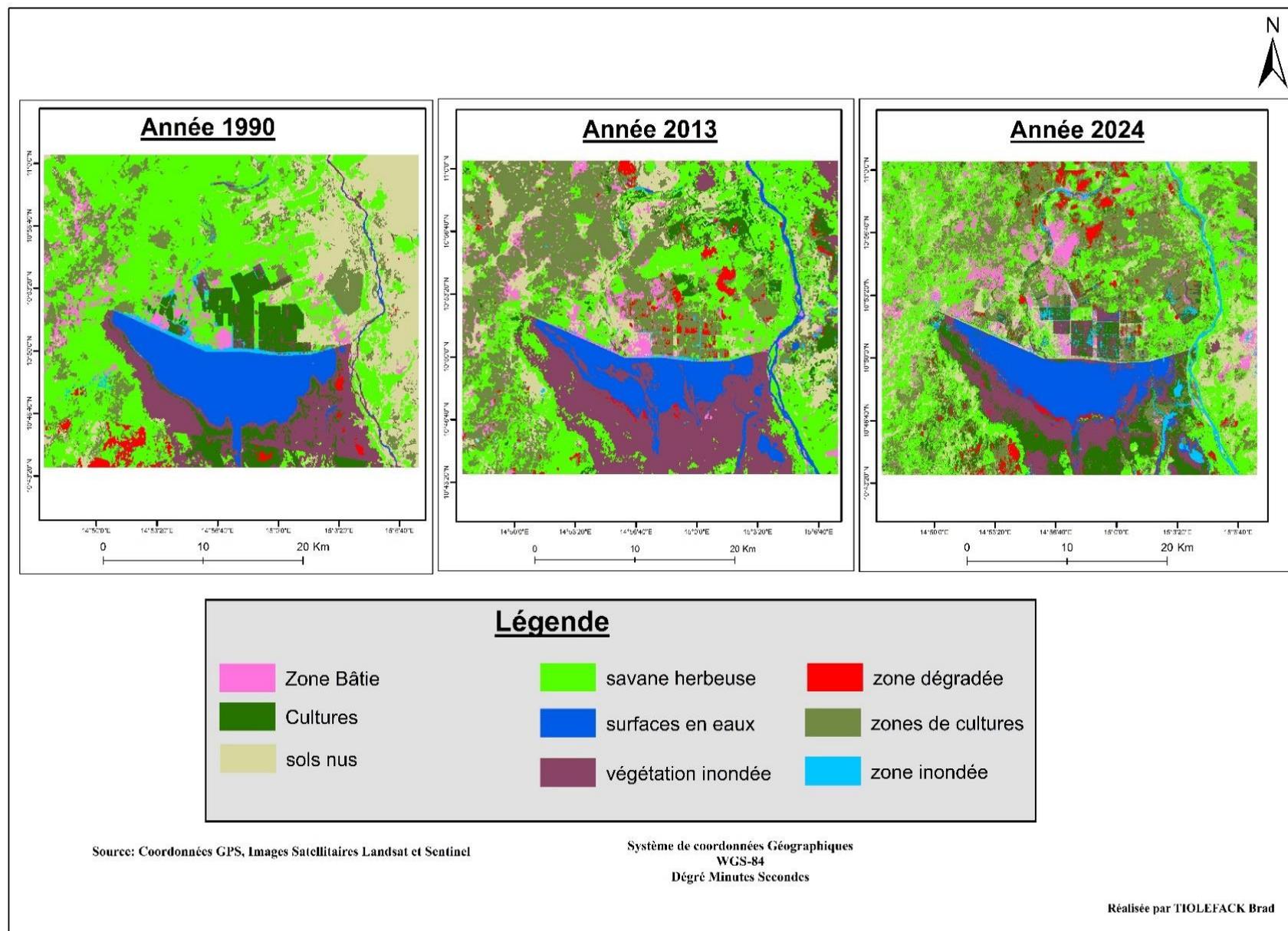


Figure 16: Répartition des unités d'occupation du sol entre 1990,2013 et 2024 à Maga.

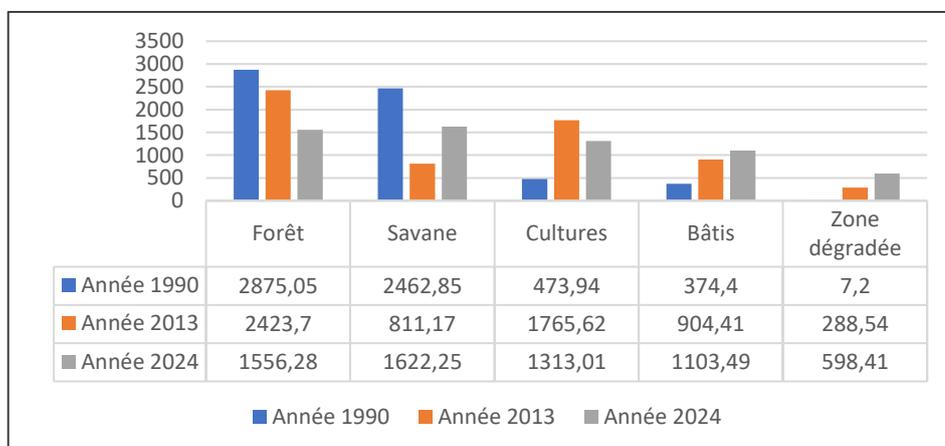
#### 4.1.3 Etat de l'occupation du sol dans le site de Foubot entre 1990, 2013 et 2024

Le tableau ci-dessous présente les statistiques des classes d'occupation du site de Foubot entre 1990 et 2013 et 2024. Notons que les superficies de ce site ont été évaluées en hectares au regard de la petitesse de la zone d'étude.

**Tableau 5: Statistiques des classes d'occupation du site de Foubot entre 1990 et 2013 et 2024.**

Occupation du sol	Superficie (ha)			Changement de superficie en ha		
	1990	2013	2024	S+/- (1990-2013)	S+/- (2013-2024)	S+/- (1990-2024)
Forêt	2875,05	2423,7	1556,28	-451,35	-867,42	-1318,77
Savane	2462,85	811,17	1622,25	-1651,68	811,08	-840,6
Cultures	473,94	1765,62	1313,01	1291,68	-452,61	839,07
Bâtis	374,4	904,41	1103,49	530,01	199,08	729,09
Zone dégradée	7,2	288,54	598,41	281,34	309,87	591,21
<b>Total</b>	<b>6193,44</b>	<b>6193,44</b>	<b>6193,44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

De ce qui ressort du tableau ci-dessus, on constate que le paysage ne cesse de s'anthropiser au fil du temps car on note une augmentation exponentielle des espace bâtis et habitation (une augmentation de 729 ha entre 1990 et 2024). On note aussi une perte avancée des surfaces forestières (1318 ha) et une augmentation accrue des sites d'exploitations minières qui correspondent encore aux zones dégradées dans les analyses (591 ha sur toute la période). Cette situation nous laisse comprendre qu'au fil des années, le paysage physique se dégrade et laisse place aux activités humaines (agriculture, urbanisation et exploitation minière)



**Figure 17: Tendence de changement dans la zone de Foubot entre 1990, 2013 et 2024.**

La figure ci-dessous présente quant à elle la répartition des unités d'occupation du sol entre 1990, 2013 et 2024 dans la zone de Foubot.

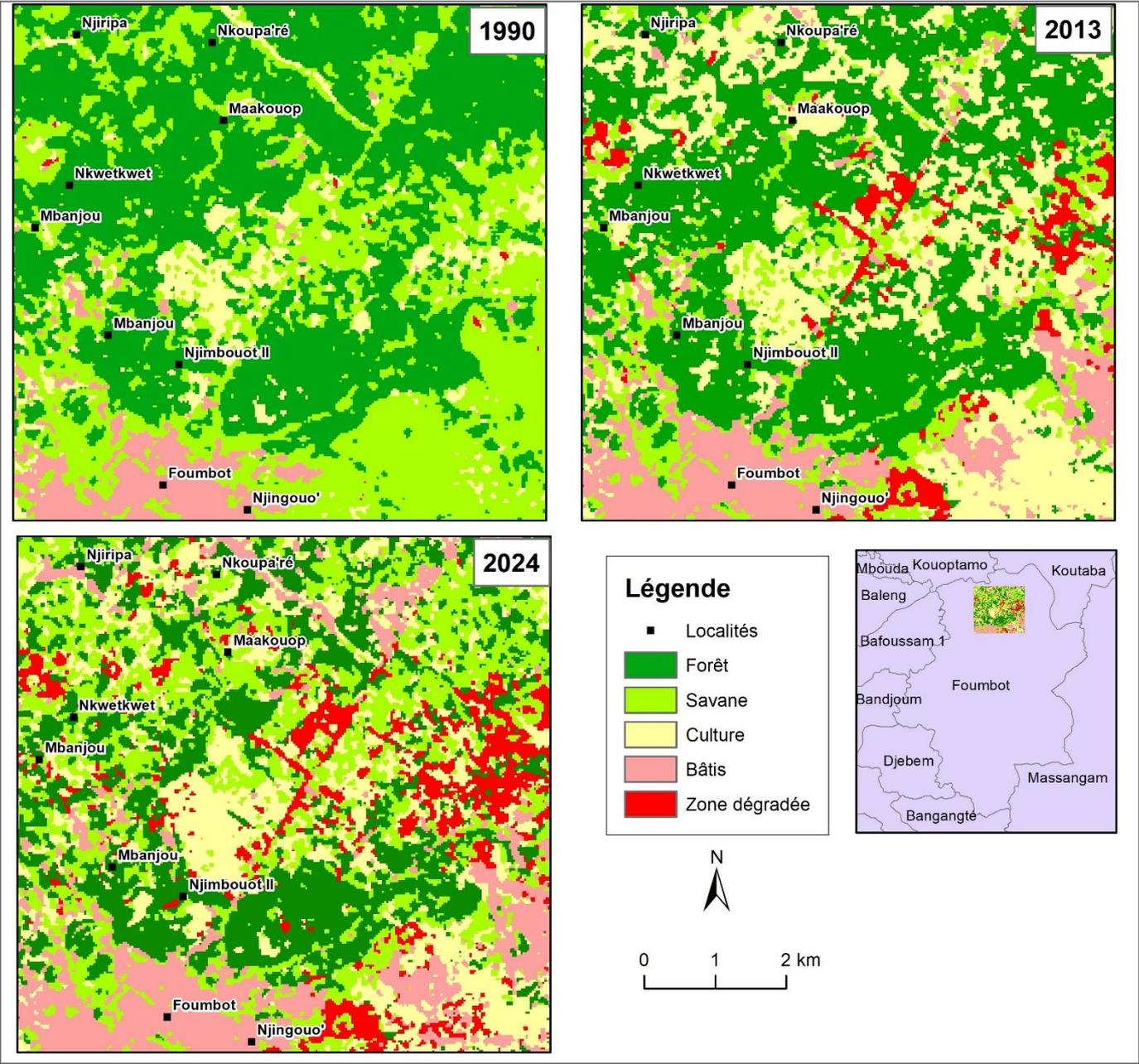


Figure 18: Répartition des unités d'occupation du sol entre 1990, 2013 et 2024 dans le site de Foubot.

## 4.2 Facteurs responsables de la dégradation et conséquences sur l'environnement associé

### 4.2.1 Facteurs responsables de la dégradation

#### 4.2.1.1 Agents responsables de la dégradation

Grace aux données de terrain, les agents de dégradation ont été identifiés à savoir :

- **Les fabricants de briques de terres cuites** : Il s'agit ici des artisans fabriquant les briques de terres le long des Mayos. En effet, ces derniers sont considérés comme des agents dégradeurs car ils impactent le sol (en décapant les terres), la végétation (en déracinant les arbres se situant aux abords des mayos et en coupant ceux se situant plus loin) et l'air (en rejetant dans l'air du méthane)



**Figure 19: Extraction des minerais sablo argileux par un fabricant des briques de terres cuites**

- **Les sociétés extractrices des minéraux de développements** : Les sociétés extractrices sont aussi considérées comme des agents dégradeurs car ces derniers laissent derrière eux de grandes cavités qui ne sont pas toujours réaménagées.



**Figure 20: Sites d'extraction du sable d'une entreprise à Mora**

- **Les agriculteurs** : ces derniers par la conquête perpétuelle de nouvelles terres agricoles et la recherche des voies d'irrigation de leurs cultures laissent derrière eux des zones dépossédées d'arbres et des surfaces de retentions d'eaux qui ne sont pas toujours de bon augure. En effet, parfois les eaux stagnantes se trouvent non loin voire même en plein cœur des zones d'habitation, ce qui accentue les risques de maladies hydriques.



**Figure 21: Etang et aux stagnantes près d'une localité de Maga**

- **Les éleveurs de bœufs** : Dans ces deux régions, l'élevage est principalement de types pastoraux de ce fait, le passage des troupeaux de bœufs dans une zone ne la laisse pas indifférente.

### 4.2.1.2 Moteurs responsables de la dégradation

De l'analyse des données d'enquêtes, des données de la dynamique des variations, il ressort que les facteurs de la dégradation sont :

- **La fabrication des briques de terres cuites** : cette activité est considérée comme le principal facteur de la dégradation par le fait qu'il affecte tous les milieux biophysique. En effet, pour obtenir les matières premières, les artisans non seulement se ravitaillent dans le lit du cours d'eau mais aussi n'hésite pas à décaper les berges du cours d'eau exposant ainsi les formations végétales s'y trouvant. En outre, pour la cuisson des briques, les artisans coupent les arbres afin de cuire leurs briques ce qui réduit les surfaces arbustives de la région qui n'est pas d'abord riche abondante en formation végétale. Enfin, toujours pour la cuisson des briques, les artisans utilisent les bouses de bœufs comme comburants ce qui libère du méthane dans l'air. Les données recueillies auprès des fabricants des briques de terres nous révèlent que : pour un hangar de 1500 briques, ils utilisent deux troncs entiers d'arbres, 25 sacs L8 de bouses de bœufs soit 625kg de bouse de bœuf. Bien que la concentration de méthane dans une bouse de vache dépende de plusieurs facteurs comme l'alimentation du bœuf et d'autres variables, ce pendant Hervé Gorius (2022) affirme que le méthane représente 55 à 60 % des gaz produits par la fermentation anaérobie dans le système digestif des bovins contre 35 à 45 % pour le carbone ; donc les bovins libèrent plus de méthane que tout autre gaz. Ainsi, la combustion des bouses de vaches libère plus de méthane que tout autre gaz.



Figure 22: Insertion d'arbres dans le hangar

- **La surexploitation des sites** : En effet, les artisans et les entreprises exploitent excessivement les surfaces sablonneuses et sablo argileuses en se disant que les énormes cavités qu'ils laissent se refermeront avec le retour des eaux. Malheureusement beaucoup de ces cavités sont les lieux de noyades des hommes et des bœufs ce qui est vérifié par le rapport du FODER (2022) au moins 205 décès ont été enregistrés dans les sites miniers du Cameroun entre 2015 et 2022 dont 12 cas de noyades dans les lacs artificiels. Il faut noter que dans ces régions, l'on pratique l'élevage pastoral et les bergers sont parfois des enfants. Avec de telles cavités à l'air libre, le risque pour eux d'y tomber est très grand.



**Figure 23: Cavités créées par les extractions de sables à Mora**

- **L'extension progressive de la tache urbaine** : En effet, La pression démographique et tous les besoins qu'elle engendre (logement, nutrition, financiers...) poussent les populations à intensifier les extractions non seulement pour assouvir leurs propres besoins mais aussi pour répondre à la demande dans le marché. Après extraction du sable, un camion 20 tonnes est généralement vendu entre 35000 fcfa et 60 000 fcfa en fonction de la saison, du site d'exploitation et de l'accessibilité au site. Pour ce qui est des minéraux sablo argileux, ils sont directement utilisés pour la fabrication des briques et une brique est généralement vendue entre 75 et 100 fcfa. Par exemple, pour la construction d'une maison sur 200 m<sup>2</sup> comprenant une chambre, un salon et

une cuisine, on utilise environ 2000 briques ce qui correspond à 187 500 fcfa si la brique est vendue à 75 francs.

- Le manque d'éducation des artisans : Ceci est aussi un facteur de dégradation car, ces derniers ont certaines pratiques polluantes dans les sites sans toutes fois connaître le pouvoir dégradant de cette dernière. En outre, les artisans n'hésitent pas à emmener leurs enfants sur les sites. Selon le rapport d'actualisation des EMAPES (2020), les enfants représentent 17.6 % de l'effectif des artisans opérant dans les sites d'exploitations des minéraux du développement de la région de l'extrême-nord et représentent 7.3 % de l'effectif dans les sites en ce qui est de la région du nord.



**Figure 24: Enfant transportant des briques pour la cuisson**



**Figure 25: Enfant décapant les berges du mayo pour obtenir de la terre sablo argileuse**

- **L'agriculture** : elle est considérée comme un moteur de dégradation car elle engendre la destruction des savanes arbustive et favorise la création des étangs. Cette activité est d'autant plus intense à proximité des sites d'exploitation des minéraux du développement car ces minéraux se trouvent en dans le lit des mayos (cours d'eau qui se remplissent d'eau en saison de pluie et se vident en saison sèche).

- **L'élevage pastoral** : cette activité qui se fait en plein air a des répercussions sur le paysage et sur les sites d'exploitation des minéraux du développement car afin de pouvoir hydrater leurs animaux, les éleveurs soit se contentent de les abreuver directement dans le mayos, soit choisissent de créer des étangs non loin des mayos pour que leurs animaux s'y abreuvent. Cela a pour conséquence de dévier l'eau de son lit et accentuer les risques d'inondations.



**Figure 26: Eleveurs abreuvant leurs bœufs**

Le tableau ci-dessous donne un récapitulatif des agents et facteurs de la dégradation dans les sites étudiés

**Tableau 6: Récapitulatif des agents et facteurs de la dégradation dans les sites étudiés**

Facteurs	Agents	Impact
La fabrication des briques de terres cuites	Les artisans	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décapage des berges du cours d'eau</li> <li>• Déracinement des arbres riverains aux cours d'eau</li> <li>• Perte du couvert végétal</li> </ul>
Extraction abusive des minéraux du développement	Artisans et entreprises	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction des minéraux</li> <li>• Délabrement des voies d'accès aux sites</li> </ul>
Extension Urbaine	La population	Demande en minéraux très forte
Jeunesse de certains artisans	Artisans adolescents	Ignorance des règles de préservation environnementale
Agriculture	Agriculteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création des étangs et eaux stagnantes</li> <li>• Réduction de la flore arbustive</li> </ul>
Elevage pastoral	Éleveurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pollution des sites par les excréments</li> <li>• Destruction des briques fabriquées aux abords des sites</li> </ul>

## 4.2.2 Conséquences de la dégradation sur l'environnement physique des sites étudiés

### 4.2.2.1 Effets liés au sol

- **Décapage des berges des Mayos** : Pour la fabrication de leurs briques de terre, les exploitants du site se ravitaillent non seulement dans le lit du cours d'eau mais également sur les berges en décapant les berges pour avoir de la terre. Cette pratique a pour conséquence à long terme de favoriser les risques d'érosion des terres environnantes au cours d'eau mais aussi d'augmenter les risques d'inondation des maisons d'habitations près du site. En effet, le septentrion bien qu'il soit connu pour être la zone la plus aride du territoire est le lieu des inondations répétées en saison de pluies. Selon (OCHA, 2022), plus de 18 200 maisons, 126 établissements scolaires et des milliers d'hectares de champs ont été détruits par les inondations. Ces inondations répétées sont les fruits du débordement des eaux de leur lit suite aux multiples décapages qui y sont effectués (figure ci-dessous).



**Figure 27: Décapage d'une berge du Mayo Pitoa par un fabricant des briques**

- **Erosion des sols et expositions des racines des plantes** : Aux abords du site, des arbres ont été plantés pour empêcher les artisans de déborder les berges du cours d'eau et parmi ces arbres on retrouve le neem ou margousier réputée pour ses vertus médicinales. Malheureusement, les exploitants creusent régulièrement le sol pour extraire la terre ce qui accentue l'érosion et laisse les racines de ces arbres à l'air libre. Il va sans dire qu'avec le retour des pluies, les terres dégradées par cette

érosion ne vont qu'aller en s'empirant et les arbres dont les racines sont exposées ne tiendront pas long feu avant de s'écrouler (figure ci-dessous).



**Figure 28: Terre ayant subi une érosion sur un site d'exploitation des minéraux sablo argileux**



**Figure 29: Arbre avec des racines exposées suite aux exploitations des minéraux**

**La création de grandes cavités :** Afin d'extraire du sable, les artisans et les entreprises extractrices creusent d'énormes cavités qui le plus souvent sont abandonnées ; certaines se retrouvent remplies suite à des dépôts alluvionnaires au retour des pluies et au retour des eaux dans les cours d'eau asséchés mais ce n'est pas le cas de toutes les cavités. Certaines sont abandonnées et beaucoup de ces cavités sont les lieux de noyades des hommes et des bœufs ce qui est vérifié par le rapport du FODER (2022) qui dit qu'au moins 205 décès ont été enregistrés dans les sites miniers du Cameroun entre 2015 et 2022 dont 12 cas de noyades dans les lacs artificiels.



**Figure 30: Cavités créées par les extractions de sables à Mora**

#### 4.2.2.2 Effets liés à la ressources végétale

La végétation n'est pas épargnée par le passage des exploitants des minéraux du développement car en plus d'exposer les racines d'arbres aux abords des sites, ces derniers coupent des arbres pour la cuisson de leurs briques. Un four de 1500 briques peut prendre deux arbres d'une hauteur de 5 à 8 mètres pour la cuisson de briques (branches y comprises). Cette situation de déforestation et de dégradation des terres forestières engendre non seulement la perte de la biodiversité floristiques et faunique, les émissions accrues des gaz à effet de serre dans un contexte de changement climatique particulièrement défavorable.



**Figure 31: Arbres coupés pour la cuisson des briques**



**Figure 32: Arbres introduits dans un four pour la cuisson des briques**

### 4.3 Proposition des stratégies de gestion durable de ces sites d'exploitations.

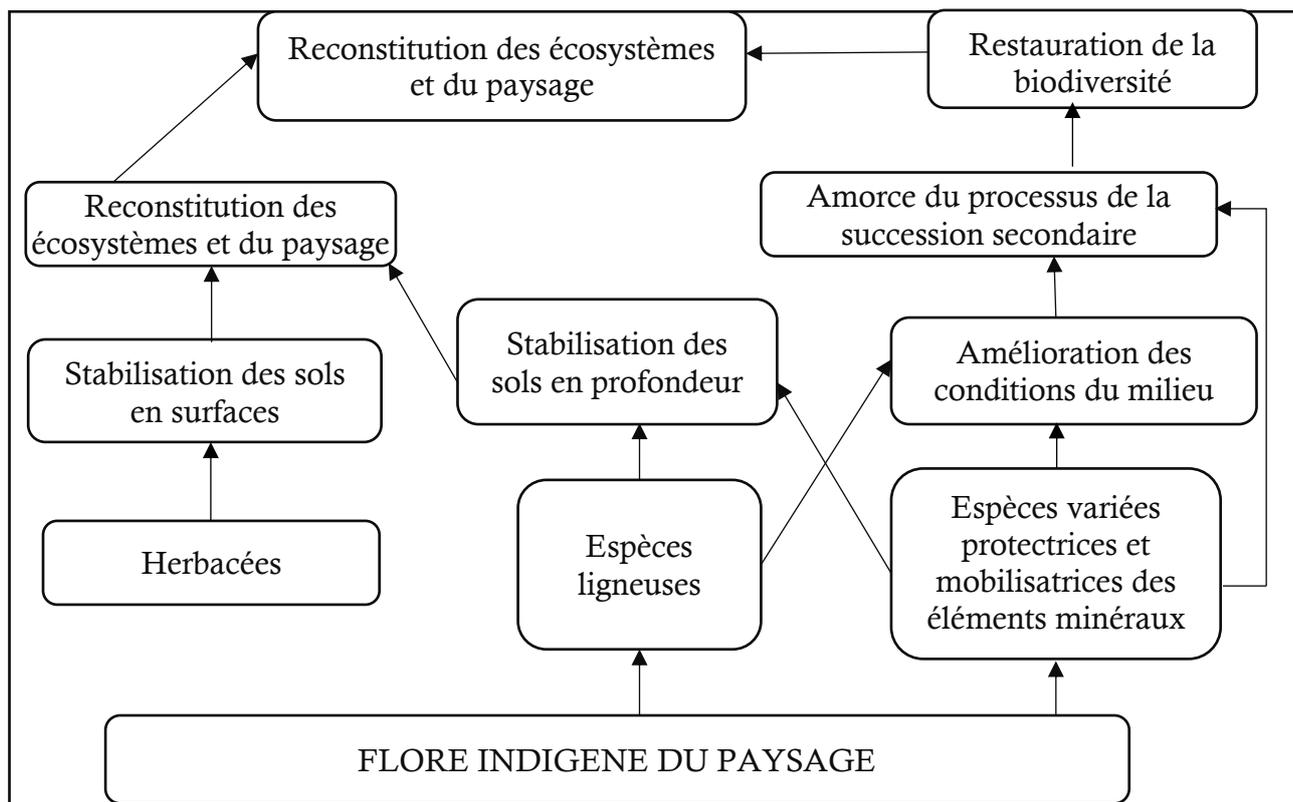
Les stratégies de durabilités passent par des options de restauration des terres dégradées et par des exploitations durables des ressources. Les options de restaurations sont réparties comme suit :

- **Reboisement et végétalisation** : Le reboisement consiste à planter des arbres et des plantes pour restaurer la végétation sur les sites miniers dégradés. Cela permet de prévenir l'érosion du sol, de favoriser la biodiversité et de restaurer l'aspect visuel

du paysage. Des espèces adaptées aux conditions locales peuvent être sélectionnées pour assurer une meilleure résilience des écosystèmes.

- **Réhabilitation des sols** : La réhabilitation des sols vise à restaurer la fertilité et la structure du sol après l'exploitation minière. Cela peut inclure des techniques telles que l'ajout de matière organique, la correction du pH du sol et la réduction de la toxicité des métaux lourds.
- **Gestion de l'eau** : La gestion de l'eau est essentielle pour restaurer les écosystèmes dans les zones minières dégradées. Cela peut impliquer la construction de bassins de rétention et de systèmes de drainage pour contrôler les flux d'eau et prévenir la pollution.
- **Réintroduction de la faune** : La réintroduction de la faune indigène peut contribuer à rétablir l'équilibre écologique dans les sites miniers dégradés. Cela peut inclure la réintroduction d'espèces animales menacées ou la création d'habitats favorables à la faune locale.
- **La restauration de la biodiversité** : elle implique la restauration de la flore et de la faune indigènes pour soutenir les écosystèmes naturels. Ici, il est aussi question de revégétaliser le site et ceci passe par l'introduction des espèces d'arbre locales comme le neemier (*Azadirachta indica* A) et l'anacardier (*Anacardium occidentale*).
- **Surveillance et suivi** : Une surveillance régulière des sites restaurés est essentielle pour évaluer l'efficacité des mesures de restauration et apporter les ajustements si nécessaire. Le suivi à long terme permet de s'assurer que les écosystèmes se rétablissent et de prendre des mesures correctives si des problèmes surviennent.

La figure ci-dessous présente le schéma de synthèse pris en compte dans la restauration des sites d'exploitation dégradées dans les sites d'intérêt.



**Figure 33: Schéma de synthèse pris en compte dans la restauration des sites d'exploitation dégradées dans les sites d'intérêt.**

## **5. Conclusion et recommandation**

L'état de dégradation des sites d'exploitation minière à Pitoa, Mora, Maga et Foumbot au Cameroun est préoccupant. Les activités minières dans ces régions ont laissé derrière elles des paysages dévastés, caractérisés par des fouilles profondes et des monticules de terres.

Suite aux observations de terrain et aux entretiens avec les personnes ressources, il ressort que les fabricants des briques de terre cuites sont les principaux agents dégradeurs des sites d'exploitation des minéraux du développement dans ces arrondissements.

Les conséquences de cet état de chose sont très visibles. Les excavations laissées par l'exploitation minière se remplissent d'eau pendant la saison des pluies, créant ainsi des pièges mortels pour le bétail et les populations. De plus, la dégradation de l'environnement dans les zones voisines, notamment le déboisement des cours d'eau, entraîne une érosion accrue et une perte de la biodiversité

Il est essentiel de mettre en place des mesures de restauration et de réhabilitation (afforestation, revégétalisation, reboisement, gestion de l'eau, restauration de la biodiversité, suivi, etc) pour remédier à cette situation.

Cependant, il est important de noter que la restauration des sites d'exploitation minière est un processus complexe qui nécessite la collaboration entre les autorités locales, les entreprises minières et les communautés locales. Des efforts concertés doivent être déployés pour élaborer des plans de restauration adaptés à chaque site et pour assurer un suivi régulier afin d'évaluer

Il est également crucial de prendre en compte les aspects socio-économiques et environnementaux dans la planification et la mise en œuvre des activités minières, afin de minimiser les impacts négatifs sur les communautés locales.

## 6. Recommandation

Afin d'atténuer les impacts de l'exploitation des minéraux du développement sur l'environnement, nous formulons à l'égard des artisans les recommandations suivantes pour une gestion durable de cette richesse :

- Respecter les limites mises sur les sites et matérialisées par les lignes de neemiers plantées de part et d'autre des rivages des mayos.
- S'approvisionner en minéraux dans le lit du cours d'eau et non sur les rivages ou sur les berges.
- Utiliser les rônes en lieu et place des bouses de vaches afin de limiter les émissions de méthane.
- Opter pour la fabrication des briques de terre stabilisée car plus écologiques, plus résistantes et moins coûteuses.

Aux populations locales, nous recommandons d'éviter de se construire près des sites d'exploitation des minéraux sablo argileux afin de ne pas être exposé aux risques d'inondations après le retour des pluies.

## 7. Bibliographie

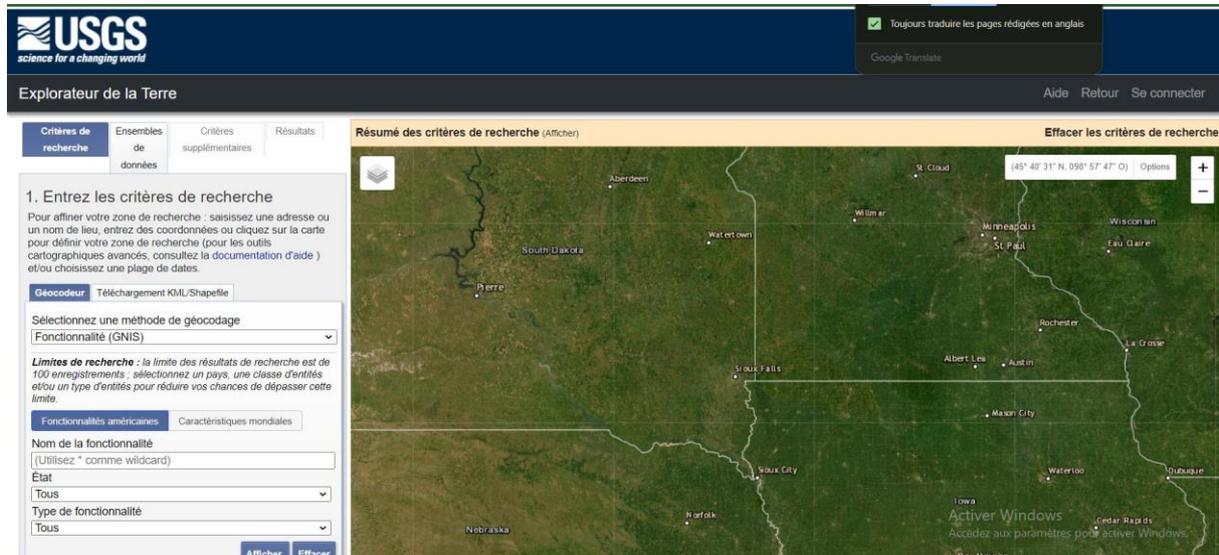
- Anselme, W., & Atimniraye, N. R. (2014). La dégradation environnementale et les stratégies de survie dans les campagnes du Nord-Cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN)* vol N°8, 1517-1525.
- Benvenuti, A. (1996). Analyses de télédétection : projet d'évaluation des interventions de conservation et récupération de l'environnement (PEICRE). Rapport technique, CeSIA-UTA, Niamey, Niger. 119 p.
- Christophe, M. (2012, Decembre 21). notre-planete.info. Récupéré sur [https://www.notre-planete.info/actualites/3591-industries\\_plus\\_polluantes](https://www.notre-planete.info/actualites/3591-industries_plus_polluantes).
- HASAN, A. F. (2019). Évaluation de la dégradation des forêts primaires par télédétection dans un espace de front pionnier consolidé d'Amazonie orientale (Paragominas).
- IFDD-OIF. (2020, Mars 30). Récupéré sur mediaterrre: <https://mediaterre.org>
- Jasem. (1997). Dans Jasem, Concept et définition de l'occupation du sol dans un contexte de changement climatique (p. 89).
- Jean, F. (1996). Outils et Méthodes pour le traitement des images par ordinateur.
- Jobin, B., Latendresse, C., Maisonneuve, C., . . . A., G. (2007). Changements de l'occupation du sol dans le sud du Québec pour la période 1993-2001. Série de rapports techniques n° 483, Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Sainte-Foy, Québec. 128 p.
- Kouagoh, N. (2018). Evaluation des risques santé, sécurité et environnement (sse) de l'exploitation minière artisanale semi-mécanisée a Betare-oya. Mémoire d'ingénieur, FMBEE (Filière des Métiers du Bois, de l'Eau et de l'Environnement).
- OCHA. (2022). Cameroun : Extreme-Nord, Rapport de situation N°26.
- Office-québécoise-de-la-langue-française. (1995). Vitrine linguistique. Récupéré sur <http://www.vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca>
- Oszwald, J., Kouacou, A., J-M., Kergomard, C., & Robin, M. (2007). Représenter l'espace pour structurer le temps : Approche des dynamiques de changements forestiers dans le sud-est de la Côte d'Ivoire par télédétection. *Revue Télédétection*, 7 (1-2-3-4), 271-282.
- Sba-Ecosy-CEDRES. (2011). Analyse économique du secteur des mines : lien pauvreté et environnement. Rapport final du projet d'initiative pauvreté et environnement (IPE),

préparé pour le Ministère de l'environnement et du cadre de vie (MECV). Ouagadougou.

- Scaramuzza, P., Micijevic, E., Chander, & G. (2024, Juin 22). SLC gap-filled products: Phase one methodology. Récupéré sur Landsat.usgs: [http://Landsat.usgs.gov/data\\_products/slc\\_off\\_data\\_productsdocuments/SLC\\_Gap\\_Fill\\_Methodology.pdf](http://Landsat.usgs.gov/data_products/slc_off_data_productsdocuments/SLC_Gap_Fill_Methodology.pdf)
- Soro, G., Ahoussi, E. k., & Kouadio, E. K. (2014). Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des lacs (centre de la cote d'ivoire). *Afrique science*, 146-160.
- Talinabupato, L. B. (2009). Le bois de chauffe et les couts de fabrication de briques cuites dans la ville de kisangani (RD Congo).
- Tanougong, A. (2019). Modélisation prédictive des changements d'occupation des sols à l'horizon 235 : cas du massif forestier intercommunale de Belabo-Doumé-Diang, dans la région de L'Est Cameroun. 78p.
- Tchatchou, B., Sonwa, J. D., Ifo, S., & Tiani, A. M. (2015). Déforestation et dégradation des forêts dans le bassin du congo.
- Tchawa, P. (2003). Sablière contre paysage : la destruction du patrimoine naturel à Batié (Ouest-Cameroun). *Espaces tropicaux*, 201-213.
- Teicheugang, B. (2006). Contribution à l'aménagement de l'UFA 00-004 ; étude des sites à hautes valeurs pour la conservation. Mémoire de fin d'étude CRESA Forêt-Bois. Université de Dschang, Yaoundé, Cameroun.
- Tsayem, D. M. (2002). Caractérisation et suivi de la déforestation en milieu tropical par télédétection application aux défrichements agricoles en Guyane française et au Brésil. Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, Orléans, France. 243 p.
- Voundi, E. (2021). Extractivisme minier dans l'Est-Cameroun et controverses socio-environnementales : quelles perspectives pour un développement paisible des communautés locales ?
- Wakponou, A. (2004). Dynamique geomorphologique des basses terres soudano-sahéliennes dans l'extreme-nord Cameroun.

## Annexes

### Annexe 1 : Interface du site de téléchargement des images satellitaires



### Annexe 2 : Arbre déraciné par les extractions de Pouzzolane à Foubot





Annexe 2 : Carrières non réutilisées après les extractions



### Annexe 3 : Discussions avec les exploitants et focus groupe dans le site de Pitoa



Annexe 4 : Démonstration du fonctionnement de la machine de fabrication des briques de terre stabilisée à Mora

