



**HAL**  
open science

# Potentialités des zonages radiométriques pour la spatialisation des systèmes agraires au Bénin

Aurette Sedegnan

► **To cite this version:**

Aurette Sedegnan. Potentialités des zonages radiométriques pour la spatialisation des systèmes agraires au Bénin. Sciences de l'environnement. 2023. dumas-04511087

**HAL Id: dumas-04511087**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04511087>**

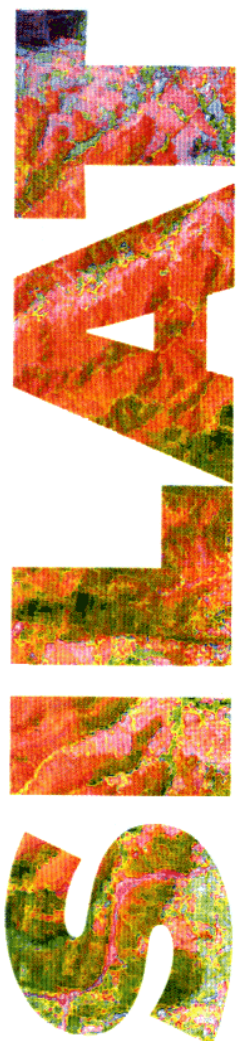
Submitted on 19 Mar 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# Potentialités des zonages radiométriques pour la spatialisation des systèmes agraires au Bénin

*Aurelle SEDEGNAN*

MANAGER  
DE  
PROJETS  
GÉOMATIQUES

Directeurs du projet : Agnès BEGUE (CIRAD)  
Comlan Hervé SOSSOU (INRAB)  
Tutrice SILAT : Valentine LEBOURGEOIS (CIRAD)  
Rapporteur : Philippe LEMOISSON

AgroParisTech 

Octobre 2023

Maison de la Télédétection en  
Languedoc-Roussillon  
500, rue Jean-François Breton  
F- 34093 MONTPELLIER CEDEX  
Tel +33(0)4 67 54 87 60





L'établissement AgroParisTech diffuse ce mémoire et se dégage de toute responsabilité sur le contenu proposé.

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition.

L'obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document doit être respectée selon la licence Creative Commons apposée

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation "Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification 4.0 France disponible en ligne : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



## Table des matières

Table des matières .....	iv
Liste des tableaux .....	vi
Liste des figures.....	vi
Liste des annexes.....	vii
Liste des sigles et abréviations .....	viii
1. Introduction .....	1
1.1. Commanditaires.....	1
1.2. Problématique.....	1
1.3. Besoin.....	2
2. Déploiement et conduite du projet .....	2
2.1. Objectif.....	2
2.2. Résultats attendus .....	2
2.3. Pilotage.....	2
2.3.1. Comité de pilotage.....	2
2.3.2. Outils de gestion .....	2
2.4. Moyens .....	3
2.4.1. Humains.....	3
2.4.2. Matériels.....	3
2.4.3. Financiers .....	3
2.5. Allotement des activités .....	3
3. Productions.....	4
3.1. Revue de littérature .....	4
3.2. Méthodologie.....	5
3.2.1. Approche générale.....	5
3.2.2. La zone d'étude .....	5
3.2.3. Les données utilisées .....	7
3.3. Production du zonage radiométrique.....	15
3.3.1. Données et méthodes.....	15
3.3.2. Résultats .....	17
3.4. Typologie des villages en systèmes agraires .....	18
3.4.1. Données.....	18
3.4.2. Méthodes .....	19
3.4.3. Résultats .....	20
3.5. Analyse des zonages.....	22
3.5.1. Méthodes .....	22
3.5.2. Résultats .....	23

4. Discussion générale.....	34
4.1. Les zones radiométriques .....	34
4.2. La pertinence des différents zonages.....	34
4.3. Valorisation et Perspectives .....	34
5. Conclusion générale .....	35
6. Références bibliographiques .....	x
7. Annexes .....	xi
Résumé.....	xvii
Abstract .....	xvii

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : variables du modèle .....	19
<b>Tableau 2</b> : variables discriminant les types de village.....	21

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Schéma général de l'approche .....	5
<b>Figure 2</b> . Carte du Bénin .....	7
<b>Figure 3</b> . Image modis_ndvi lissé du Bénin .....	8
<b>Figure 4</b> . Cartes des zones agroécologiques ZAE.....	11
<b>Figure 5</b> . Carte des pôles de développement agricole PDA .....	13
<b>Figure 6</b> . Carte d'occupation du sol OSFACO 2015.....	14
<b>Figure 7</b> : Schéma de la méthode de production des cartes d'unités radiométriques à partir des séries temporelles d'images MODIS NDVI (d'après Lemettais <i>et al.</i> , 2023).....	16
<b>Figure 8</b> : Schéma de la production des zones radiométriques par croisement des cartes d'unités radiométriques et de l'information sur l'occupation du sol.....	16
<b>Figure 9</b> : Représentation temporelle des 4 premières composantes de l'ACP des séries NDVI MODIS, et pluviométrie mensuelle .....	17
<b>Figure 10</b> : Carte des 36 unités radiométriques du Bénin représentées sur différentes compositions colorées.....	18
<b>Figure 11</b> : Extrait de la base de données géographiques et socioéconomiques.....	19
<b>Figure 12</b> : Constitution de la base de données géographiques et socioéconomiques.....	19
<b>Figure 13</b> : Proportion de types de villages selon les systèmes .....	20
<b>Figure 14</b> : Répartition géographique des types de villages selon les systèmes agraires. ....	22
<b>Figure 15</b> : Zones radiométriques en fonction de l'occupation du sol OSFACO Bénin .....	23
<b>Figure 16</b> : Proportion de chaque type d'occupation de sol (OSFACO, 2015) par zones radiométriques du Bénin .....	24
<b>Figure 17</b> : Proportion de chaque type d'occupation de sol (OSFACO, 2015) par zone agroécologique du Bénin. ....	26
<b>Figure 18</b> : Zones agroécologiques en fonction de l'occupation du sol OSFACO Bénin .....	27

<b>Figure 19</b> : Proportion de chaque type d'occupation de sol (OSFACO, 2015) par Pôle de développement agricole du Bénin.....	28
<b>Figure 20</b> : Pôles de développement agricole en fonction de l'occupation du sol OSFACO Bénin ....	29
<b>Figure 21</b> : Distribution des systèmes agraires dans les zones radiométriques .....	31
<b>Figure 22</b> : Distribution des systèmes agraires dans les zones agroécologiques .....	32
<b>Figure 23</b> : Distribution des systèmes agraires dans les pôles de développement agricole au Bénin...	33

## Liste des annexes

<b>Annexe 1</b> : Fiche d'expression du besoin .....	xi
<b>Annexe 2</b> : Fiche projet.....	xii
<b>Annexe 3</b> : Analyse de risques.....	xiv
<b>Annexe 4</b> : Proportion des types de systèmes agraires par zone (radiométrique, zone agroécologique et pôle de développement).....	xv

## Liste des sigles et abréviations

ACP	Analyse en Composantes Principales
AgroParisTech	Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement
AppEEARS	Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples
Cirad	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CP	Composante Principale
DGEau	Direction Générale de l'Eau
DGEFC	Direction Générale des Eaux Forêts et Chasse
DSA	Direction de la Statistique Agricole
EA	Exploitations Agricoles
ESRI	Environmental Systems Research Institute
IGN	Institut Géographique National
INRAB	Institut National des Recherches Agricoles du Bénin
INSAE	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
MDRAC	Ministère du Développement Rural et de l'Action Coopérative
MODIS	Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OBSYDYA	Observatoire Pilote des Paysages et des Dynamiques Agricoles
OCS	Occupation du Sol
OSFACO	Observation spatiale des forêts tropicales
PDA	Pôles de développement agricole
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
QGIS	Quantum Geographical Information System
SBEE	Société Béninoise de l'Energie Electrique
SILAT	Systèmes d'Informations Localisées pour l'Aménagement des Territoires
TETIS	Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale
ULiège	Université de Liège
UMR	Unité Mixte de Recherche
UP	Université de Parakou
ZAE	Zone AgroEcologique



# **1. Introduction**

## **1.1. Commanditaires**

Le présent projet de thèse du SILAT s'inscrit dans le cadre du projet OBSYDYA-Bénin (Observatoire Pilote des Paysages et des Dynamiques Agricoles du Bénin). C'est un projet piloté par le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) en partenariat avec l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), l'Université de Parakou (UP), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), l'Université de Liège (ULiège). Il a pour objectif principal de mettre en place un observatoire pilote des systèmes agraires et des paysages, sous la forme d'une plateforme de services dédiés à la capitalisation d'informations spatialisées (cartes, images satellitaires, enquêtes), à la production d'indicateurs (réguliers et peu coûteux) et à la cartographie des dynamiques des systèmes agraires et des paysages du Centre et du Nord Bénin. Ces indicateurs permettront de caractériser, mesurer et comparer les évolutions des paysages et des systèmes agraires les façonnant, et d'en évaluer la durabilité afin d'éclairer et d'accompagner les décisions en matière d'aménagement des territoires et de pilotage du secteur agricole, de développement de l'agroécologie et de protection des ressources.

## **1.2. Problématique**

La délimitation de grandes zones homogènes agricoles part de la volonté d'élaborer des politiques agricoles applicables à grande échelle et ayant un impact sur un ensemble de régions. Au Bénin, l'identification des zones agroécologiques (ZAE) et des pôles de développement agricole (PDA) est nécessaire pour la mise en œuvre des politiques agricoles. En effet, chaque zone (ZAE, PDA) est caractéristique d'un système agraire. Les approches existantes de zonage à grande échelle utilisent des sources de données hétérogènes généralement basées sur un choix subjectif de variables socio-économiques et environnementales (Bisquert *et al.*, 2015, Bellón *et al.*, 2017). Aussi, en raison de la diversité et de la qualité hétérogène de ces sources de données, la représentativité et la reproductibilité des cartes peuvent être limitées. Aujourd'hui avec la télédétection, il existe une gamme variée de produits satellitaires qui offre la possibilité d'accéder de manière régulière à des informations sur les systèmes agricoles à grande échelle et à faible coût. Notre principale hypothèse de travail est que le signal radiométrique contenu dans les séries temporelles d'images de télédétection permet de décrire les principales dimensions d'un paysage et d'en cartographier les unités homogènes. Les principales questions de recherche autour de notre problématique sont : (1) comment les unités paysagères homogènes construites à partir du signal radiométrique contenu dans les séries temporelles d'images de télédétection permettent de décrire les systèmes agricoles au Bénin ? (2) quel lien existe-t-il entre les unités paysagères homogènes construites par signal radiométrique et les types de systèmes agraires/exploitations agricoles au Bénin ?

### **1.3. Besoin**

La connaissance des systèmes agraires est importante dans la mise en œuvre des actions de recherche et de développement. L'Institut National des Recherches Agricoles (INRAB) a développé des outils de caractérisation fine des Exploitations Agricoles (EA) et des systèmes de production. Malheureusement, ces outils nécessitent des dispositifs de collecte de données de terrain lourds et coûteux à mettre en œuvre et à adapter au rythme des changements rapides constatés. La connaissance et l'actualisation des systèmes de production à travers l'utilisation des données d'observation de la terre permettra de réduire le temps et les coûts liés à la collecte de données de terrain. Par ailleurs, les différents résultats obtenus à l'issue de ce projet contribueront à l'atteinte du résultat 2 du projet OBSYDYA qui vise à développer un ensemble d'indicateurs spatiaux des systèmes et dynamiques agricoles en lien avec les données collectées sur les exploitations agricoles et les filières.

## **2. Déploiement et conduite du projet**

### **2.1. Objectif**

La présente étude a pour objectif d'utiliser le potentiel des données satellitaires pour produire des zonages paysagers dits « radiométriques » et d'analyser les unités paysagères résultantes au regard de zonages existants par rapport à l'occupation du sol et d'une typologie des systèmes agraires.

### **2.2. Résultats attendus**

Les livrables attendus de travail sont :

- Une BD géographique (projet QGIS) contenant l'ensemble des données spatialisées relatives à la zone d'étude (données administratives, données d'enquêtes socio-économiques, zonages...)
- une fiche de synthèse sur (1) l'analyse du zonage radiométrique et autres zonages existants au Bénin par rapport à l'occupation du sol, (2) l'analyse de chaque zone radiométrique au regard de la typologie des systèmes agraires qui sera produite sur le Bénin.

### **2.3. Pilotage**

#### **2.3.1. Comité de pilotage**

Le comité de pilotage est constitué du chef de projet, d'un représentant du CIRAD UMR TETIS, de deux représentants de l'INRAB et d'un représentant du projet OBSYDYA. Le comité de pilotage se réunit mensuellement pour faire le point sur l'évolution du projet. Par ailleurs le comité peut être sollicité à la demande d'un membre pour effectuer des points d'étape hebdomadaires.

#### **2.3.2. Outils de gestion**

Les outils de gestion utilisés sont le plan d'actions et échéancier, et le tableau d'analyse des risques et opportunités. Le plan d'actions et échéancier constitue le tableau de bord qui présente les principales

actions à mener selon un chronogramme défini. Le tableau d'analyse des risques et opportunité est un référentiel qualité incluant une analyse des risques et opportunités liés à la mise en œuvre du projet.

## **2.4. Moyens**

### **2.4.1. Humains**

Le projet est mis en œuvre par une agroéconomiste, assistante de recherche à l'INRAB et accueillie comme stagiaire au CIRAD UMR TETIS.

### **2.4.2. Matériels**

Pour la mise en œuvre du projet, le CIRAD a mis à disposition un ordinateur portable HP EliteBook 11<sup>ème</sup> génération (Processeur Intel(R) Core (TM) i7-1165G7 @ 2.80GHz) de RAM 32 GB. Aussi, il a été mis à disposition un disque dur externe pour la sauvegarde régulière des données.

### **2.4.3. Financiers**

Aucune ressource financière n'est prévue pour la mise en œuvre du projet mais il est prévu un accompagnement financier pour la valorisation des résultats à travers la participation à un colloque.

## **2.5. Allotement des activités**

Le projet est fractionné en quatre lots : la revue de littérature, l'élaboration de la problématique et de la méthodologie, le traitement et l'analyse des données et la rédaction du rapport.

- **Lot 1** : Revue de littérature : Un état de l'art a été réalisé sur les types de zonage existants sur le Bénin ainsi que sur les différentes méthodes de zonage.
- **Lot 2** : Elaboration de la problématique et de la méthodologie de travail. A partir des travaux de revue de littérature, la problématique ainsi que la méthodologie liée à notre travail ont été élaborées.
- **Lot 3** : Traitement et Analyse des données : A cette étape, les données nécessaires à nos analyses ont été centralisées et traitées en fonction des résultats attendus. Il s'agit des images satellitaires pour la réalisation du zonage radiométrique, les bases de données géographiques sur le Bénin, les données d'enquête socioéconomiques réalisées par l'INRAB. Par ailleurs, les principales analyses à savoir : le zonage radiométrique, la typologie des systèmes agraires et l'analyse des résultats au regard d'autres zonages ont été faites.
- **Lot 4** : Rédaction du rapport : A la fin du lot 3, les principaux résultats ont été commentés pour la réalisation du rapport. Le rapport rédigé a été soumis au commanditaire pour validation.

### 3. Productions

#### 3.1. Revue de littérature

Deux grandes familles d'approche pour effectuer des zonages sont mobilisées dans le projet :

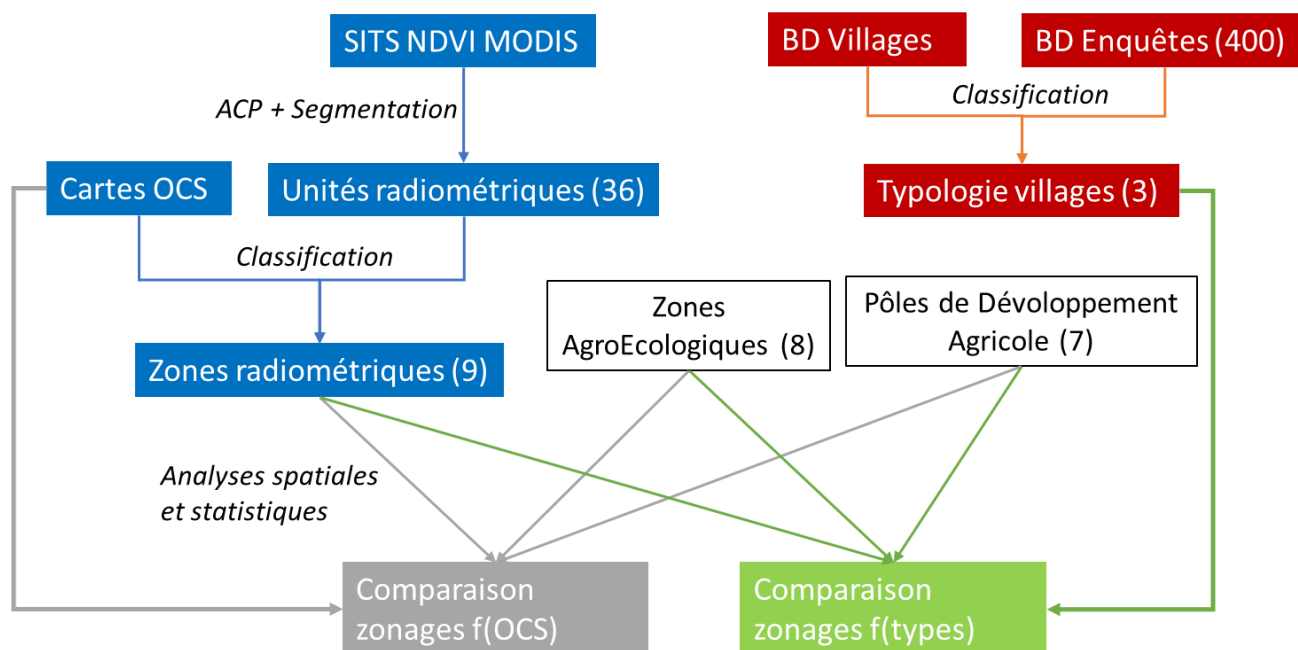
- **L'approche agroécologique**, promue par l'Université de Wageningen au Pays-Bas (van Mansvelt *et al.*, 1998 , Hendriks *et al.*, 2000 ) et le Farm-Nature Plan (Smeding et Joenje, 1999). Affilié à cette approche, **le zonage agroécologique (ZAE)** se rapporte à la division d'une étendue de terres en unités plus petites, possédant des caractéristiques homogènes quant à leur aptitude et potentialité de production et d'impact environnemental. Une zone agroécologique est une unité cartographique de ressources en terres, définie en termes de climat, de géomorphologie et de sols, et/ou du couvert végétal et possédant un éventail spécifique de potentiels et de contraintes pour l'utilisation des terres (FAO, 1997).
- **L'approche géographique** de Jean-Pierre Deffontaines ( Deffontaines *et al.*, 2001 et Deffontaines, 1995 ; Thinon, 2003 ; Hubert-Moy, 2004 ; Benoît *et al.*, 2006 ) qui intègre les principes de l'écologie du paysage développés en France par Françoise Burel et Jacques Baudry (1999) par la définition des unités agrophysionomiques (UAP) à des échelles pouvant aller du local au régional. **Le zonage radiométrique** peut être considéré comme une variante de cette approche (Bisquert *et al.*, 2015 ; Bellón *et al.*, 2017) qui repose sur l'hypothèse que le signal radiométrique contenu dans les séries temporelles d'images de télédétection (sans classification préalable) suffit à lui seul à décrire les paysages par sa sensibilité aux différentes occupations du sol et objets, à la variation saisonnière de ses composantes (végétation, eau, etc.) et aux propriétés des surfaces (ex. densité de la végétation).

Le concept de **système agraire** peut se définir différemment selon les géographes, les agronomes et les économistes agricoles. M. Mazoyer et L. Roudard ( Cochet, 2011) ont redéfini le concept de système agraire comme « l'expression théorique d'un type d'agriculture historiquement constitué et géographiquement localisé, composé d'un écosystème cultivé caractéristique et d'un système social productif défini, celui-ci permettant d'exploiter durablement la fertilité de l'écosystème cultivé correspondant ». Ce sont précisément les interactions réciproques entre les éléments relevant, d'une part, de « l'écosystème cultivé » et, d'autre part, du « système social productif » qui confèrent à l'ensemble le caractère de système agraire. Contrairement aux notions de système de culture/élevage et de système de production/système d'activités qui se définissent respectivement au niveau parcelle/troupeau et au niveau exploitation agricole, le système agraire est un concept global, capable de donner un sens aux activités agricoles à l'échelle régionale en tenant compte des dimensions écologiques et socio-économiques (Cochet, 2011).

## 3.2. Méthodologie

### 3.2.1. Approche générale

Pour atteindre les objectifs du projet, nous avons mis en place une méthode en trois grandes étapes (Figure 1) : 1. la production du zonage radiométrique (en bleu ; Figure 1) ; 2. la typologie des systèmes agraires en termes d'intensification agricole et la caractérisation du type de système agraire par village (en rouge ; Figure 1) ; 3. l'analyse du zonage radiométrique et des zonages existants en termes d'occupation des sols (en gris ; Figure 1.) et de type de système agraire (en vert ; Figure 1).



**Figure 1** : Schéma général de l'approche OCS : Occupation du Sol

### 3.2.2. La zone d'étude

La zone d'étude couvre l'ensemble du Bénin (Figure 2). Le Bénin est situé en Afrique de l'Ouest dans la zone tropicale entre l'équateur et le tropique du Cancer (entre les parallèles 6°30' et 12°30' de latitude nord et les méridiens 1° et 30°40' de longitude est). Il est limité au nord par la République du Niger sur 277 km avec 120 km délimités par le fleuve Niger ; au nord-ouest par le Burkina Faso (sur 386 km) ; à l'ouest par le Togo (sur 651 km), à l'est par le Nigeria (sur 809 km) et au sud par l'océan Atlantique (sur 121 km). Du nord au sud, il s'étend sur 700 km ; la largeur varie de 125 km (le long de la côte) à 325 km (à la latitude Tanguiéta-Ségbana). On distingue douze (12) départements et soixante-dix-sept (77) communes.

Le Bénin possède deux types de climat :

- au sud, un climat équatorial avec une forte humidité, alternance de saisons sèches (de novembre à mars et de mi-juillet à mi-septembre) et de saisons des pluies (d'avril à mi-juillet et de mi-septembre à octobre) ;
- au centre et au nord, un climat tropical, une saison sèche de novembre à avril et une saison des pluies de juin à septembre.

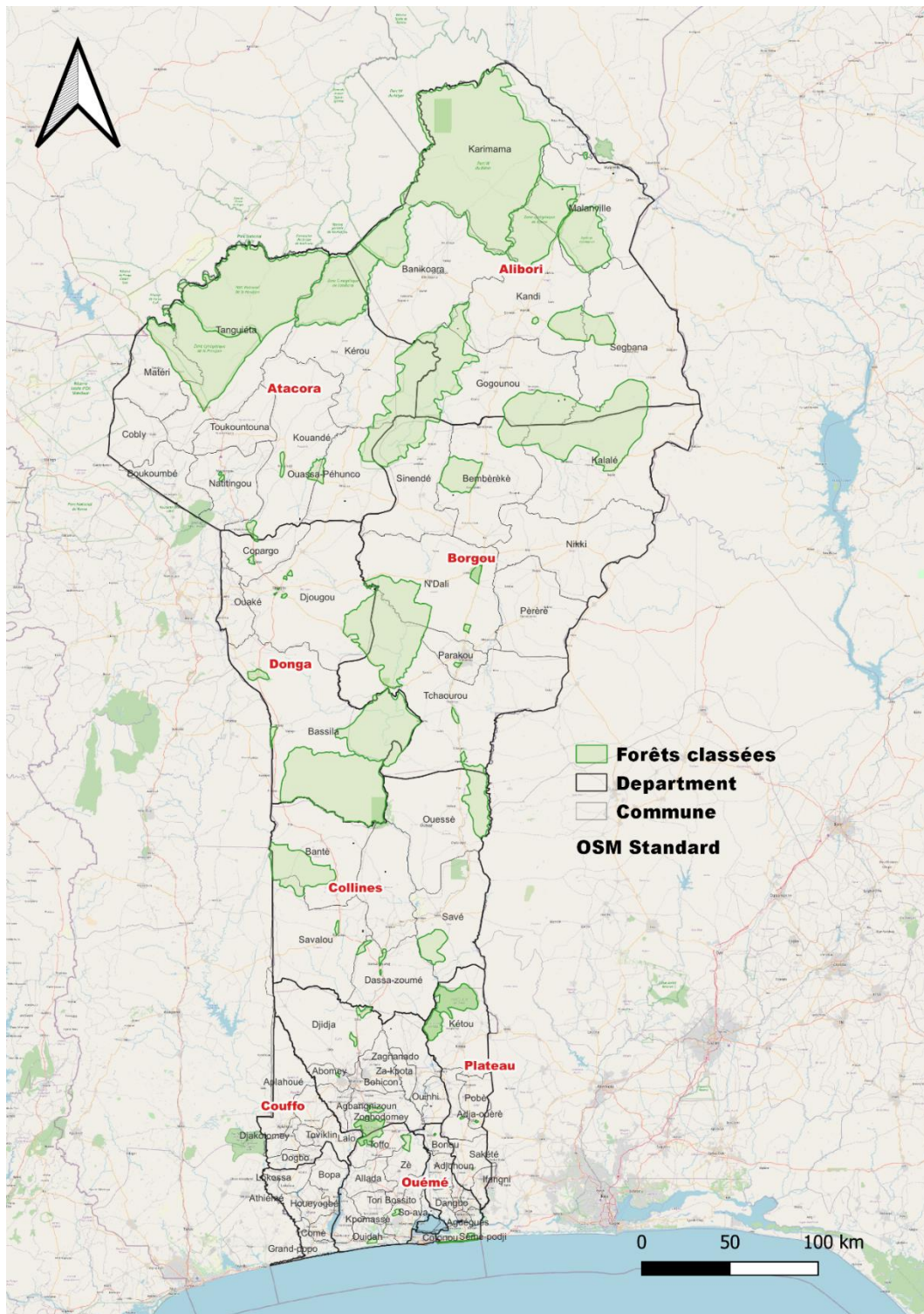
Le relief du Bénin est peu accidenté et comprend :

- une région côtière, basse et sablonneuse limitée par des lagunes;
- un plateau d'argile ferrugineux ;
- un plateau silico-argileux, parsemé de quelques sous-bois;
- au nord-ouest, le massif de l'Atacora (800 mètres) ;
- au nord-est, les plaines du Niger, silico-argileuses très fertiles.

Trois types de végétation caractérisent le Bénin :

- la savane arborée dans les régions soudanaises du Nord ;
- la savane au Centre avec des essences comme l'Acajou, l'Iroko, la Samba ;
- et la forêt au Sud et au Moyen Bénin.

Quant à la faune, on relève deux parcs nationaux au Nord : le parc Pendjari (275 000 ha) et le parc du «W» (502 000 ha).



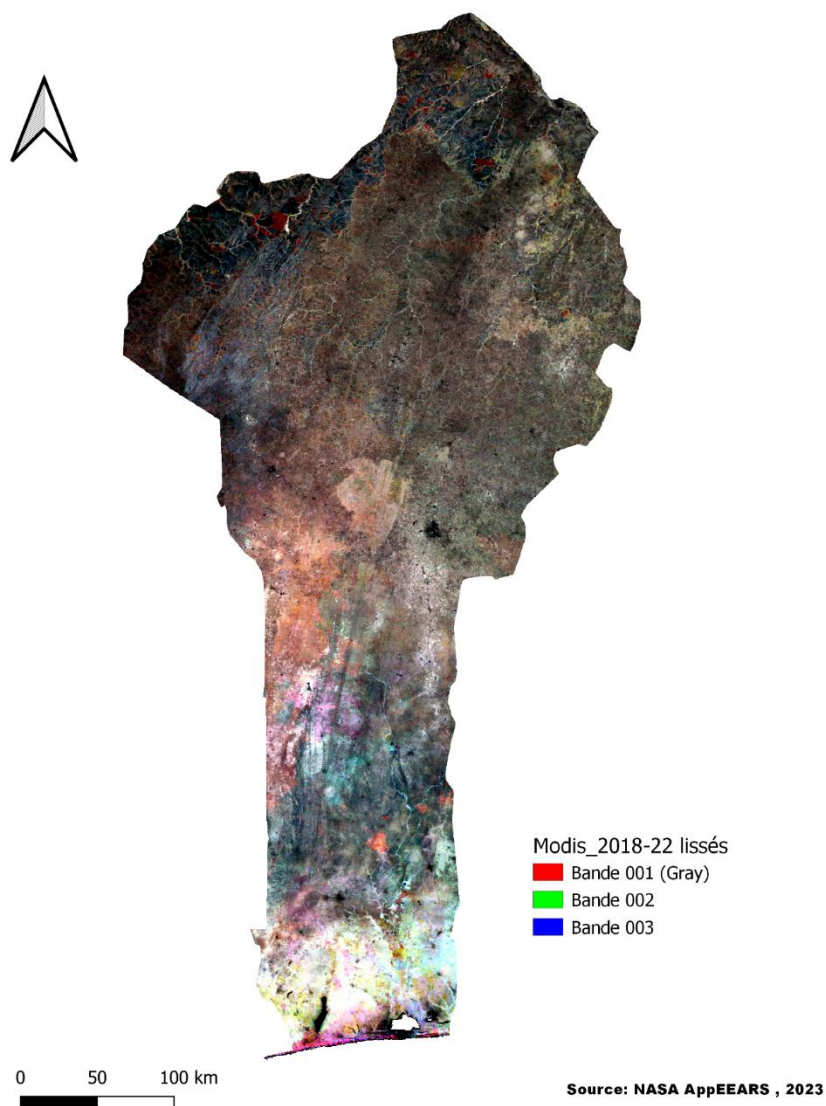
**Figure 2.** Carte du Bénin  
**Source :** IGN Bénin, OSM

### 3.2.3. Les données utilisées

#### 3.2.3.1. Données MODIS

Le zonage est basé sur l'analyse d'une série temporelle du produit NDVI MODIS MOD13Q1 V6 (Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m) acquises sur la période de 2018-2022. Cette période de cinq

années a été choisie pour éliminer les effets dû aux particularités qu'on pourrait observer sur certaines années. Le produit MOD13Q1 V6 fournit des indices de végétation calculés à partir de réflectances de surface bidirectionnelles corrigées de l'atmosphère et masquées pour l'eau, les nuages, les aérosols lourds et les ombres nuageuses. Le produit est accessible depuis la plateforme AppEEARS proposée par la NASA (<https://appears.earthdatacloud.nasa.gov>). Au total 116 images de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ont été téléchargées (23 images composites à 16 jours par an). La figure 3 présente cette serie temporelle d'images MODIS-NDVI lissées.



**Figure 3.** Image modis\_ndvi lissé du Bénin  
Source : IGN Bénin, OSM



### 3.2.3.2. Les zonages nationaux du Bénin

Il existe deux zonages nationaux pour le Bénin :

- *Le zonage agroécologique en 8 zones (MDRAC/PNUD, 1995)*

Sur le plan Agro-climatique, le Bénin a été subdivisé en huit zones agroécologiques (ZAE) (Figure4). Chacune des huit zones est caractérisée par des données climatiques, des données du milieu physique (végétation, relief et sols), des enjeux environnementaux (milieux sensibles et dégradation actuelle). Ces huit zones sont définies en croisant les données climatique, pédologique ainsi que les potentialités et contraintes agronomiques aux limites administratives.

**ZAE1 (Zone de l'extrême nord du Bénin)** : Elle marque la limite nord du Bénin par la présence du fleuve Niger et bénéficie de ses trois affluents que sont : Mékrou, Alibori et Sota. C'est une zone qui contient dans sa majeure partie la réserve forestière appelée Parc National du W du Niger. Son climat est du type soudano-sahélien et regroupe les communes de Malanville et Karimama. Les températures sont excessives et atteignent 40° à l'ombre en saison sèche.

**ZAE2 (Zone cotonnière du nord Bénin)** : Son nom repose essentiellement sur sa spécialisation en culture de coton, facteur de développement spectaculaire des communes qu'elle regroupe : Banikoara, Kérou, Kandi, Ségbana, Gogounou. Cette zone est arrosée par les mêmes affluents du fleuve Niger que la zone 1 et subit l'influence de l'Alizé continental qui s'annonce déjà dès le mois de novembre.

**ZAE3 (Zone vivrière du Sud-Borgou)** : Cette zone se caractérise essentiellement par une très grande disponibilité des terres agricoles, ce qui est un atout majeur pour la sécurité alimentaire. Elle comprend les communes de Nikki, Pèrèrè, Kalalé, Bembèrèkè, N'Dali, Sinendé, Péhunco et Kouandé. C'est le domaine du climat soudanien humide marqué par une saison pluvieuse allant du mois d'Avril à septembre et une saison sèche qui dure près de cinq mois.

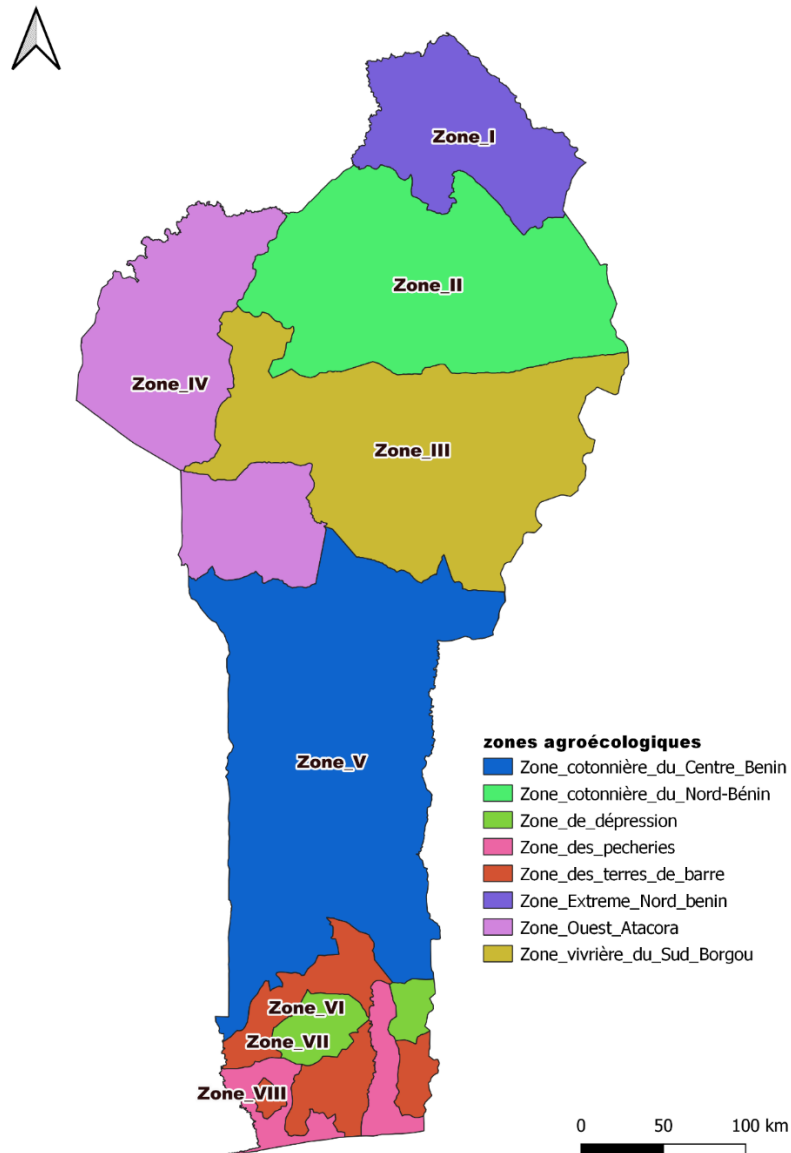
**ZAE4 (Zone Ouest-Atacora)** : Elle peut être désignée également par « zone des contreforts de l'Atacora » et regroupe les communes de Tanguiéta, Cobly, Matéri, Toucoutouna, Boukoumbé, Copargo, Ouaké et Djougou. Cette zone bénéficie de la présence de la Chaîne de l'Atacora qui lui confère un climat particulier où les températures sont plus fraîches et les orages plus fréquents que dans les autres zones. Les hauteurs d'eau de pluies varient de 800 à 1350 mm suivant l'année. Le principal cours d'eau est la Pendjari avec ses affluents.

**ZAE5 (Zone Cotonnière du Centre)** : Cette zone est la plus vaste et contient tout le département des collines et une partie de quelques départements (Borgou, Donga, Couffo, Plateau et Zou). C'est une zone propice à l'agriculture et accueille des « colonisateurs agricoles » venus pour la plupart de la Zone 4. Elle est arrosée par le fleuve Ouémé et ses affluents (le Zou et l'Okpara).

**ZAE6 (Zone de « terre de barre »)** : Cette zone est l'une des plus complexes et dénommée "zone de terre de barre" en raison des caractéristiques de ces sols. Elle est localisée dans la partie méridionale du Bénin et comprend les communes d'Abomey-Calavi, Allada, Kpomassè, Tori-Bossito, Zè dans le département de l'Atlantique, de Djakotomey, Dogbo, Klouékanmè, Houéyogbé, Toviklin dans le département du Mono, d'Adjarra, Akpro-Missérété, Avrankou, Ifangni, Porto-Novo, Sakété, dans le département de l'Ouémé, d'Abomey, Agbagnizoun, Bohicon, Covè, Za-Kpota et Zagnanado dans le département du Zou. Le climat est marqué par deux saisons de pluies (Mars-juillet ; Octobre-Novembre) et deux saisons sèches (Décembre-Février ; Août). Les hauteurs d'eau de pluie varient entre 1000 à 1400 mm.

**ZAE7 (Zone de la dépression)** : cette zone est ainsi dénommée parce qu'elle est située dans une dépression qui, d'Ouest en Est, est appelée dépression des Tchi dans le Mono (Commune de Lalo), dépression de la Lama dans l'Atlantique et le Zou (respectivement Communes de Toffo et de Zogbodomey) et dépression d'Issaba dans l'Ouémé (Communes d'Adja-Ouèrè et de Pobè). C'est la plus petite des huit zones agro-écologiques en termes de superficie. Sur le plan climatique elle est assez comparable à la zone des terres de barre avec cependant une forte humidité relative (environ 85%).

**ZAE8 (Zone de pêcheries)** : L'une des caractéristiques principales de cette zone est le développement de la pêche continentale et maritime en complément à la production végétale et animale. Géographiquement, elle est la plus méridionale et occupe la zone fluvio-lacustre des départements de l'Atlantique, du Mono, de l'Ouémé et du Zou où elle couvre les communes d'Athiémé, de Grand-Popo, de Bopa, de Lokossa, de Comé dans le département du Mono, de Ouidah et de Sô-Ava dans le département de l'Atlantique, de Sèmè-Kpodji, des Aguégués, de Dangbo, d'Adjohoun et de Bonou dans le département de l'Ouémé et de Ouinhi dans le département du Zou.



**Figure 4.** Cartes des zones agroécologiques ZAE  
**Source :** MAEP, IGN Bénin

- ***Le zonage en pôles de développement agricole (PAG, 2016)***

Pour assurer l'équilibre régional, limiter l'exode massif des populations rurales vers les grands centres urbains et permettre des opportunités de création d'emplois, l'approche du Gouvernement vise à valoriser les potentialités locales à travers la territorialisation du développement agricole fondée sur la constitution de zones relativement homogènes formant ainsi des Pôles de Développement Agricole (PDA) (Figure5). Ils ont été définis en tenant compte des cultures phares de chaque zone ainsi que des limites administratives.

**Pôle 1 (zone rizicole de plaines et bas-fonds) :** Riz et maraîchage (tomate, oignon et pomme de terre) ; Élevage de bovins, d'ovins, de caprins et de volailles. Elle couvre les communes de Malanville et Karimama.

**Pôle 2 (zone du bassin cotonnier) :** Coton, maïs, sorgho et soja ; Élevage intensif de bovins ; Élevage d'ovins, de caprins et de volailles. Elle couvre les communes suivantes : Kandi, Banikoara, Ségbana, Cogounou, Kouandé, Kèrou et Péhunco, Sinendé, Kalalé, Bembéréké.

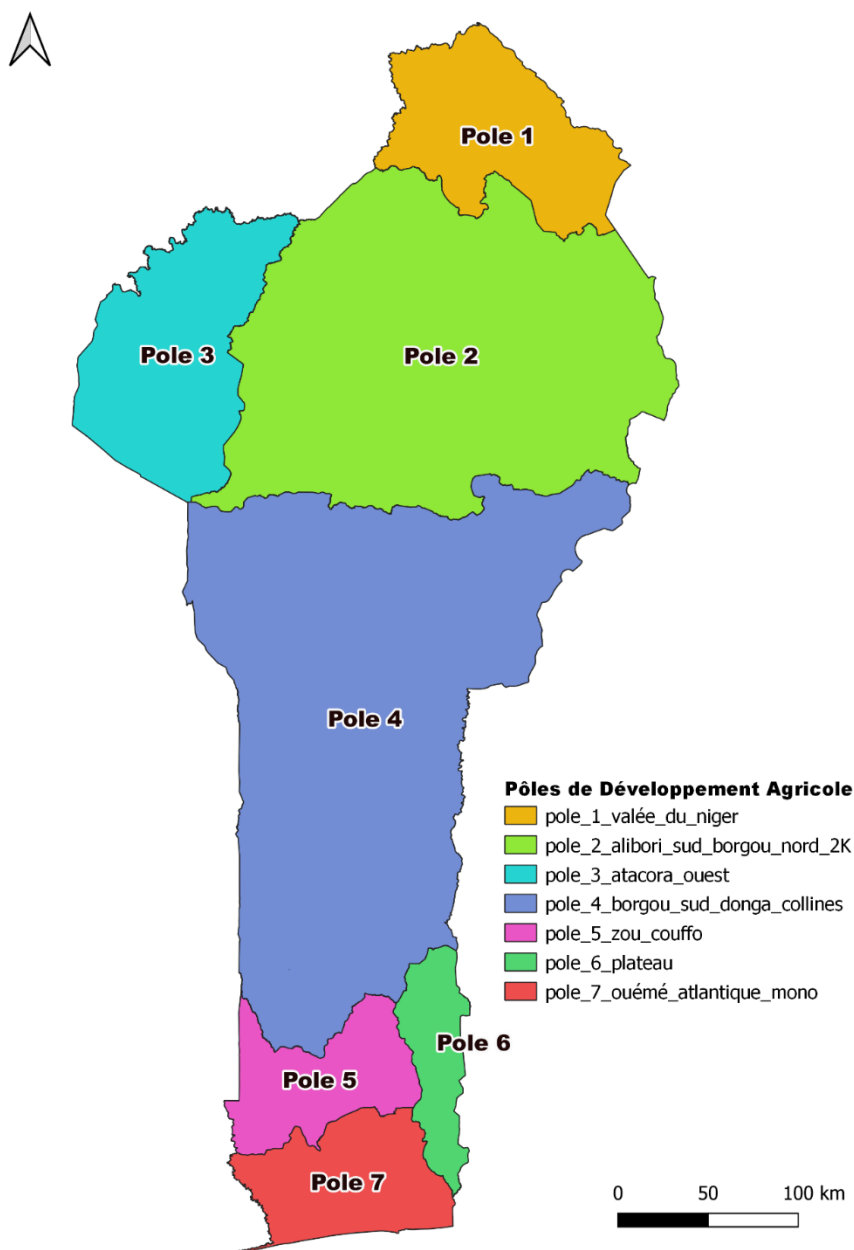
**Pôle 3 (zone coton-vivrier) :** Coton, riz, maïs et manguier ; Légumineuses (niébé et arachide) ; Élevage de bovins, d'ovins, de caprins et de volailles. Elle couvre les communes suivantes : Tanguiéta, Matéri, CoblY, Boukoubé, Toucountouna et Natitingou.

**Pôle 4 (zone coton-vivrier-Anacardier) :** Anacardier et coton, cultures locomotives ; Maïs, riz, niébé, soja arachide, manioc, igname et manguier ; Élevage intensif de bovins, d'ovins, de caprins et de volailles. Elle couvre les communes suivantes : Tchaourou, Parakou, N'Dali, Nikki, Pèrèrè, Djidja, Savalou, Bantè, Dassa-Zoumè, Clazoué, Savè, Ouèssè, Djougou, Ouaké, Bassila et CoPargo.

**Pôle 5 (zone arboriculture fruitière-cultures vivrières) :** Agrumes, mangues, palmier à huile ; Riz, maïs, niébé et arachide (huile Agonlin) ; Petit élevage et espace agro-sylvo-pastoral. Elle couvre les communes suivantes : Covè, Zangnanando, Ouinhi, Za-Kpota, Zogbodomey, Bohicon, Abomey, Agbangnizoun, Dogbo, Aplahoué, Toviklin, Lalo, Klouékanmè et Djakotomey.

**Pôle 6 (Zone de palmiers à huile – Vivriers) :** Palmiers à huile et maïs (cultures locomotives) ; Manioc et riz. Elle couvre les communes suivantes : Pobé, Kétou, Sakété, Adja-Ouèrè et Ifangni.

**Pôle 7 (Zone pêcheurie – maraîchage) :** Aquaculture, ananas, riziculture et maraîchage (activités dominantes) ; Maïs, manioc et palmier à huile ; Petit élevage. Elle couvre les communes suivantes : Avrankou, Adjarra, AkPro-Misséréfé, Porto-Novo et Sèmè-Podji, Aguégués, Adjohoun, Bonou et Dangbo, Zè, Allada, Toffo, Abomey-Calavi, So-Ava, KPomassè, Tori-Bossito, Ouidah, Cotonou, Athiémé, BoPa, Comè, Lokossa, Crand-PoPo et Houéyogbé.

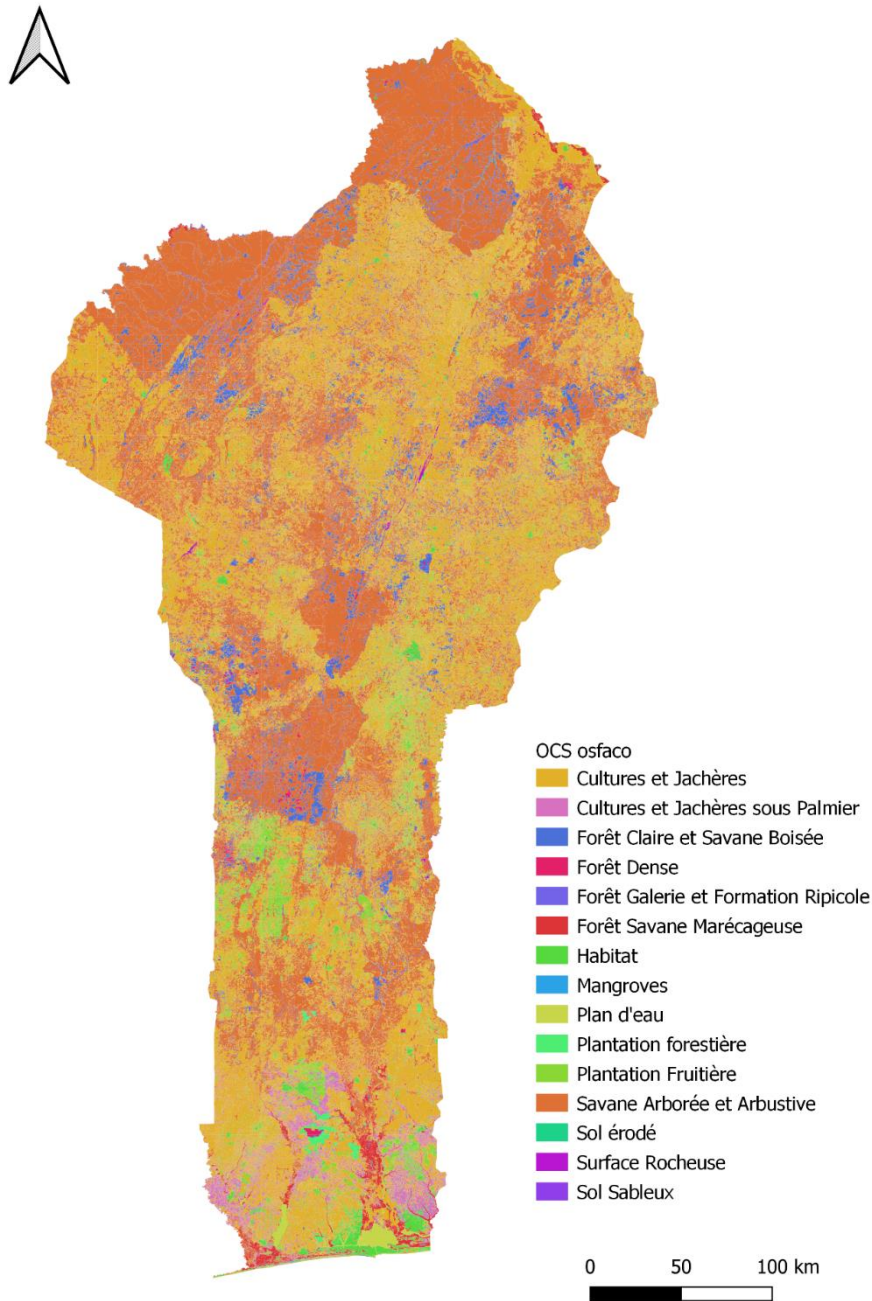


**Figure 5.** Carte des pôles de développement agricole PDA  
**Source :** MAEP, IGN Bénin

### 3.2.3.3. La carte d'occupation des sols

Il existe de nombreuses cartes d'occupation du sol disponibles sur le Bénin (ESRI 2021, Sahel 2018...), mais nous avons retenu pour cette étude la carte nationale d'occupation des sols (OCS) produite dans le cadre du projet OSFACO (DGEFC, 2019) car elle reste la carte la plus récente et la plus précise à l'échelle du pays. La carte OCS du Bénin est faite à partir d'images SPOT6/7 à 1,5 m de résolution et est composée de quinze (15) classes : (1) Culture et jachère ; (2) Culture et jachère sous palmier ; (3) Forêt claire et savane boisée, (4) Forêt dense ; (5) Forêt galerie et formation ripicole, (6) Forêt et savane

marécageuse ; (7) Habitat ; (8) Mangroves ; (9) Plan d'eau ; (10) Plantation forestière ; (11) Plantation fruitière ; (12) Savanes arborée et arbustive ; (13) Sol érodé et dénudé ; (14) Surface rocheuse ; (15) Surface sableuse. La figure 6 présente la carte d'occupation du sol d'OSFACO 2015.



**Figure 6.** Carte d'occupation du sol OSFACO 2015  
**Source :** DGEFC (2019)

#### 3.2.3.4. Les bases de données géographiques des villages et les enquêtes agricoles

La base de données géographiques a été produite par l'Institut Géographique National (IGN) du Bénin en 2018. Elle contient les informations suivantes : nom de la localité, type (village, quartier hameau),

statut administratif (chef-lieu d'arrondissement ou village), nom commune, nom de l'arrondissement, noms enregistrés pour la localité dans diverses bases de données (Assemblée, SBEE, DGEAU, INSAE), présence de services publics (gendarmerie, police, pompiers, douane, hôpital), coordonnées géographiques (point), taille de la population (information incomplète).

La base de données des enquêtes agricoles est celle produite par l'INRAB en 2017 au cours de l'enquête de caractérisation des zones agroécologiques du Bénin (Adegbola *et al.*, 2017). L'étude de caractérisation avait pour objectif d'identifier les sous-zones les plus homogènes susceptibles de faire objet de politiques qui impactent mieux aussi bien les populations que les écosystèmes au sein desquelles celles-ci exercent leurs activités. Par ailleurs pour l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), elle permettait d'apprécier la représentativité de ses sites de Recherche Développement (Site RD) en vue de leur repositionnement et/ou de la création de nouveaux sites en harmonie avec les pôles de développement agricole. La caractérisation des ZAE du Bénin a été faite en 2017 et couvrait l'ensemble des douze (12) départements et des huit (08) ZAE du pays avec un échantillon total de 437 villages. Les principales variables collectées sont : présence de services publics et agricoles, les distances au marché, à l'école, au centre de santé, % de ménages utilisant la traction animale, % de ménages ayant champ de case, % de ménages ne disposant pas suffisamment de terre, % de ménage disposant de plantation commerciale, % de ménages utilisant d'engrais chimique, % de ménages utilisant les pesticides chimiques, % de ménages pratiquant l'élevage, % de ménages pratiquant le maraichage, les indices d'importance des denrées de base, les indices de dépendance des denrées de base, % de ménages ayant accès actuellement au crédit, % de Femmes ayant accès actuellement au crédit, % de ménages qui recrutent de la main d'œuvre.

### **3.3. Production du zonage radiométrique**

#### **3.3.1. Données et méthodes**

La carte des zones radiométriques a été faite en deux temps (**Figure 1** ; partie bleue) : 1. La production d'une carte d'unités radiométriques (Lemettais *et al.*, 2023), puis 2. la classification de ces unités en zones radiométriques en utilisant l'information sur l'occupation des sols.

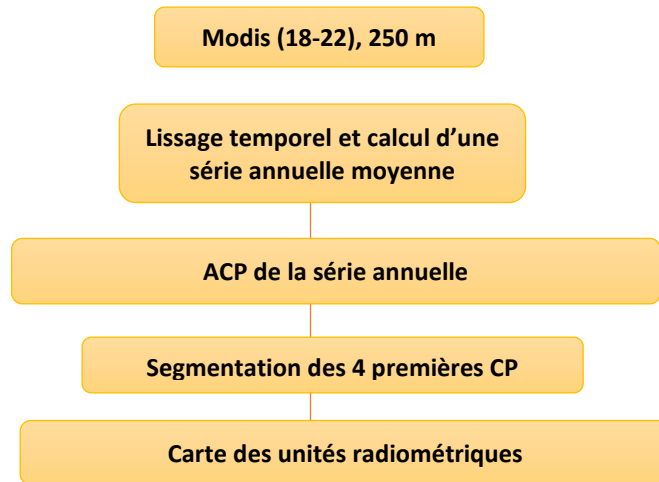
#### ***Production de la carte d'unités radiométriques***

L'approche suivie pour produire le zonage radiométrique est résumée sur la figure 7 et décrite ci-après.

Pour chaque pixel, les 5 séries annuelles de NDVI ont été lissées à l'aide du filtre de Savitzky-Golay paramétré avec une demi-fenêtre de 2 et un polynôme de degré 2, puis moyennées date à date pour produire une série annuelle moyenne (23 dates). Cette série annuelle moyenne a ensuite fait l'objet d'une analyse en composante principale (ACP).

Les images des 4 premières composantes de l'ACP ont été utilisées pour la segmentation. La segmentation a été faite en se basant sur le critère de Baatz and Schaepe (1000) et en donnant un poids

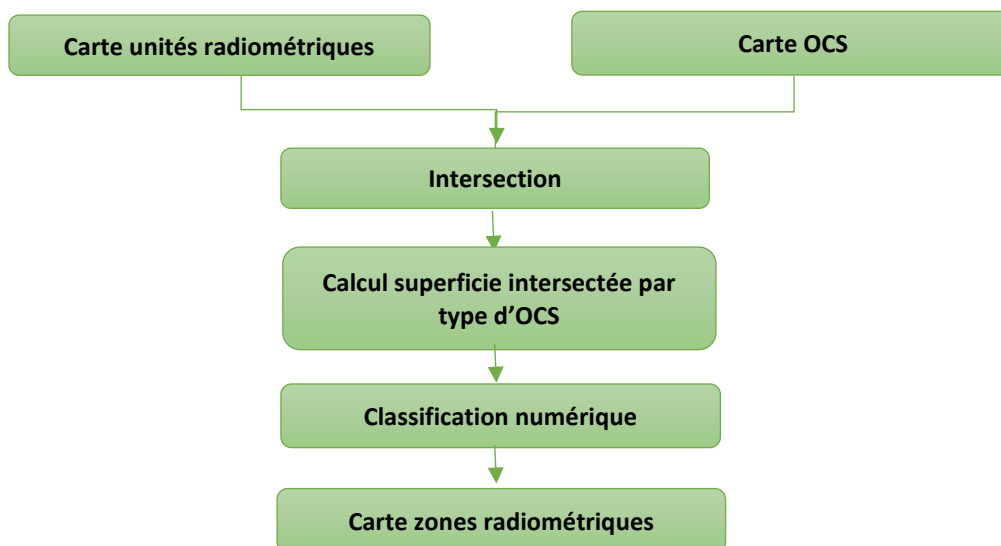
de 50% à l'indice spectral et de 50% à l'indice de forme. Une carte comportant 36 unités radiométriques a été obtenue.



**Figure 7** : Schéma de la méthode de production des cartes d'unités radiométriques à partir des séries temporelles d'images MODIS NDVI (d'après Lemettais *et al.*, 2023).

#### *Production de la carte des zones radiométriques*

La démarche méthodologique pour produire un zonage radiométrique peut être résumée comme suit (Figure 8) : (1) intersection entre les 36 unités paysagères radiométriques obtenues et la cartes d'occupation des sols OSFACO ; (2) calcul de la proportion des différentes classes d'OCS dans chaque unité radiométrique ; (3) classification hiérarchique en basant sur la méthode de Ward réalisée dans SPSS pour regrouper les unités ayant les mêmes caractéristiques.



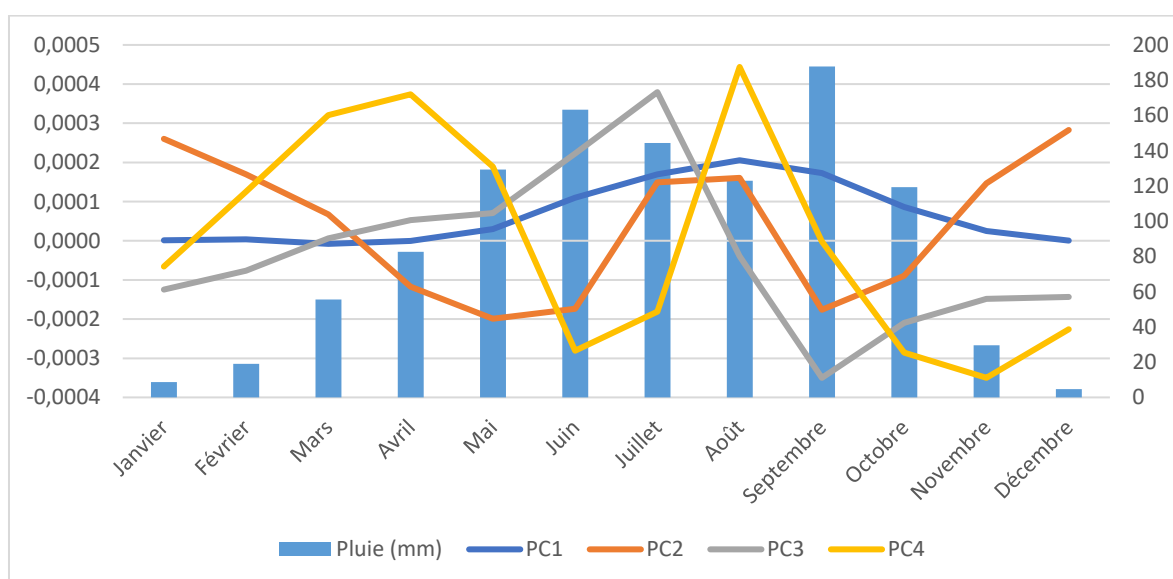
**Figure 8** : Schéma de la production des zones radiométriques par croisement des cartes d'unités radiométriques et de l'information sur l'occupation du sol.



### 3.3.2. Résultats

#### *La carte des unités radiométriques*

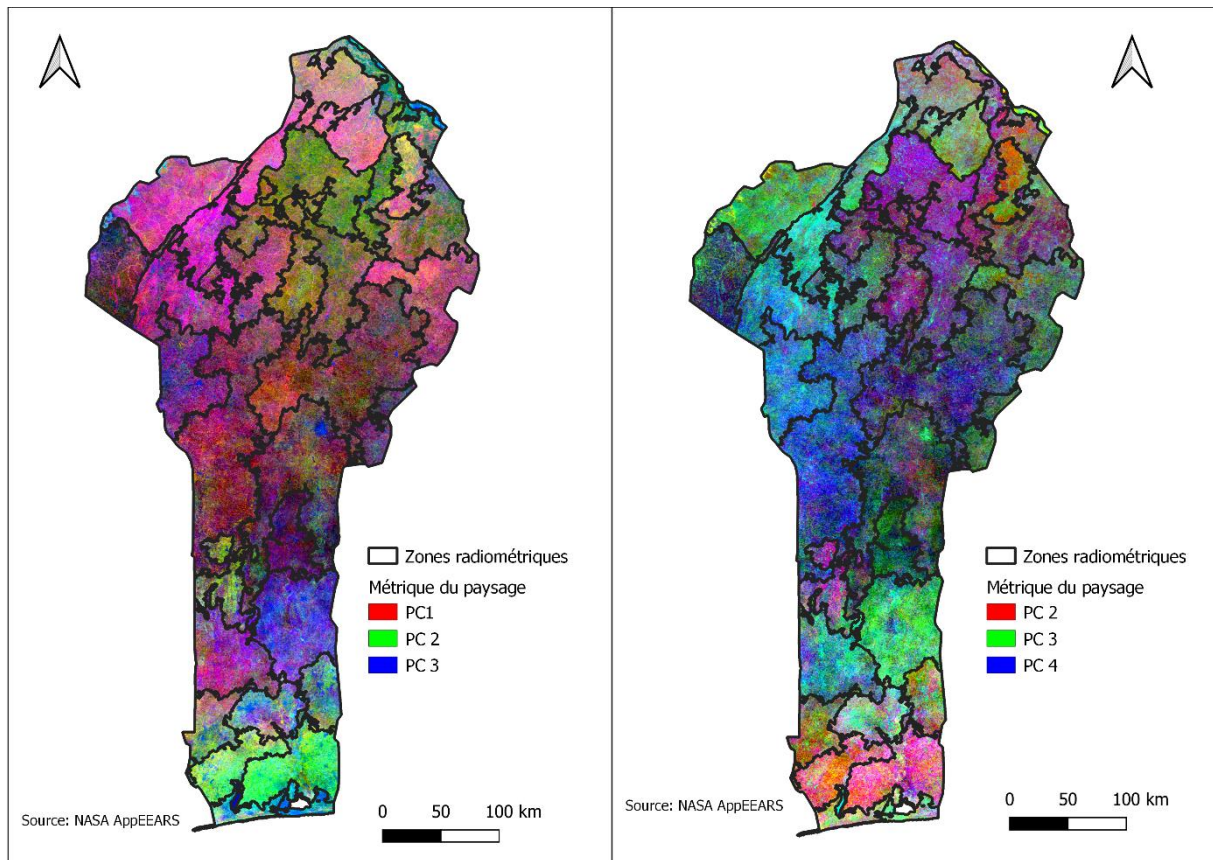
L'ACP est réalisé sur la série annuelle moyenne (23 dates soit une date tous les 16 jours). Les 4 premières composantes principales concentrent l'essentiel des informations spatiales et phénologiques nécessaires à l'étude. Les profils des vecteurs propres des 4 composantes principales sont données sur la figure 9. La première composante (PC1) est corrélée positivement avec le NDVI moyen de la période quinquennale et peut donc être associée à la productivité de la végétation de la zone. La deuxième composante (PC2) montre un cycle annuel corrélé avec les précipitations de la zone, et montre des valeurs saisonnières marquées proches de la phénologie naturelle de la végétation. La troisième composante (PC3) montre également un profil saisonnier mais décalé par rapport aux pluies. Enfin, la composante 4 (PC4) montre 2 cycles annuels, avec un pic pendant la saison des pluies et un autre pic pendant la saison sèche. En règle générale, les composantes postérieures à la PC3 capturent des changements isolés et des épisodes qui s'écartent de la variation saisonnière dominante capturée par PC2 ou PC3. Ces variations intra saisonnières du NDVI saisies par le PC4 peuvent être liées à divers facteurs naturels (incendies, inondations, tempêtes, ouragans) et anthropiques ou à des combinaisons de facteurs. Les valeurs propres des PC ont été superposées aux données moyennes de pluie sur dix années soit de 2012 à 2021 (DSA, 2022).



**Figure 9** : Représentation temporelle des 4 premières composantes de l'ACP des séries NDVI MODIS, et pluviométrie mensuelle

La segmentation des quatre premières composantes a conduit à l'obtention de 36 unités radiométriques homogènes à l'intérieur et hétérogènes entre elles. Chaque unité radiométrique représente un paysage type en matière de végétation et de profil saisonnier. La figure 10 présente les unités radiométriques sur

deux différentes compositions colorées. La variabilité des unités radiométriques transparait à travers ces compositions colorées.



**Figure 10 :** Carte des 36 unités radiométriques du Bénin représentées sur différentes compositions colorées

### 3.4. Typologie des villages en systèmes agraires

#### 3.4.1. Données

##### La BD géographique

fid	nom_loc	type	statut_adm	commune	arrondist	village_ad	nom_enq	nom_50k	nom_200k	nom_500k	nom_assemb	nom
1	1 Abadago	VILLAGE	VILLAGE	ADIA-OUÈRÉ	Massé	Abadago	Abadago	Agbadago	Agbadago	Non renseigné	Non renseigné	ABADA
2	2 Abato	VILLAGE	VILLAGE	ADJOHOUN	Adjohoun	Abato	Abato	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	ABATO
3	3 Abba	VILLAGE	VILLAGE	POBÉ	Issaba	Abba	Abba	Abba	Abba	Non renseigné	Abba	ABBA
4	4 Abikokouta	VILLAGE	VILLAGE	BONDOU	Houmriguè	Abikokouta	Abikokouta	Non renseigné	Abikokouta	Non renseigné	Abikokouta	ABIKOK
5	5 Abidomey	VILLAGE	VILLAGE	ADJOHOUN	Awonou	Abidomey	Abidomey	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	ABIDOM
6	6 Abolou	VILLAGE	VILLAGE	IOFI O	Cassé	Abolou	Abolou	Abolou	Abolou	Non renseigné	Abolou	ABOLO
7	7 Adandokpodji	QUARTIER	VILLAGE	ABOMEY	Vidolé	Adandokpodji	Adandokpodji	Adandokpodji	Non renseigné	Non renseigné	Adandokpodji	ADAND
8	8 Adarhoundjijon	VILLAGE	CL_ARRONDIS...	AGBANANNE/COLIN	Adarhoundjijon	Adarhoundjijon	Adarhoundjijon	Adarhoundjijon	Adarhoundjijon	Adarhoundjijon	Adarhoundjijon	ADARHO
9	9 Adingnigon	VILLAGE	CL_ARRONDIS...	AGBANANNE/COLIN	Adingnigon	Adingnigon	Adingnigon	Adingnigon	Adingnigon	Non renseigné	Adingnigon	ADING
10	10 Adjéliméy	VILLAGE	VILLAGE	IADJÉ	Ilevesmé	Adjéliméy	Adjéliméy	Adjéliméy	Adjéliméy	Non renseigné	Adjéliméy	ADJELI
11	11 Adjan Houéta	VILLAGE	VILLAGE	ZÉ	Adjan	Adjan Houéta	Adjan Houéta	Houéta	Non renseigné	Non renseigné	Adjan Houéta	HOUET
12	12 Adjoussané	VILLAGE	VILLAGE	KI KOU	Kparikou	Adjoussané	Adjoussané	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Adjoussané	ADJOUSS
13	13 Agbanou	VILLAGE	CL_ARRONDIS...	ALLADA	Agbanou	Agbanou	Agbanou	Agbanou	Agbanou	Agbanou	Agbanou	AGBANOU
14	14 Agbansa	VILLAGE	VILLAGE	IGI HAKURIKU	Alfarsou	Agbansa	Agbansa	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	AGBANSA
15	15 Agbédomé	VILLAGE	VILLAGE	TOVILIN	Missinko	Agbédomé	Agbédomé	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	AGBÉDOMÉ
16	16 Agbodji	VILLAGE	CL_ARRONDIS...	BOPA	Agbodji	Agbodji	Agbodji	Agbodji	Agbodji	Non renseigné	Non renseigné	AGBODJI
17	17 Agbokou	VILLAGE	VILLAGE	BOHICON	Avogbanna	Agbokou	Agbokou	Agbokou	Agbokou	Non renseigné	Non renseigné	AGBOKOU
18	18 Agbokpa	VILLAGE	VILLAGE	ZA-KPOTA	Za-Kpota	Agbokpa	Agbokpa	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	AGBOKPA
19	19 Agbossa	QUARTIER	VILLAGE	BONDOU	Affamé	Agbossa	Agbossa	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	AGBOSSA
20	20 Agnavo	QUARTIER	VILLAGE	DOGBO	Dévé	Agnavo	Agnavo	Agnavo	Agnavo	Non renseigné	Non renseigné	AGNAVO

**Figure 11** : Extrait de la base de données géographiques et socioéconomiques

*Statistiques des variables introduites dans le modèle*

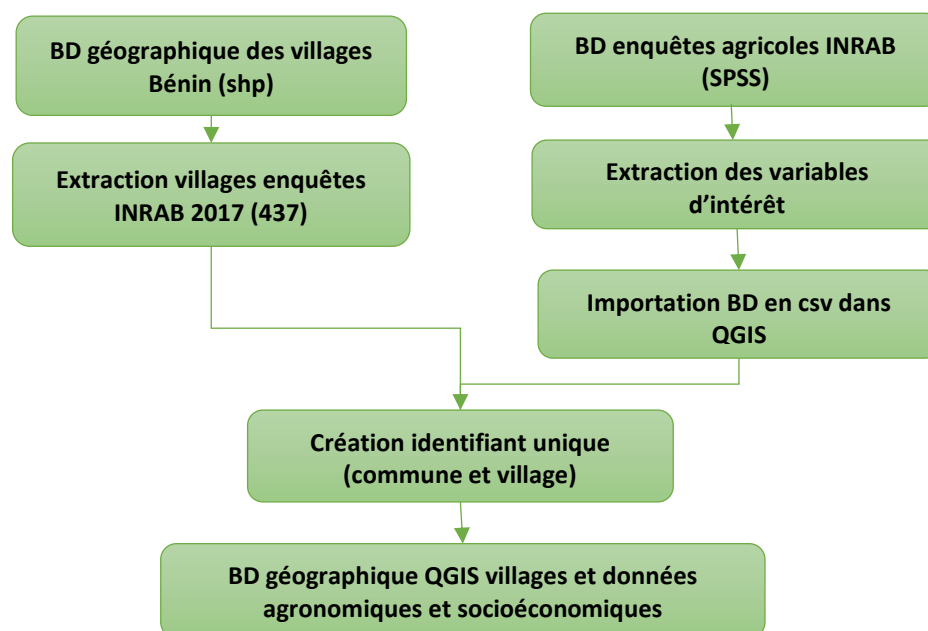
**Tableau 1** : variables du modèle

Variables	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
% de ménage ne disposant pas suffisamment de terre	342	10,0	100,0	57,3	25,2
% de ménage disposant de plantation commerciale	411	1,3	100,0	50,2	20,3
% de ménage utilisant la traction animale	124	10,0	100,0	62,8	32,5
% de ménage utilisant le tracteur	103	10,0	100,0	37,9	25,0
% de ménage utilisant d'engrais chimique	384	5,0	100,0	61,7	32,1
% des terres cultivables dans le village	433	10,0	100,0	68,0	18,3
% de ménage ayant accès actuellement au crédit	374	10,0	100,0	48,9	25,3
% de ménage utilisant d'engrais organique	230	5,0	100,0	34,5	26,1
% de ménage utilisant de pesticides	389	1,7	100,0	44,9	23,8
% de la superficie des champs irrigués dans le village	66	0,1	100,0	30,9	29,2

Source : Données caractérisation INRAB, 2017

### 3.4.2. Méthodes

Pour produire la typologie des villages en termes de systèmes agraires, nous avons tout d'abord créé une base de données spatiale unique des villages (12) à partir de la base de données géographiques du Bénin (IGN, 2018) en 2018 et de la base de données des enquêtes agricoles de l'INRAB en 2017.



**Figure 12** : Constitution de la base de données géographiques et socioéconomiques.<sup>1</sup>

A partir de cette base de données, une analyse multivariée des données d'enquête a été faite pour produire une typologie des systèmes agraires au niveau des villages. Elle peut être résumée selon les étapes suivantes :

<sup>1</sup> Contact pour accéder à la base de données :

#### ▪ Etape 1 : Analyse de Corrélation

La matrice de corrélation des variables a été effectuée pour choisir une variable parmi celles qui sont fortement corrélées entre elles. En effet, les variables fortement corrélées entre elles ont la même contribution à la différenciation des types. Une seule d'entre elles suffit donc pour tenir compte de leur contribution.

#### ▪ Etape 2 : Analyse en Composantes Principales (ACP)

Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée pour réduire le nombre de variables. L'option de rotation orthogonale *Varimax* est appliquée. Seuls les facteurs ayant une valeur propre supérieure à 1 ont été retenus pour l'étape suivante du processus d'analyse.

#### ▪ Etape 3 : Classification Numérique

La méthode de Ward a été utilisée pour faire la classification numérique et déterminer les différents types de village en termes de système agricole. A partir des facteurs obtenus à l'étape précédente, une classification numérique a été réalisée. Le nombre de classes est déterminé à partir du dendrogramme qui permet d'analyser les différentes possibilités de classes. Les villages classés ont ensuite été cartographiés.

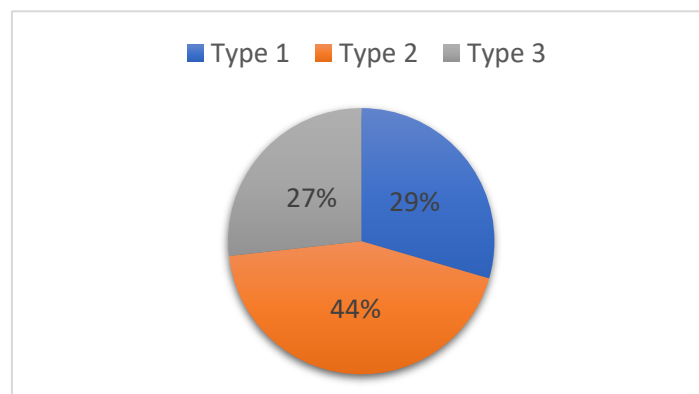
#### ▪ Etape 4 : Analyse Discriminante

Elle vise en premier lieu à valider le nombre de types résultant de l'analyse par classification numérique et à identifier les facteurs les discriminants. Par ailleurs, elle vise à déterminer les villages les plus représentatifs de chaque type, c'est-à-dire, ceux qui ont une probabilité a posteriori supérieure à 0,50.

### 3.4.3. Résultats

#### *Proportion des villages types selon les systèmes agricoles*

Trois types de systèmes ont été identifiés au niveau des villages (Figure 13). Le type 1 représente 29%, le type 2 44% et le type 3 est 27%.



**Figure 13** : Proportion de types de villages selon les systèmes  
**Source** : Données caractérisation INRAB, 2017

### *Caractérisation des villages types*

A partir du tableau 2 les principales caractéristiques des trois types de systèmes agraires sont :

- **Type 1 : systèmes irrigués**
  - Faible disponibilité de terre agricole
  - Bon accès au crédit
  - Forte utilisation d'engrais organique
  - Forte proportion de terres irriguées
- **Type 2 : systèmes mécanisés**
  - Forte disponibilité de plantation commerciale
  - Forte utilisation de tracteur
  - Grande proportion de terres cultivables
- **Type 3 : systèmes intensifs (intrants chimiques)**
  - Forte utilisation d'engrais chimique
  - Forte utilisation de pesticides

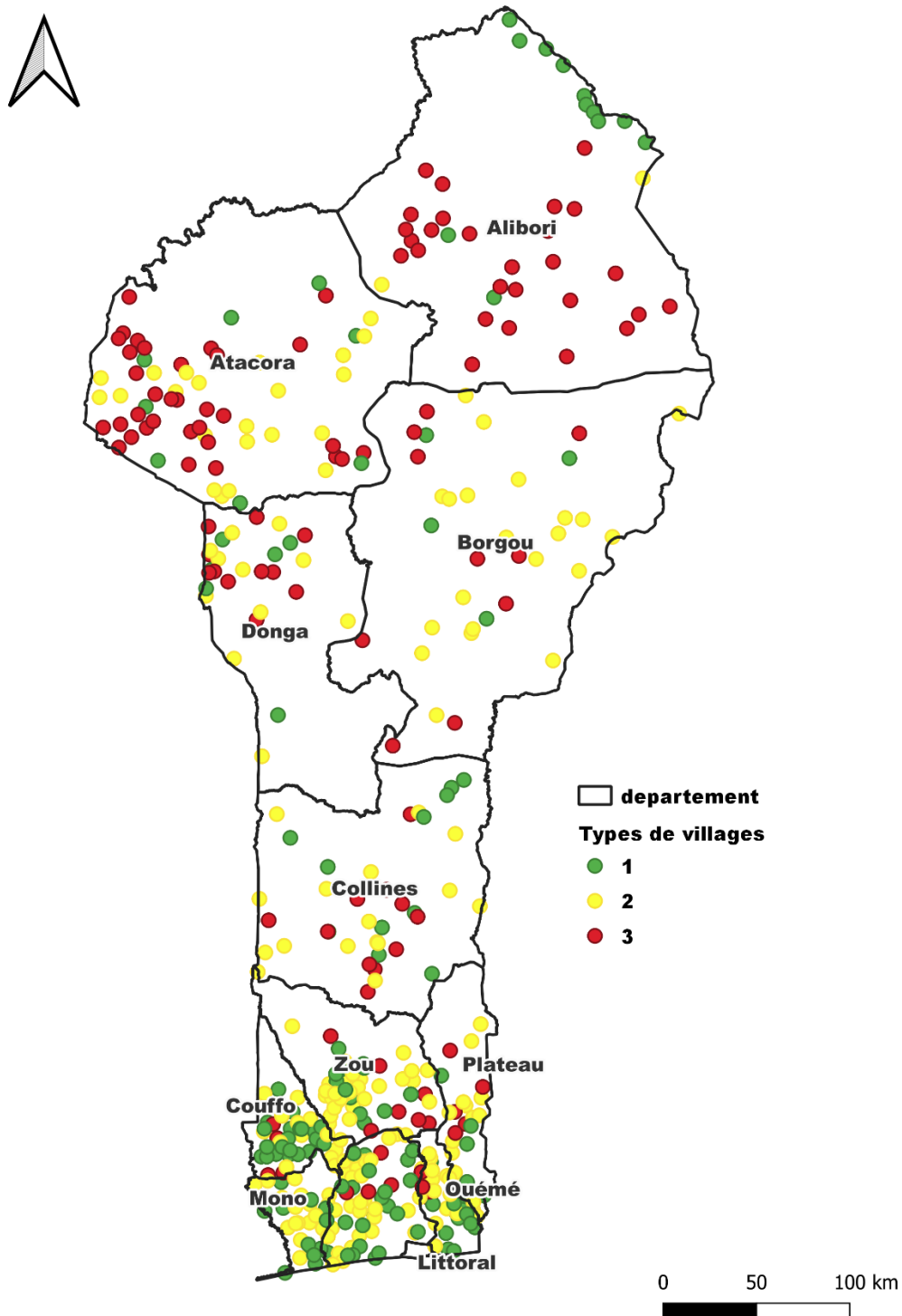
**Tableau 2 :** variables discriminant les types de village.

<b>Variables discriminantes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Total</b>	<b>Test F</b>
% de ménage ne disposant pas suffisamment de terre	76	42	61	57	91,395***
% de ménage disposant de plantation commerciale	50	54	45	50	7,107***
% de ménage utilisant le tracteur	36	62	23	38	51,563***
% de ménage utilisant d'engrais chimique	60	44	90	62	103,166***
% des terres cultivables dans le village	58	72	71	68	27,483***
% de ménage ayant accès actuellement au crédit	61	43	46	49	20,502***
% de ménage utilisant d'engrais organique	59	23	21	35	87,694***
% de ménage utilisant de pesticides	42	33	65	45	91,479***
% de la superficie des champs irrigués dans le village	54	19	12	31	23,673***

Source : Données caractérisation INRAB, 2017

### *Répartition géographique des types de villages*

Une analyse de la carte du Bénin au regard des systèmes montre une dominance du type 1 dans la zone extrême nord du pays à cause du développement du maraîchage pour lequel l'usage de la fumure organique est très développé (Figure 14). Le type 3 apparaît plus présent dans les autres parties du nord Bénin en raison du développement de la principale culture de rente (coton) pour lequel l'usage des engrais et pesticides chimiques sont quasi obligatoires. Une dominance des types 2 et 3 est observée dans la zone du centre et du sud.



**Figure 14** : Répartition géographique des types de villages selon les systèmes agraires.

### 3.5. Analyse des zonages

#### 3.5.1. Méthodes

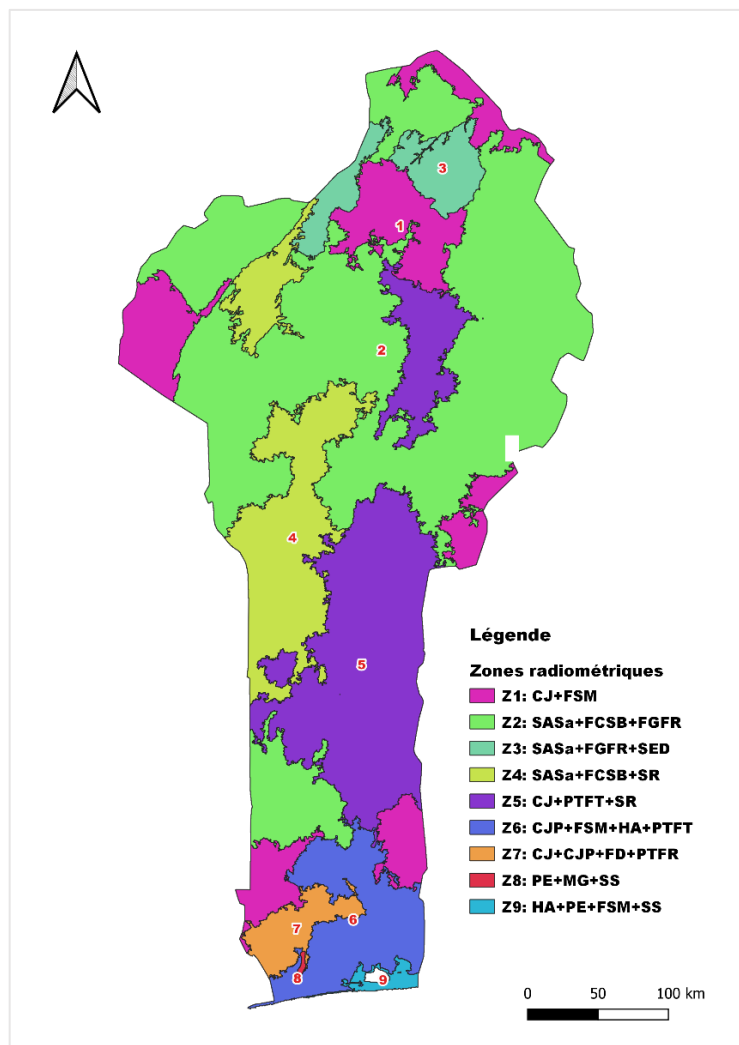
L'analyse des trois zonages sur le Bénin - le zonage agroécologique (ZAE), les pôles de développement agricole (PDA) et le zonage radiométrique - a été faite au regard de l'occupation des sols et des types

de systèmes agraires par croisement de couches et traitement statistique (**Figure 1** ; encadrés gris et vert). La proportion de chaque type d'OCS dans les zones a été calculée afin de dégager les caractéristiques de chaque zone en termes de répartition d'usage des sols.

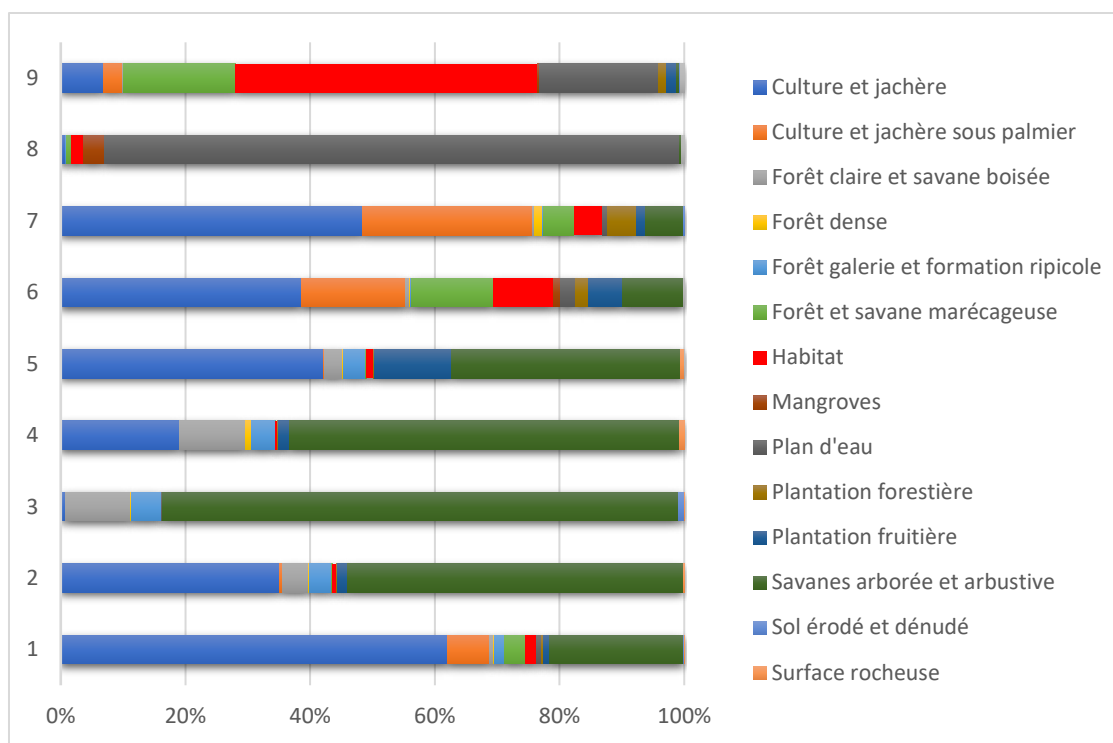
### 3.5.2. Résultats

#### *Zones radiométriques et occupation du sol*

Les trente-six unités radiométriques ont fait l'objet d'une classification numérique hiérarchique ascendante en fonction de l'occupation du sol qui a permis de les regrouper en neuf zones radiométriques. La figure 15 présente la carte des neuf zones radiométriques obtenues à l'échelle du Bénin.



**Figure 15** : Zones radiométriques en fonction de l'occupation du sol OSFACO Bénin  
 Pour le zonage radiométrique (Figure 16), on observe une bonne discrimination en termes d'occupation du sol, ce qui était attendu car la classification des unités a été faite selon cette variable.



**Figure 16** : Proportion de chaque type d'occupation de sol (OSFACO, 2015) par zones radiométriques du Bénin

Les zones radiométriques obtenues peuvent être décrites en fonction de leur OCS :

***Zone 1 : Culture et jachère + Forêt et savane marécageuse + Savanes arborée et arbustive***

Cette zone, caractérisée par la présence de cultures et de jachère, de forêt et savane marécageuse et de savane arborée et arbustive, se retrouve dans l'extrême nord du pays (notamment dans le nord des communes de Malanville et de Karimama) et une partie des communes de Banikoara, Kandi, Tanguiéta, Pèrèrè et Tchaourou et toute la commune de Cobly et une part importante des communes de Matéri et de Boukoubé. Dans la partie sud du pays, on la retrouve dans le département du Plateau et du Couffo.

***Zone 2 : Forêt claire et savane boisée + Forêt galerie et formation ripicole + Savanes arborée et arbustive + Culture et jachère***

La zone 2 est caractéristique de la forêt claire boisée, la forêt galerie et formation ripicole, mais elle reste dominée par la savane arborée et arbustive et les cultures et jachères. C'est la zone radiométrique la plus importante en superficie et se retrouve en grande partie dans les départements de l'Alibori, de l'Atacora, du Borgou et en faible proportion dans la Donga et les collines et Zou.

***Zone 3 : Savanes arborée et arbustive + Forêt claire et savane boisée + Forêt galerie et formation ripicole + Sol érodé et dénudé***

La zone 3 est dominée par la savane arborée et arbustive (82% contre 38% pour la moyenne), la forêt claire et boisée (10% contre 3% pour la moyenne), la forêt galerie et formation ripicole (4,7% contre 2,7% pour la moyenne), et le sol érodé et dénudé (1% contre 0,1% pour la moyenne). Elle se retrouve dans la zone sud du parc W et aussi dans une partie de la zone cynégétique de l'Atacora.



***Zone 4 : Forêt claire et savane boisée + Surface Rocheuse + Forêt dense + Forêt galerie et formation ripicole***

La zone 4 est caractéristique de la forêt claire boisée, la surface rocheuse (0,7% contre 0,2% pour la moyenne), de la forêt dense et de la forêt galerie et formation ripicole, mais elle reste dominée par la savane arborée et arbustive et les cultures et jachères. Elle couvre une bonne partie du département de la Donga sauf les communes de Ouaké et de Copargo. Elle est également présente dans l'Atacora notamment dans les communes de Kouandé, Kérou et de Tanguiéta.

***Zone 5 : Plantation fruitière + Culture et jachère + Surface Rocheuse + Forêt galerie et formation ripicole***

La zone 5 est caractéristique des plantations fruitières, des surfaces rocheuses et de la forêt galerie et formation ripicole. Toutefois, elle est dominée par les cultures et jachères. Géographiquement, la zone 5 couvre tout le département des collines sauf une part importante de la commune de Bassila, Bantè et Savalou. On la retrouve également dans l'Alibori et le Borgou notamment dans les communes de Tchaourou, Parakou, Bembèrèkè et de Gogounou.

***Zone 6 : Culture et jachère sous palmier + Forêt et savane marécageuse + Habitat + Plantation fruitière + Culture et jachère***

La zone 6 est une zone caractéristique des cultures et jachères sous palmier et de Forêt et savane marécageuse mais dominée par les cultures et jachères. Elle couvre une part importante des départements du Zou, de l'Atlantique, de l'Ouémé, du Plateau et le Mono.

***Zone 7 : Culture et jachère sous palmier + Plantation forestière + Forêt dense + Culture et jachère***

La zone 7 est caractéristique des cultures et jachères sous palmier, des plantations forestières et de la forêt dense. Néanmoins, les cultures et jachères restent l'occupation du sol dominante. Elle occupe une part importante du département du Mono (Athiémé, Houéyogbé, Bopa, Lokossa) et les communes de Dogbo et Lalo dans le département du Couffo, ainsi que les communes de Toffo et une partie de Zogbodomey.

***Zone 8 : Plan d'eau + Mangroves***

Elle est dominée par les plans d'eau (92%) et les mangroves. On la retrouve au niveau du lac Ahémé entre les communes de Kpomassè, Comè et Bopa.

***Zone 9 : Forêt et savane marécageuse + Habitat + Surface sableuse + Plan d'eau***

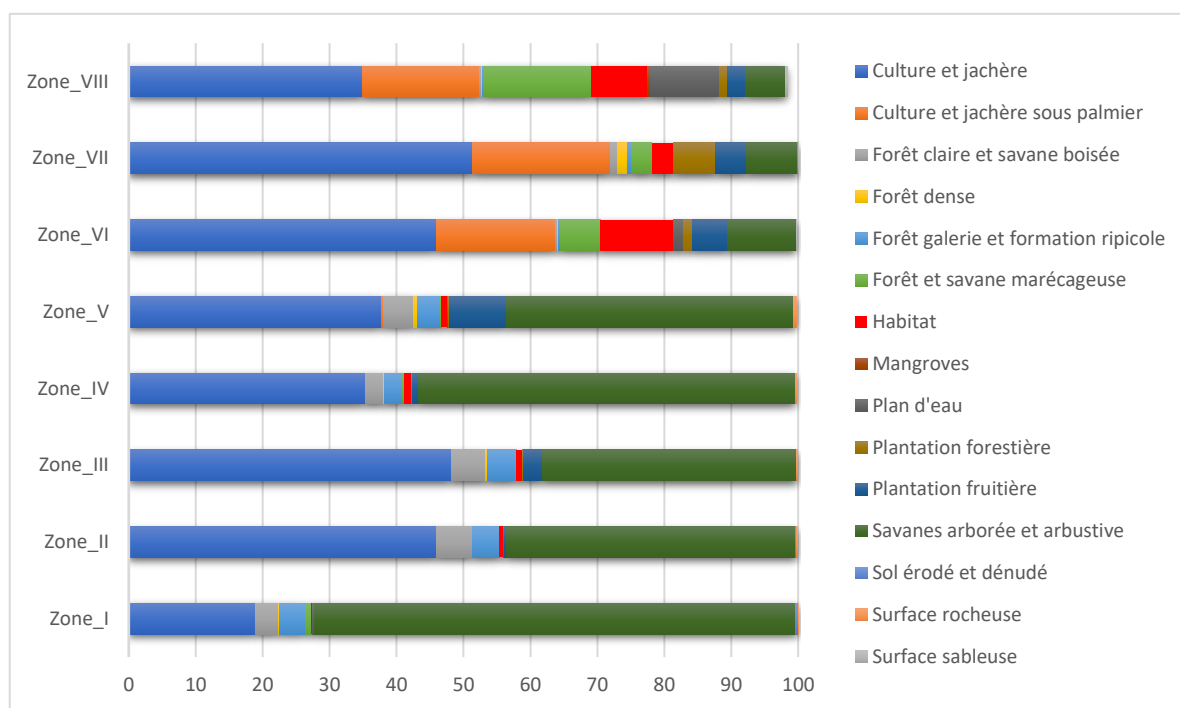
C'est une zone dominée par les habitations, la forêt et savane marécageuse et les surfaces sableuses. Elle englobe une part importante des communes de Cotonou, Porto-Novo, Sèmè Kpodji, Sô-Ava, Aguégus, Adjarra, Avrankou, Akpro-Misséréte et la berge de Ouidah.

### *Zonages agroécologiques/pôles de développement agricoles et occupation des sols*

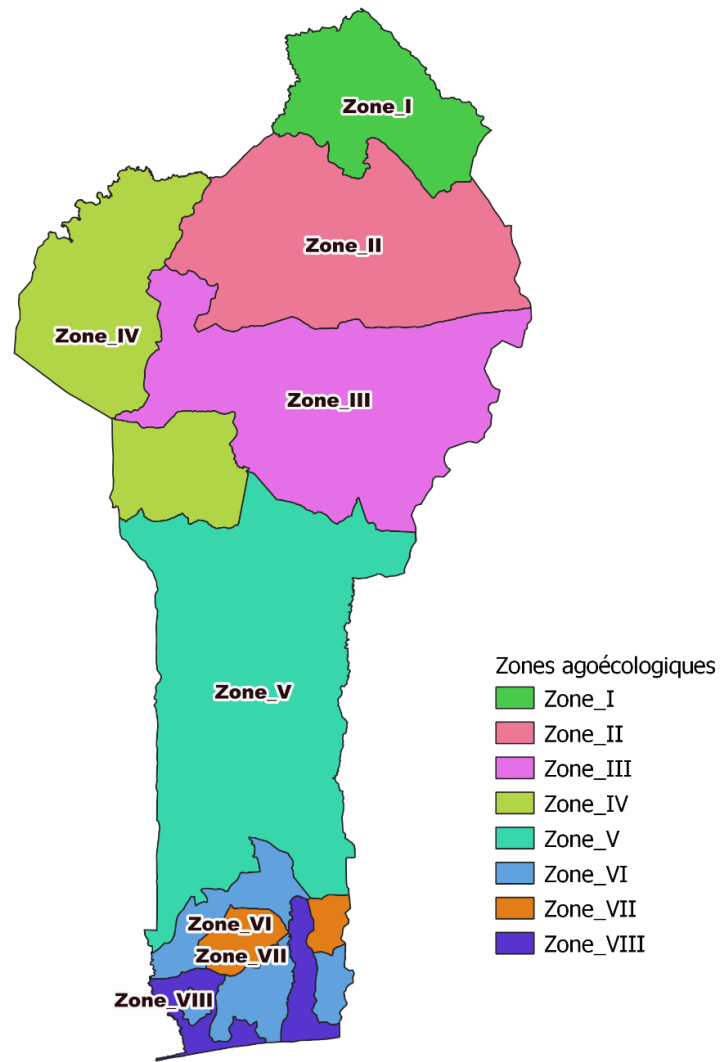
L'intersection entre les cartes de zonage et la carte d'occupation du sol d'OSFACO 2015 a permis de calculer les proportions des types d'occupation du sol pour chaque zone agroécologique (Figure 17) et du PDA (Figure 19).

L'analyse des résultats montrent que les zones agroécologiques présentent beaucoup de similitudes entre elles en termes d'occupation du sol (Figure 17 et Figure 18 respectivement). A l'instar des zones radiométriques les OCS dominantes sont les cultures et jachères, les savanes arborées et arbustives, la forêt claire et savane boisée dans les zones du Nord et du centre, les cultures et jachères sous palmier et la forêt marécageuse ainsi que les grandes zones habitées sont des spécificités de la zone sud du pays.

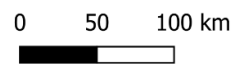
Les tendances observées au niveau des zones agroécologiques sont également observées au niveau des PDA (Figure 19 et Figure 20).



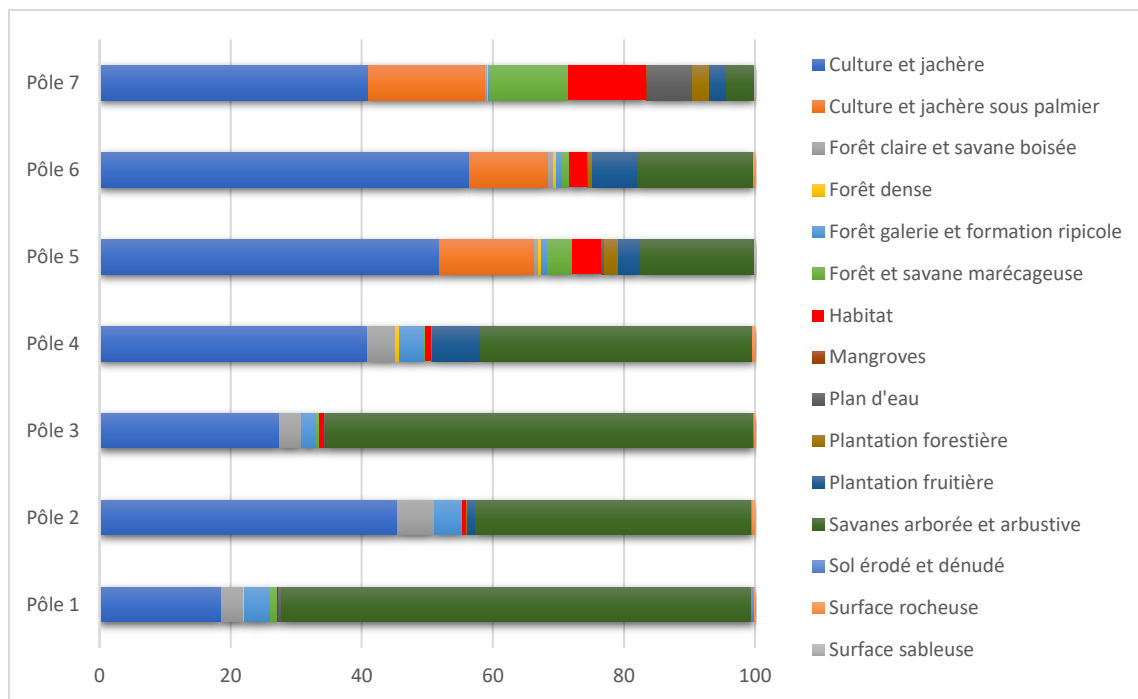
**Figure 17** : Proportion de chaque type d'occupation de sol (OSFACO, 2015) par zone agroécologique du Bénin.



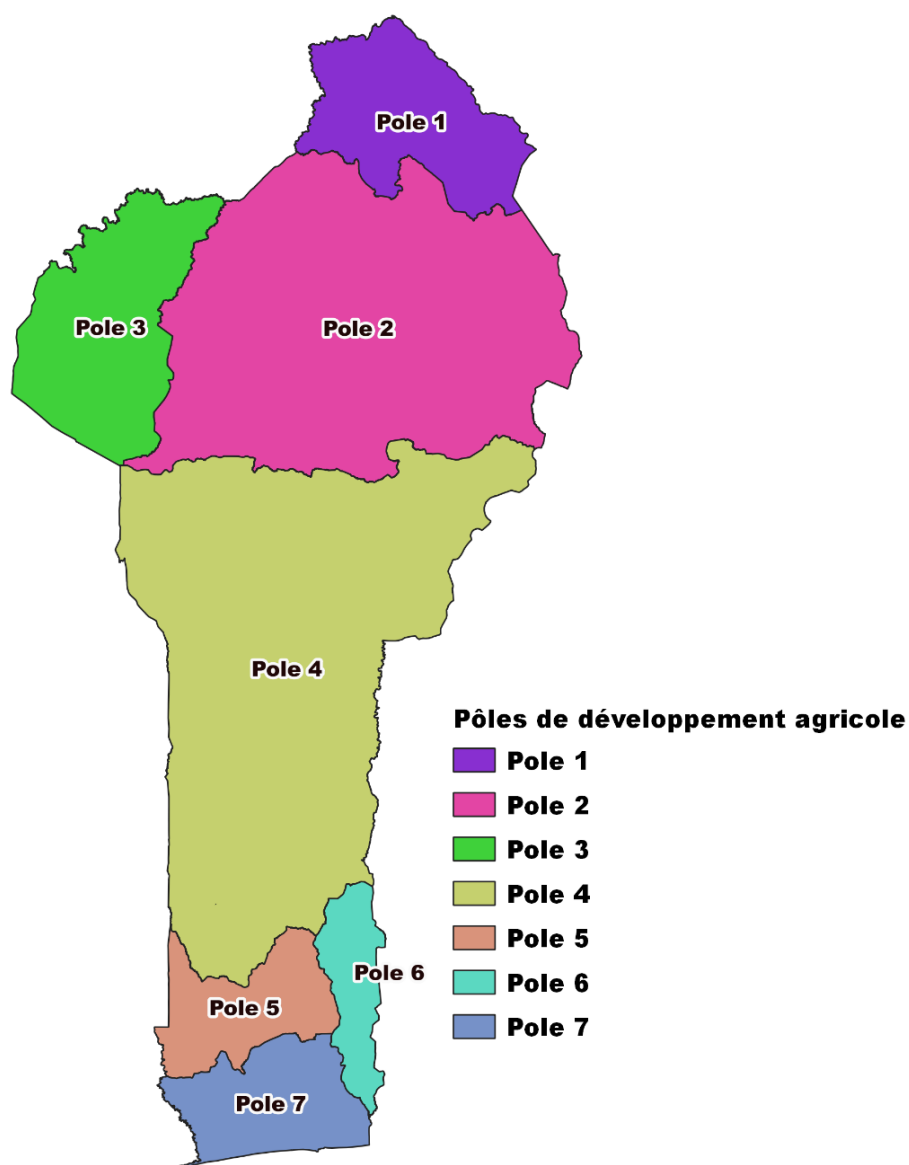
ZAE	ocs_code	ocs_label
Zone_I	SASa+CJ+FGFR	Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère+Forêt galerie et formation ripicole
Zone_II	CJ+SASa+FCSB	Culture et jachère+Savanes arborée et arbustive+Forêt claire et savane boisée
Zone_III	CJ+SASa+FCSB	Culture et jachère+Savanes arborée et arbustive+Forêt claire et savane boisée
Zone_IV	SASa+CJ+FCSB	Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère+Forêt claire et savane boisée
Zone_V	SASa+CJ+FCSB	Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère+Forêt claire et savane boisée
Zone_VI	CJ+CJP+HA	Culture et jachère+Culture et jachère sous palmier+Habitat
Zone_VII	CJ+CJP+SASa	Culture et jachère+Culture et jachère sous palmier+Savanes arborée et arbustive
Zone_VIII	CJ+CJP+FSM	Culture et jachère+Culture et jachère sous palmier+Forêt et savane marécageuse



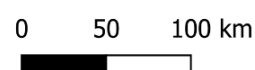
**Figure 18** : Zones agroécologiques en fonction de l'occupation du sol OSFACO Bénin



**Figure 19** : Proportion de chaque type d'occupation de sol (OSFACO, 2015) par Pôle de développement agricole du Bénin.



name	code_ocs	label_ocs
Pole 1	SASa+CJ+FGFR	Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère+Forêt galerie et formation ripicole
Pole 2	CJ+SASa+FCSB+FGFR	Culture et jachère+Savanes arborée et arbustive+Forêt claire et savane boisée+Forêt galerie et formation ripicole
Pole 3	SASa+CJ+FCSB+FGFR	Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère+Forêt claire et savane boisée+Forêt galerie et formation ripicole
Pole 4	SASa+CJ+PTFT+FCSB	Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère+Plantation fruitière+Forêt claire et savane boisée
Pole 5	CJ+SASa+CJP+HA	Culture et jachère+Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère sous palmier+Habitat
Pole 6	CJ+SASa+CJP+PTFT	Culture et jachère+Savanes arborée et arbustive+Culture et jachère sous palmier+Plantation fruitière
Pole 7	CJ+CJP+FSM+HA	Culture et jachère+Culture et jachère sous palmier+Forêt et savane marécageuse+Habitat



**Figure 20** : Pôles de développement agricole en fonction de l'occupation du sol OSFACO Bénin

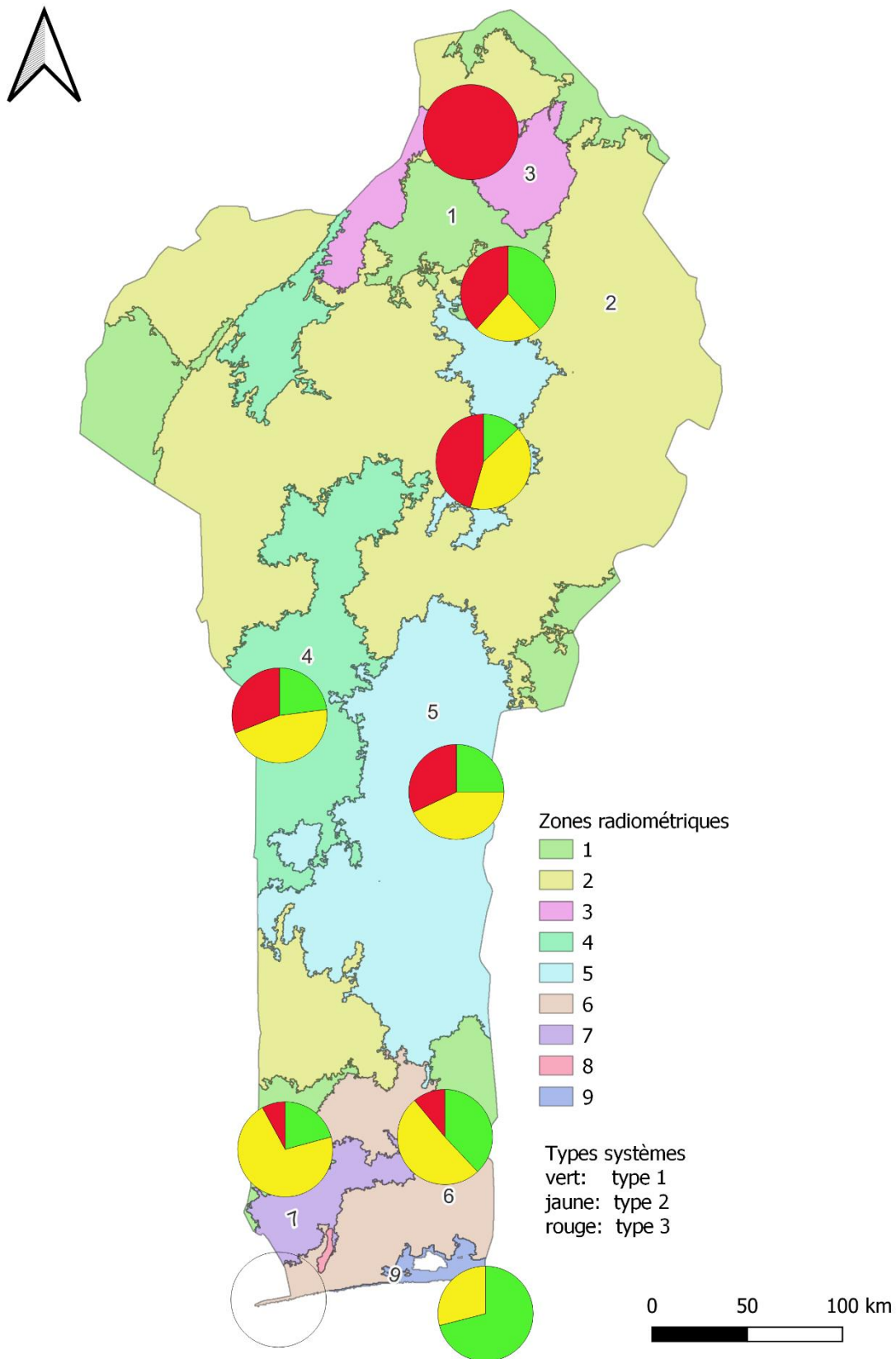
### *Zonages et types de systèmes agraires*

L'analyse des trois zonages (radiométrique, agroécologique et pôle de développement agricole) au regard des types de systèmes agraires a été faite en créant une jointure spatiale entre les couches des trois zonages et la couche des types de systèmes agraires. La proportion de chaque type de village en termes de système agraire dans chaque zone a été calculée (Figure 21 pour les zones radiométriques, Figure 22 pour les zones agroécologiques et 23 pour les pôles de développement agricole).

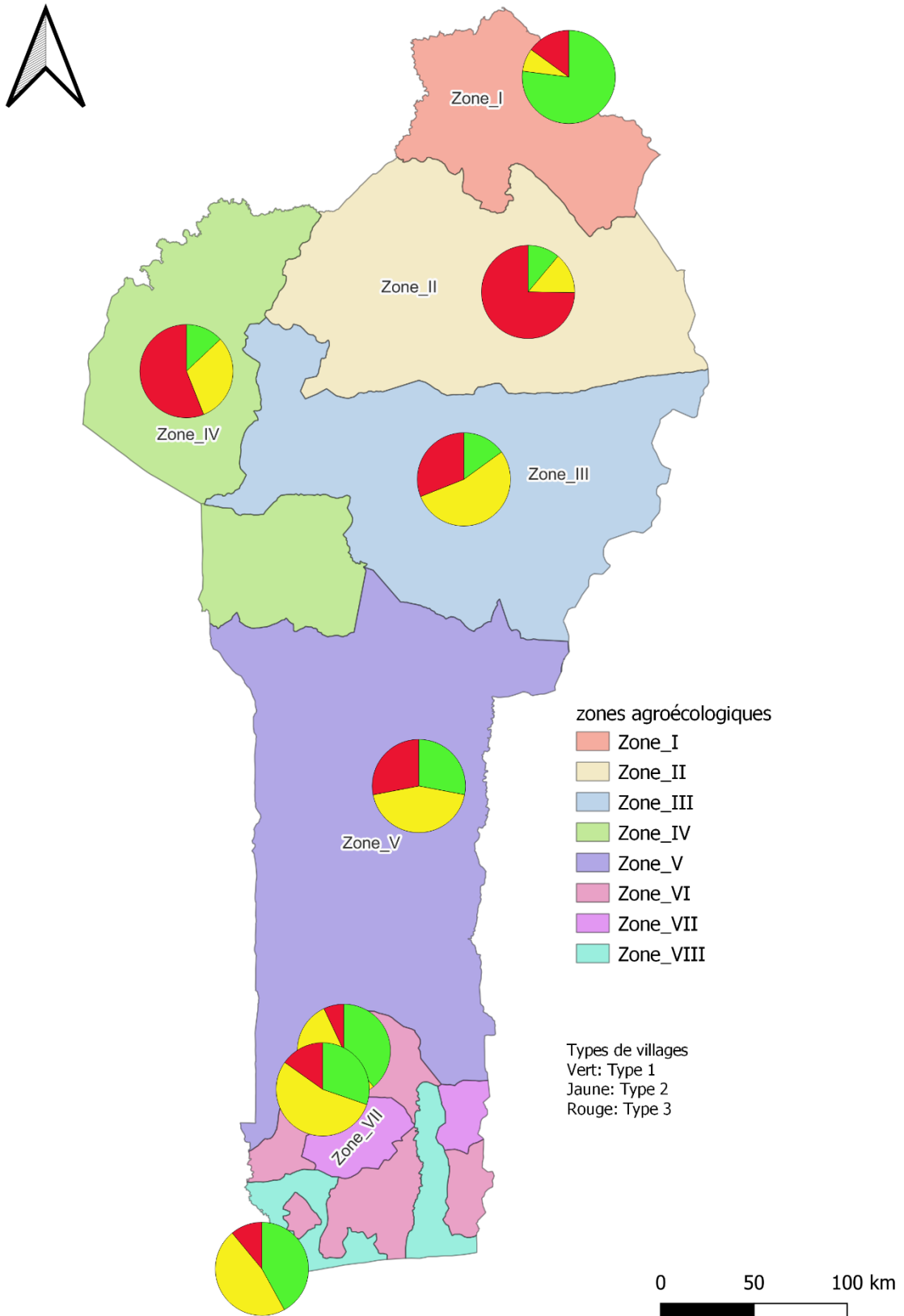
Les résultats de cette jointure pour le zonage radiométrique montrent une faible représentation du type 1 dans l'ensemble des zones radiométriques sauf pour les zones 1, 6 et 9 où il apparaît avec respectivement des proportions de 38% et 71% (Annexe 4). La dominance du type 1 dans la zone côtière se justifie également par le développement des cultures maraîchères pour lesquelles l'irrigation et l'utilisation des engrais organiques est connue. L'hypothèse est d'observée une proportion différente de types de systèmes agraires pour chaque zone. Quant au zonage agroécologique, l'extrême nord (zone 1) est caractérisé par une dominance du type 1 (77%). En termes de répartition spatiale des types, il est noté une dominance du type 2 dans les zones agroécologiques mais le type 3 est plus représenté dans les zones agroécologiques 2 et 4.

A l'instar des zones agroécologiques, le pôle 1 est dominé par le type 1. Le type 3 est plus représenté dans les pôles 2 et 3 et le type 2 dans les autres pôles.

En résumé, la répartition spatiale et des proportions des types de systèmes agraires au niveau des zones agroécologiques et des pôles de développement sont peu discriminantes, contrairement à celles obtenues pour les zones radiométriques.

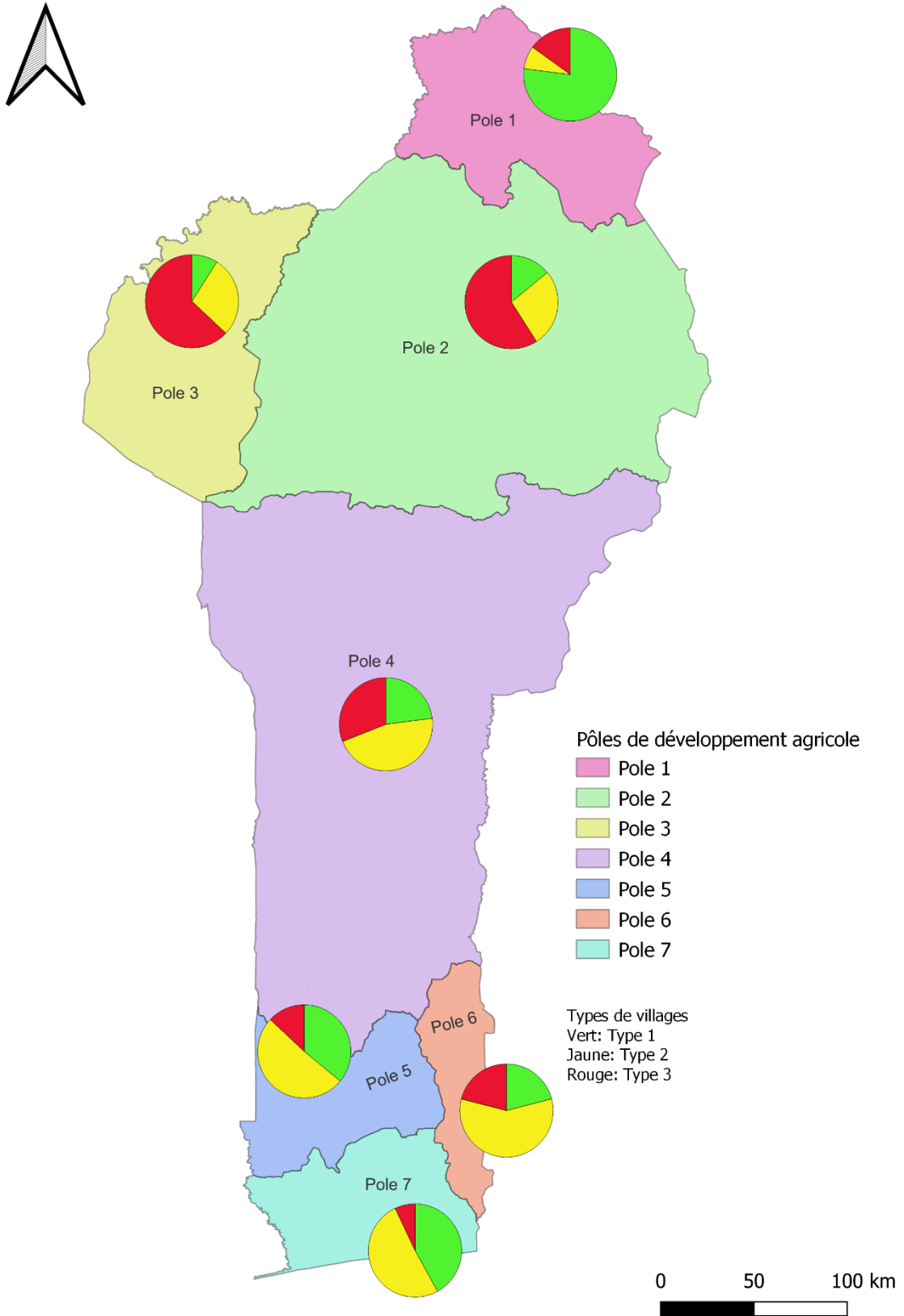


**Figure 21** : Distribution des systèmes agraires dans les zones radiométriques



**Figure 22 :** Distribution des systèmes agraires dans les zones agroécologiques





**Figure 23** : Distribution des systèmes agraires dans les pôles de développement agricole au Bénin

## **4. Discussion générale**

### **4.1. Les zones radiométriques**

L'intérêt de l'utilisation des données satellitales pour l'obtention d'un zonage réside dans la disponibilité régulière et l'accès à moindre de ces dernières. Par ailleurs, le zonage radiométrique, du fait de l'utilisation d'une seule source de données, ne fait pas recours à des variables subjectives. Les résultats obtenus ont permis de décrire les différents types de paysages retrouvés au Bénin et de caractériser chaque zone en termes d'occupation du sol.

### **4.2. La pertinence des différents zonages**

La délimitation de grandes zones homogènes agricoles part de la volonté d'élaborer des politiques agricoles applicables à grande échelle et ayant un impact sur un ensemble de régions. Au Bénin, l'identification des zones agroécologiques et des pôles de développement agricole est nécessaire pour la mise en œuvre des politiques agricoles. Les zonages agroécologiques et pôles de développement suivent les limites administratives contrairement au zonage radiométrique qui tient réellement compte des spécificités des agrosystème pour délimiter le territoire. Les neuf zones radiométriques issues des données satellitales décrivent de manière précise les types de paysages retrouvés au Bénin. Leur analyse au regard de l'OCS montre une bonne discrimination au niveau de chaque zone contrairement aux zonages existants dont les compositions en termes d'OCS sont peu discriminantes entre zone. Par exemple, la classe des cultures et jachères représente entre 6% à 62% de la surface des zones radiométriques alors que pour les zones agroécologiques et pôles de développement agricole, elle représente entre 18% et 52% avec une faible variabilité. La classe des savanes arborées et arbustives représente entre 6% à 82% des zones radiométriques alors qu'elle représente 6% à 72% pour les zones agroécologiques et 4% à 72% pour les pôles de développement agricole.

Les zones radiométriques du fait de leur méthode de constitution ne respectent pas les limites administratives contrairement aux ZAE et PDA. Ceci pourrait constituer une limite pour leur utilisation à des fins de mise en place de politiques publiques agricoles ou d'aménagement du territoire.

### **4.3. Valorisation et Perspectives**

Les résultats de cette étude seront présentés prochainement au Colloque sur la « modélisation de paysages agricoles pour l'analyse et la simulation de processus » PAYOTE 2023 du 19 au 20 Octobre 2023. Par ailleurs, les résultats seront diffusés sur le site du projet OBSYDYA Bénin ; à l'INRAB à travers la participation aux différents comités techniques et scientifiques, etc. Aussi, cette approche de zonage radiométrique pourrait être utilisée dans l'actualisation régulière des zonages nécessaires à la mise en œuvre des politiques de développement agricole.

En termes de perspectives, il sera fait :

- un test du zonage radiométrique par classification de variables dérivées des séries temporelles d'images satellite (et non plus à partir de l'OCS) ;
- une évaluation des zones à partir des cartes d'OCS plus orientée agriculture pour le Nord et le Centre Bénin (cartes produites dans le cadre du projet OBSYDYA) ;
- des tests statistiques pour évaluer la pertinence des zones au vu des différents types de systèmes agraires.

## **5. Conclusion générale**

De par leurs propriétés spectrale et temporelle, les images satellitaires permettent de stratifier l'espace en des zones homogènes (zonage radiométrique). Au Bénin, le zonage radiométrique produit à partir d'une série temporelle d'images MODIS téléchargées de janvier 2018 à décembre 2022 a permis de cartographier trente-six unités radiométriques homogènes. Une classification numérique basée sur l'OCS a permis de regrouper ces unités radiométriques en neuf zones radiométriques. Ces dernières sont relativement bien discriminées en termes d'occupation du sol et de systèmes agraires. En conséquence, elles semblent offrir un potentiel intéressant pour la définition de nouvelles zones pour les politiques publiques agricoles ou d'aménagement du territoire. Ce potentiel doit encore être démontré par une évaluation plus profonde.

## 6. Références bibliographiques

- Adegbola Y.P., Sossou C.H., Olou B.D., Maboudou A.G., Hinnou C.L., Arodokoun U., et Sedegnan O.A.C. 2017. *Caractérisation et Évaluation des milieux homogènes des zones agroécologiques du Bénin. Rapport final. 325 pages.*
- Bellón B., Bégué A., Lo Seen D., de Almeida C., et Simões M. 2017. A Remote Sensing Approach for Regional-Scale Mapping of Agricultural Land-Use Systems Based on NDVI Time Series. *Remote Sensing*, 9(6), p. 600. DOI : 10.3390/rs9060600
- Benoît M., Deffontaines J.-P., et Lardon S. 2006. *Acteurs et territoires locaux : vers une géoagronomie de l'aménagement.* INRA Editions ; Cemagref ; Cirad ; Ifremer, 176 p. p. (Savoir Faire (Quae)). Disponible sur : <https://hal.inrae.fr/hal-02823818> (Consulté le 11 octobre 2023).
- Bisquert M., Bégué A., et Deshayes M. 2015. Object-based delineation of homogeneous landscape units at regional scale based on MODIS time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 37, p. 72-82. DOI : 10.1016/j.jag.2014.10.004
- Cochet H. 2011. Origine et actualité du « Système Agraire » : retour sur un concept. *Revue Tiers Monde*, 207(3), p. 97-114. DOI : 10.3917/rtm.207.0097
- Deffontaines J.P., Marcepoil E., et Moquay P. 2001. *Le développement territorial : une diversité d'interprétations.*
- DGEFC. 2019. *Carte d'occupation du Sol OSFACO, 2015.*
- DSA. 2022. *Serie pluviométrie.* Disponible sur : <https://dsa.agriculture.gouv.bj/statistics/meteorologique> (Consulté le 12 octobre 2023).
- FAO. 1997. *Zonage agro-écologique. Directives (1997).* Disponible sur : <https://www.nzdl.org/cgi-bin/library> (Consulté le 11 octobre 2023).
- Hendriks K., Stobbelaar D., et Mansvelt J. 2000. The appearance of agriculture-An assessment of the quality of landscape of both organic and conventional horticultural farms in West Friesland. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 77, p. 157-175.
- Hubert-Moy L. 2004. *Occupation du sol et télédétection: de l'inventaire à la modélisation prédictive.* S.l. : s.n., 1 p.
- Lemettais L., Alleaume S., Luque S., Laques A., Alim Y., Demagistri L., et Bégué A. 2023. Radiometric landscape: A new conceptual framework for landscape characterisation and mapping. *Geo-Spatial Information Science.* 2023
- van Mansvelt J.D., Stobbelaar D.J., et Hendriks K. 1998. Comparison of landscape features in organic and conventional farming systems. *Landscape and Urban Planning*, 41(3), p. 209-227. DOI : 10.1016/S0169-2046(98)00060-7
- MDRAC/PNUD. 1995. *Les huit (8) zones agroécologiques du Bénin.*
- PAG. 2016. *PAG 2016-2021.* Disponible sur : <https://beninrevele.bj/pag-2016-2021/> (Consulté le 20 avril 2023).
- Smeding F.W. et Joenje W. 1999. Farm–Nature Plan: landscape ecology based farm planning. *Landscape and Urban Planning*, 46(1), p. 109-115. DOI : 10.1016/S0169-2046(99)00052-3
- Thinon P. 2003. *Les unités agro-physionomiques : quels usages ? Quelle prise en compte du temps ?* Disponible sur : <https://agritrop.cirad.fr/520393/> (Consulté le 11 octobre 2023).

## 7. Annexes

### Annexe 1 : Fiche d'expression du besoin

<b>FICHE D'EXPRESSION DU BESOIN</b>	
<p><i>C'est le document de base qui est à l'origine du lancement ou non d'un avant-projet. Cette fiche est rédigée par le client donneur d'ordre du projet, qui va ainsi clarifier ses besoins et les conditions de réalisation attendues. Cette fiche peut aussi être rédigée par la personne responsable de la phase avant-projet (l'initiateur ou son représentant). Dans ce cas, elle devra être relue, validée et signée par le client demandeur.</i></p>	

Auteure de la fiche : **Aurelle SEDEGNAN**

Version : 1

Date : 26/01/2023

<b>NOM DU PROJET</b>	<b>Projet OBSYDYA - Analyse spatiale entre les zones agroécologiques et les bases de données d'enquêtes agricoles au Bénin</b>
<b>Nom du commanditaire</b>	<i>Agnès BEGUE</i>
Fonction – affectation	<i>Chercheure CIRAD UMR TETIS</i>
<b>Résultats attendus</b> (objectifs)  Productions souhaitées A quelle échéance ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Une BD géographique (projet QGIS) avec les données d'enquêtes socio-agronomiques de l'INRAB, les villages et les zonages à l'échelle du Bénin</i></li> <li>- <i>Une fiche de synthèse sur (1) la comparaison des zonages radiométriques et agroécologiques, (2) le lien entre zonage radiométrique et types de systèmes agraires</i></li> </ul> <p><b>Septembre 2023</b></p>
<b>Cadrage</b>  Enjeux, origines du projet, éléments fondateurs, contexte	<i>Le présent travail s'inscrit dans le Résultat 2 du projet OBSYDYA qui vise à développer un ensemble d'indicateurs spatiaux des systèmes et dynamiques agricoles en lien avec les données collectées sur les exploitations agricoles et les filières. La finalité est de réduire le temps et les coûts financiers liés aux collectes de données par enquête, et de spatialiser ces dernières.</i>
<b>Bénéficiaires du projet</b>  Parties intéressées, leurs bénéficiaires	<p><b>Equipe projet OBSYDYA</b> : Contribution à l'atteinte du Résultat 2</p> <p><b>Institutions de recherche</b> : Contribution aux recherches de l'équipe ATTOS sur le développement de méthodes de cartographie des systèmes agraires en zone tropicale ; publication.</p> <p><b>MAEP/ATDA/OPA</b> : Mise à disposition d'une carte de zonage actualisée sur le Bénin</p> <p><b>Auditrice SILAT</b> : Validation du Mastère SILAT, Initiation du travail de thèse</p>
<b>Plan d'action</b>  Approche stratégique Phases Échéances	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Réaliser une synthèse bibliographique sur le sujet (1 mois)</i></li> <li>- <i>Récupérer les BD d'enquêtes agricoles au Bénin (0.25 mois)</i></li> <li>- <i>Récupérer les BD villages du Bénin (0.25 mois)</i></li> <li>- <i>Nettoyer, fusionner les deux jeux de données sous QGIS (0.5 mois)</i></li> <li>- <i>Récupérer les cartes de zonage et d'occupation des sols sur le Bénin (0.25 mois)</i></li> <li>- <i>Réaliser une carte de zonage radiométrique sur le Bénin (0.5 mois)</i></li> <li>- <i>Comparer les cartes de zonage en fonction de l'occupation des sols (0.25 mois)</i></li> <li>- <i>Analyser la typologie des villages/exploitations agricoles systèmes agraires par grande zone (1.5 mois)</i></li> <li>- <i>Rédiger un rapport d'étude (1 mois)</i></li> <li>- <i>Participer aux réunions projet OBSYDYA (0.5 mois)</i></li> </ul>
<b>Ressources du projet</b>  Humaines, techniques, financières, Mobilisables, manquantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Données</b> : BD et documents de l'INRAB, images satellitaires MODIS sur le Bénin</li> <li>- <b>Outils</b> : QGIS, R.</li> </ul>
<b>Faisabilité</b>  Articulation avec d'autres projets Autres commentaires	<i>Ce travail constitue la première étape d'un travail de thèse intitulé « Cartographie des systèmes agraires par télédétection spatiale au Bénin ». Les résultats obtenus permettront d'élaborer un modèle conceptuel établissant un lien entre les indicateurs radiométriques et les indicateurs socioéconomiques des systèmes agraires du Bénin</i>

Signature du commanditaire

Date : 27/01/2023

(acceptation-validation)

## Annexe 2 : Fiche projet

### FICHE PROJET

**Nom du Projet :** Projet OBSYDYA - Analyse spatiale entre les zones agroécologiques et les bases de données d'enquêtes agricoles au Bénin

**Version :** 1                      **Date :** 14/04/2023

**Commanditaire (Directeur de projet, structure, ...) :** Agnès BEGUE, CIRAD UMR TETIS

**Chef du projet :** Aurelle SEDEGNAN

### Objectif, résultats attendus, à quelle échéance

#### Objectifs

- élaborer une BD géographique (projet QGIS) contenant les données d'enquêtes socio-agronomiques spatialisées de l'INRAB, les données administratives (villages, routes, espaces naturels protégés, etc) et les zonages agroécologiques existants à l'échelle du Bénin.
- produire un zonage « radiométrique » à partir de données satellitaires et d'une approche de stratification paysagère et élaborer une fiche de synthèse sur (1) la comparaison des zonages radiométriques et agroécologiques, (2) le lien entre zonage radiométrique et types de systèmes agraires.
- délimiter le terroir villageois en faisant le lien entre la densité de la population, l'espace cultivé et l'étendu/forme des villages

#### Résultats attendus

- Une BD géographique (projet QGIS) contenant l'ensemble des données spatialisées relatives à la zone d'étude (données administratives, données d'enquêtes socio-économiques, zonages...)
- Une fiche de synthèse sur (1) la comparaison des zonages radiométriques et agroécologiques, (2) le lien entre zonage radiométrique et types de systèmes agraires
- Le terroir villageois est défini

#### Echéance

Septembre 2023

### Finalités, enjeux, origine(s) du projet

Le présent travail s'inscrit dans le Résultat 2 du projet OBSYDYA qui vise à développer un ensemble d'indicateurs spatiaux des systèmes et dynamiques agricoles en lien avec les données collectées sur les exploitations agricoles et les filières. La finalité est de réduire le temps et les coûts financiers liés aux collectes de données par enquête, et de spatialiser ces dernières.

### Bénéficiaires, Intérêts du projet pour les différents acteurs

**Equipe projet OBSYDYA :** Contribution à l'atteinte du Résultat 2

**Institutions de recherche :** Contribution aux recherches de l'équipe ATTOS sur le développement de méthodes de cartographie des systèmes agraires en zone tropicale ; publication.

**MAEP/ATDA/OPA :** Mise à disposition d'une carte de zonage actualisée sur le Bénin

**Auditrice SILAT :** Validation du Mastère SILAT, Initiation du travail de thèse

### Décomposition du projet en lots

[Rubrique facultative : Pour chaque lot, indiquer qui en est responsable, quels sont les résultats attendus et à quelle échéance]

**Lot1 : Revue de littérature**

**Lot2 : Elaboration de la problématique et de la méthodologie de travail**

**Lot 3 : Traitement et Analyse des données**

**Lot4 : Rédaction du rapport**

### Les modalités d'organisation

[Lister les instances opérationnelles et stratégiques du projet avec leurs rôles, leurs membres, les périodicités de réunion.]

#### Comité de projet :

- **Chef projet :** coordonner et organiser les travaux définis dans le projet
- **Commanditaire :** superviser et valider les résultats, apporter un appui technique pour l'atteinte des objectifs

#### Comité de projet élargi :

- **Comité de projet OBSYDYA :** apprécier les résultats obtenus
- **INRAB :** apprécier les résultats obtenus

## Moyens du projet

- **Données** : BD et documents de l'INRAB, images satellitaires MODIS sur le Bénin
- **Outils** : QGIS, R.

## Plan d'actions et échéancier

Lots	Activités	Avril				Mai				Juin				Juillet				Août				Septembre			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Lot1 : Revue de littérature	Réaliser une synthèse bibliographique sur le sujet																								
Lot2 : Problématique et Méthodologie	Elaborer la problématique et la méthodologie																								
Lot3 : Traitement et Analyse des données	Récupérer les BD d'enquêtes agricoles au Bénin																								
	Récupérer les BD villages du Bénin																								
	Nettoyer, fusionner les deux jeux de données sous QGIS																								
	Récupérer les cartes de zonage et d'occupation des sols sur le Bénin																								
	Réaliser une carte de zonage radiométrique sur le Bénin																								
	Comparer les cartes de zonage en fonction de l'occupation des sols																								
	Analyser la typologie des villages/exploitations agricoles/systèmes agraires par grande zone																								
	Faire une analyse spatiale entre les contours des villages et la densité des populations																								
Lot4 : Rédaction du rapport	Rédiger le rapport																								
	Soumission du rapport au commanditaire																								
	Prise en compte des observations																								
	Dépôt du rapport																								

## Plan de communication – référentiel qualité

Qui communique quoi auprès de qui ? Quels interlocuteurs privilégiés

- Réalisation de poster présentant les systèmes agraires répartis dans les différentes zones radiométriques homogènes à diffuser auprès de l'équipe projet **OBSYDYA**, des **Institutions de recherche**, du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la pêche (**MAEP**), des **Agences Territoriales de Développement Agricole (ATDA)**, des **Organisations de Producteurs Agricoles (OPA)**
- Rédaction d'un article scientifique en vue d'une publication dans une revue

## Indicateurs de résultat

Définir les indicateurs de résultats quantitatifs et qualitatifs avec leurs échéances, pour évaluer le projet. **Ces indicateurs doivent permettre d'évaluer les résultats pour les cibles déterminées : usagers, agents, citoyens, contribuables ...**

- Une BD géographique (projet QGIS) contenant l'ensemble des données spatialisées relatives à la zone d'étude (données administratives, données d'enquêtes socio-économiques, zonages...)
- Une carte de zonage actualisée
- Une fiche de synthèse sur (1) la comparaison des zonages radiométriques et agroécologiques, (2) le lien entre zonage radiométrique et types de systèmes agraires
- Une fiche sur la délimitation du terroir villageois

### Annexe 3 : Analyse de risques

#### Analyser évaluer les risques (R) et opportunités (O)

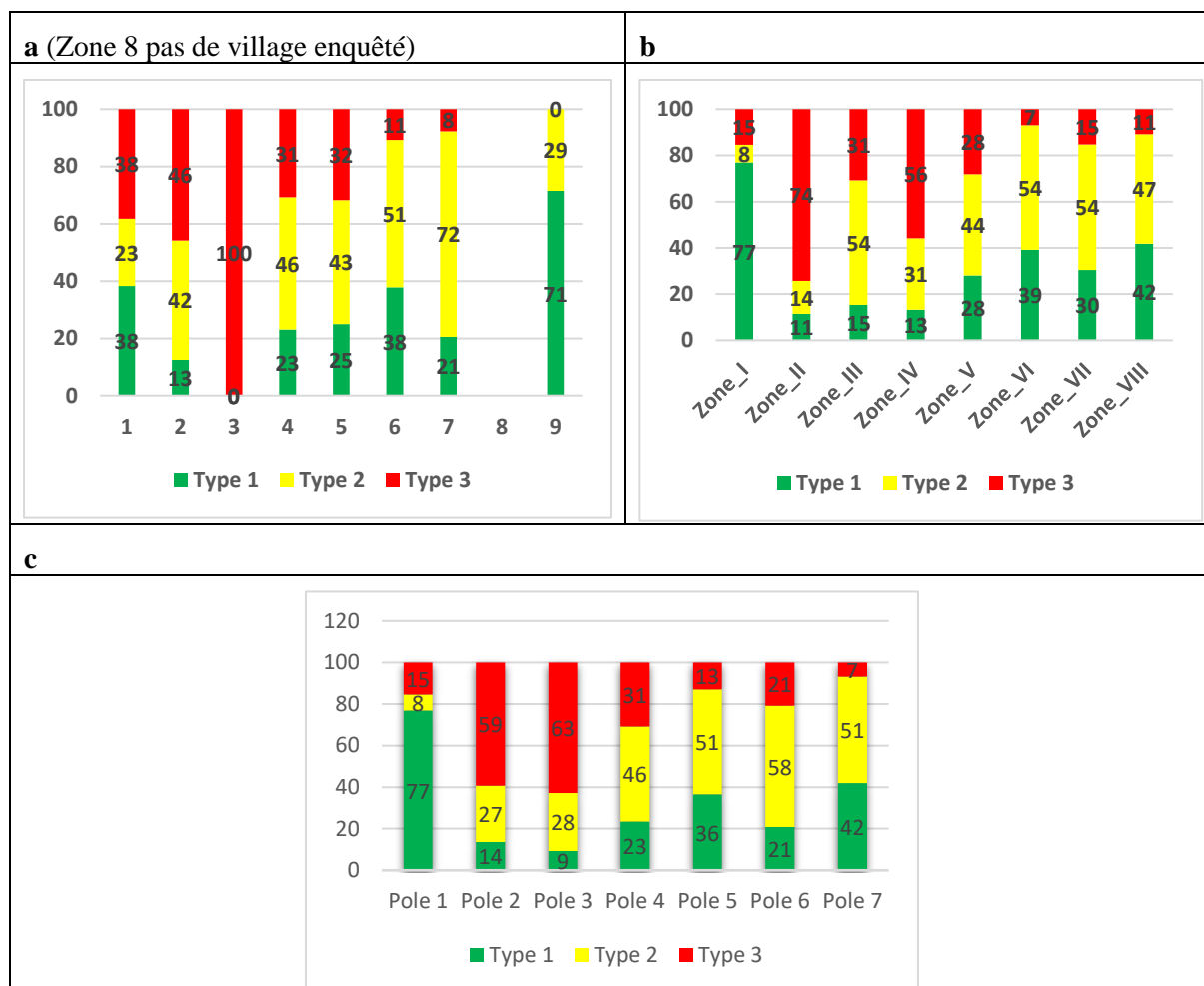
N° R/O	Famille	Description	Gravité	Probabilité	Criticité
<b>Risques</b>					
R1	Technique	Version améliorée du plugin de zonage radiométrique non finalisée	Peu grave	Peu probable	Faible
R2	Management	Difficulté de respect des délais de réalisation du projet en raison de mon activité professionnel	Grave	Peu probable	Important
<b>Opportunités</b>					
O1	Technique	Disponibilité d'un plugin pour le zonage radiométrique			
O2	Technique	Disponibilité des BD d'enquêtes socioéconomiques			

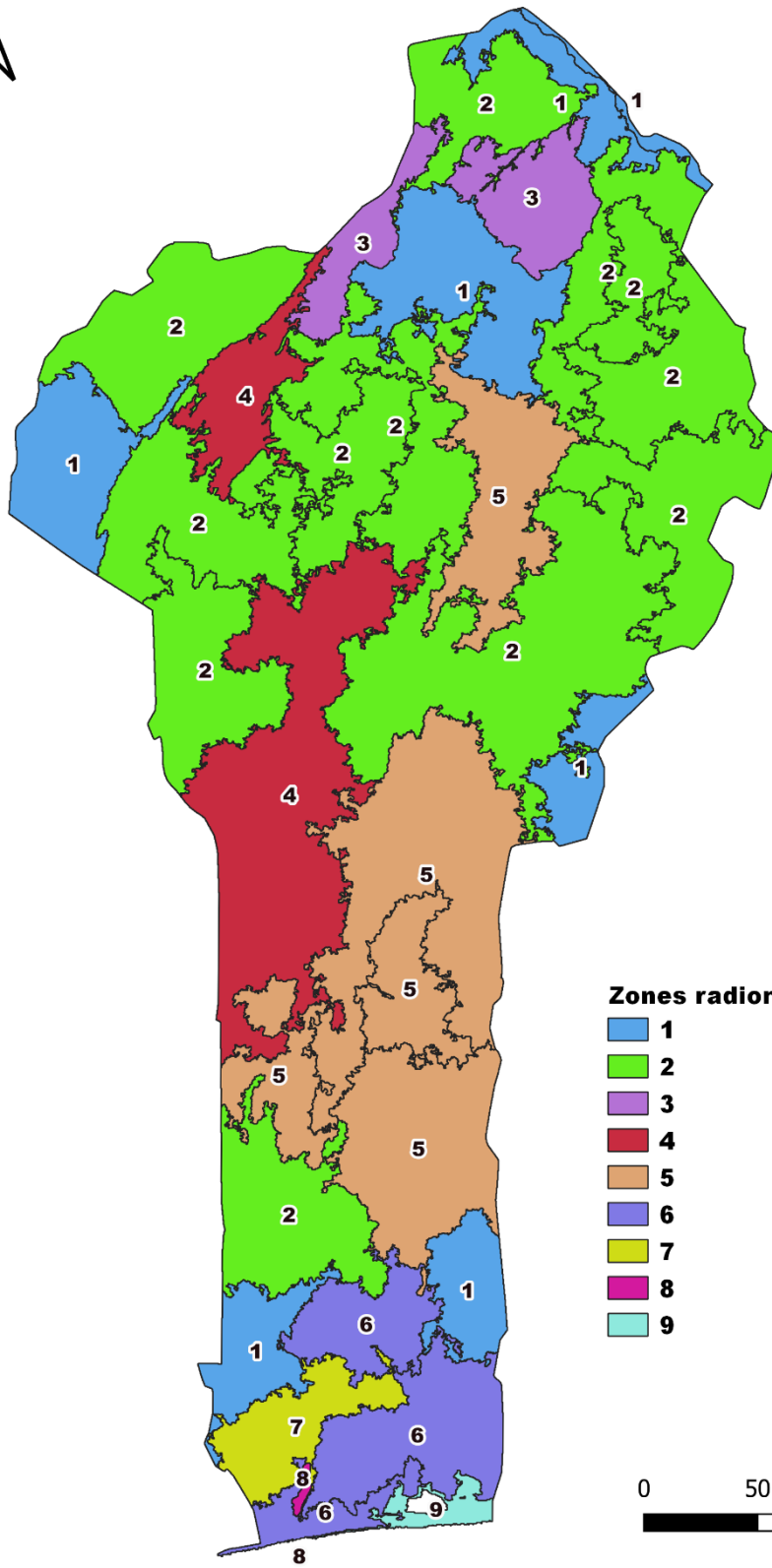
#### Traiter et gérer les risques (R)

N° R	Action de maîtrise	Date de levée du risque ou de l'opportunité
R1		
R2	Commencer très tôt la collecte de ces données	Mi juin
R3	Elaborer un planning et être rigoureux dans son exécution	Fin Août



**Annexe 4** : Proportion des types de systèmes agraires par zone (radiométrique, zone agroécologique et pôle de développement)





## **Résumé**

L'identification des zones agroécologiques et des pôles de développement agricole au Bénin est nécessaire pour la mise en œuvre des politiques agricoles. Les approches existantes de zonage des systèmes agraires à grande échelle utilisent des sources de données hétérogènes généralement basées sur un choix subjectif de variables socio-économiques et environnementales créant ainsi un problème de représentativité et reproductibilité des cartes. La présente étude a pour objectif d'utiliser le potentiel des données satellitaires pour produire des zonages paysagers et analyser les unités paysagères résultantes au regard de zonages existants et d'une typologie des systèmes agraires produite sur le Bénin. Ces zonages paysagers dits « radiométriques » sont issus de la segmentation des premières composantes principales d'une série d'images NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) MODIS acquise sur la période de 2018 à 2022. Les analyses ont permis de produire trente-six paysages radiométriques homogènes qui ont été regroupés à travers une classification numérique en neuf zones radiométriques selon les classes d'occupation du sol. Par ailleurs, les résultats de la comparaison des zones agroécologiques et des pôles de développement agricole selon l'occupation du sol et selon les types de systèmes agraires ont montré une bonne discrimination des zones radiométriques par rapport à l'occupation du sol et une bonne répartition des systèmes agraires dans ces zones radiométriques.

**Mots clés :** MODIS-NDVI, zone radiométrique, zone agroécologique, pôle de développement agricole, système agraire.

## **Abstract**

In Benin, the identification of agro-ecological zones and agricultural development poles is necessary for the implementation of agricultural policies. Existing approaches to large-scale zoning of agrarian systems use heterogeneous data sources, generally based on a subjective selection of socio-economic and environmental variables, thus creating a problem of representativeness and reproducibility of the maps. The aim of this study is to use the potential of satellite data to produce landscape zonings and to analyze the resulting landscape units in relation to existing zonings as well as in relation to a typology of agrarian systems. These so-called "radiometric" landscape zonings are derived from the segmentation of the first principal components of a series of MODIS NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) images acquired over the period 2018 to 2022. The analyses produced thirty-six homogeneous radiometric landscapes, which were grouped through digital classification into nine radiometric zones according to land-use classes. Furthermore, the results of the comparison of agro-ecological zones and agricultural development poles according to land cover and agrarian system types showed good discrimination of radiometric zones in relation to land cover and a good distribution of agrarian systems within them.

**Keywords :** MODIS-NDVI, radiometric zone, agroecological zone, agricultural development pole, agrarian system.