

## **Dynamique spatiale de l'occupation du sol de la plaine agricole de Maribahoux (Nord-Est de la République d'Haïti) de 1986 à 2021**

**Auteur :** Jesuka, Roselande

**Promoteur(s) :** Bogaert, Jan

**Faculté :** Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

**Diplôme :** Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain

**Année académique :** 2021-2022

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/16088>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# **DYNAMIQUE SPATIALE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA PLAINE AGRICOLE DE MARIBAHOUX (NORD-EST DE LA RÉPUBLIQUE D'HAÏTI) DE 1986 À 2021**

**ROSELANDE JESUKA**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER DE  
SPÉCIALISATION EN PRODUCTION INTÉGRÉE ET PRÉSERVATION DES RESSOURCES  
NATURELLES EN MILIEU URBAIN ET PÉRI-URBAIN**

**ANNÉE ACADEMIQUE 2021-2022**

**PROMOTEUR : JAN BOGAERT**

*Copyright : "Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech."*

*"Le présent document n'engage que l'auteur"*

# **DYNAMIQUE SPATIALE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA PLAINE AGRICOLE DE MARIBAHOUX (NORD-EST DE LA RÉPUBLIQUE D'HAÏTI) DE 1986 À 2021**

**ROSELANDE JESUKA**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER DE  
SPÉCIALISATION EN PRODUCTION INTÉGRÉE ET PRÉSERVATION DES RESSOURCES  
NATURELLES EN MILIEU URBAIN ET PÉRI-URBAIN**

**ANNÉE ACADEMIQUE 2021-2022**

**PROMOTEUR : JAN BOGAERT**

## REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes physiques ou morales, qui, sans leur accompagnement, ce travail de recherche n'aurait pas pu aboutir.

Je tiens à remercier d'abord l'ARES-CCD pour avoir financé cette formation. Je remercie également le personnel académique et administratif de l'ULG-Gembloux Agro-Bio Tech et de la Haute Ecole de Charlemagne pour leur implication dans cette formation.

D'une façon particulière, je remercie mon promoteur, le Professeur Jan BOGAERT, pour avoir accepté de superviser le présent travail. Il m'a été d'une grande aide à travers son regard scientifique, ses précieux conseils et sa disponibilité.

Je tiens à remercier le professeur Haïssam JIJAKLI, pour ses dévouements et son temps mis au profit du Master PPRN.

Un merci spécial est adressé au doctorant Waselin SALOMON pour son suivi au quotidien tout au long de cette étude, malgré ses multiples occupations. Je remercie aussi le doctorant Henri KABANYEGEYE pour la lecture de mon travail et ses précieux conseils.

Je suis également reconnaissante envers le Professeur Yannick USENI pour son temps mis à ma disposition et pour l'orientation qu'il m'a donnée pendant mon travail.

Un grand merci à mon ami Karl Hermane JOSEPH pour l'aide qu'il m'a apportée au niveau de la cartographie.

Je remercie également ma famille qui, malgré la distance, a été un grand support pour moi avec tous les mots d'encouragement.

Merci à mes amis, en particulier ceux qui m'ont soutenu durant le cycle d'étude et la réalisation de ce travail : Pierre Mackenson ILMO, Guerchemy PREVILON, Luckenson LOUIDOR, Ones JEAN et Fabens NAU.

Je ne saurais terminer sans remercier Djemps DENIS, Evenaud JEAN-ETIENNE et Watchelson PROSPERE qui m'ont accompagné dans la collecte de données sur le terrain.

## SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

BRH :	Banque de la République d’Haïti
°C :	Degré Celsius
CIR :	Cadres Intégrés et Renforcés
CISA :	Conseil Interministériel pour la Sécurité Alimentaire
CNIGS :	Centre National de l’Information Géo Spatial
CNSA :	Coordination Nationale pour la Sécurité Alimentaire
CODEVI :	Compagnie de Développement Industriel
FAO:	Food and Agriculture Organization of United Nations
GPS :	Global Positioning System ou Géo-positionnement par satellite
ha :	Hectare
IHSI :	Institut Haïtien de Statistique et de l’Informatique
Km :	Kilomètre
MARNDR :	Ministère de l’Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
mm :	Millimètre
MPCE :	Ministère de la Planification et de la Coopération Externe
ONU :	Organisation des Nations Unies
PIB :	Produit Intérieur Brut
PTS :	Processus de Transformation Spatiale
RN :	Route Nationale
SIG :	Système d’Information Géographique
SOHITRA :	Société Haïtienne d’Ingénierie et de Travaux
TM :	Tonne Métrique
UTM :	Universel Transverse de Mercator
VH:	Végétation Herbeuse
WGS:	World Geodetic System

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS .....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES .....	vi
PHOTOS .....	vii
RÉSUMÉ .....	viii
ABSTRACT.....	ix
I.- INTRODUCTION.....	1
1.1.-Contexte et justification.....	1
1.2.- Question et hypothèse.....	3
1.3.- Objectifs de la recherche .....	3
1.3.1.- Objectif général .....	3
1.3.2.-Objectifs spécifiques.....	4
II.- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
2.1.- Urbanisation, une forme d’anthropisation des paysages .....	5
2.1.1.- Notions de démographie et d’urbanisation .....	5
2.1.2.- Causes de la croissance urbaine.....	7
2.1.3.- Problèmes liés à l’urbanisation.....	8
2.1.4.- Croissance démographique et urbanisation en Haïti .....	9
2.2.- Développement de l’agriculture en Haïti.....	10
2.3.- Ecologie du paysage .....	13
2.3.1.- Émergence de l’écologie du paysage.....	13
2.3.2.- Définitions, échelles et éléments du paysage .....	14
2.3.2.1.- Définitions .....	14
2.3.2.2.- L’échelle du paysage .....	14
2.3.2.3. Les éléments du paysage.....	15
2.2.4.- Importance de la structure spatiale en écologie du paysage .....	17
2.2.5.- Analyse de la dynamique paysagère.....	19
2.2.5.1.- Notion d’indices de structure spatiale du paysage.....	20
2.2.5.2- Matrice de transition.....	21

2.2.5.3.- Processus de transformation spatiale.....	22
III.- MILIEU D'ÉTUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	25
3.1.- Milieu d'étude : la plaine de Maribahoux .....	25
3.1.1.- Contexte biophysique .....	25
3.1.2.- Activités économiques.....	28
3.1.3.- Démographie et urbanisation.....	30
3.2.- Matériels et méthodes.....	30
3.2.1.-Choix et acquisition des images .....	30
3.2.2.-Classification des images Landsat.....	31
3.2.3.- Classifications des images et évaluation de la fiabilité .....	34
3.2.4.- Détection des changements .....	34
IV.- PRÉSENTATION DES RÉSULTATS .....	36
4.1.- Cartographie et classification .....	36
4.2.- Caractérisation de la dynamique paysagère dans la Plaine de Maribahoux et de ses deux sections communales .....	38
4.2.1.- Dynamique de composition.....	38
4.2.2.- Dynamique structurale.....	40
V.- DISCUSSION.....	46
5.1.- Approche méthodologique .....	46
5.2.- Dynamique paysagère de la plaine de Maribahoux et de ses deux sections communales. ....	46
5.4.- Implications pour le développement d'un agriculture urbaine et périurbaine durable.....	50
VI.- CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	52



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exemple de matrice de transition. Les valeurs sont exprimées en pourcentage (Bamba, 2010). .....	22
Tableau 2 : Définition des classes d'occupation du sol de la plaine de Maribahoux .....	33
Tableau 3 : Matrice de confusion de la classification des images Landsat de 1986,2002 et 2021 de la Plaine de Maribahoux. VH : végétation herbeuse, Pr : Précision du réalisateur, Pu : précision de l'utilisateur, K : Coefficient Kappa.....	37
Tableau 4 : Identification des processus de transformation spatiale qui sous-tendent les changements observés sur la base de l'arbre de décision de Bogaert et al. (2004). .....	43
Tableau 5 : Caractérisation de l'anthropisation du paysage à travers l'évolution des indices de perturbation (U) et de dominance (D)en %.....	45

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Evolution en millions au niveau mondial des populations rurales et urbaines de 1950 à 2050.....	6
Figure 2 : le paysage, niveau d'organisation des systèmes écologiques situés au-dessus de l'écosystème, mais en dessous de la région et du continent (Forman, 1995) .....	15
Figure 3 : Une perspective paysagère basée sur le modèle Patch-matrice-corridor (Sensu Forman,1995).....	16
Figure 4 : Les éléments clés de chaque système écologique, applicable à chaque échelle spatio-temporelle : la configuration, la composition et les fonctions présentes dans le paysage. Les éléments sont connectés par un triangle équilatéral pour illustrer leur interdépendance (Noon & Dale, 2002).....	18
Figure 5 : Illustration du pattern/process paradigm (Koffi, 2008 modifié). .....	19
Figure 6 : Perspective historique des dynamiques paysagères typiques (modèle théorique). (Bogaert et al., 2004) .....	20
Figure 7 : Méthode d'identification des processus de transformation spatiale. (Bogaert et al., 2004). .....	23
Figure 8 : Les processus de transformation spatiale généralement observés pour les types de taches naturelles (traits continu) et anthropiques (traits discontinus). (Bogaert et al., 2011a ; 2014).....	24
Figure 9: Localisation de la Plaine de Maribahoux au niveau des communes de Ferrier et de Ouanaminthe situées dans le département du Nord-Est d'Haïti. ....	25
Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la commune de Ouanaminthe.....	26
Figure 11 : Réseau hydrographique de la plaine de Maribahoux .....	28
Figure 12 : Cartes d'occupation du sol de la Plaine de Maribahoux issues de la classification supervisée des images Landsat de 1986, 2002 et 2021 appuyée sur l'algorithme du maximum de vraisemblance. ....	38
Figure 13 : Evolution de la proportion des classes d'occupation du sol au niveau de Bas Maribahoux (A), de Haut Maribahoux (B) et de la plaine de Maribahoux (C). VL : végétation ligneuse ; VH : végétation herbeuse .....	40

## PHOTOS

Photo 1: Vue de la production de charbon de bois au niveau de la plaine de Maribahoux en mai 2022 (crédit photo : Roselande Jesuka) .....	49
Photo 2 : Vue de la diminution de l'eau des rivières dans la plaine de Maribahoux en mai 2022 (crédit photo : Roselande Jesuka) .....	50

## RÉSUMÉ

La plaine de Maribahoux, située au Nord-est d'Haïti, a connu une rapide croissance démographique. Cette croissance, associée aux diverses activités économiques et à la sécheresse est à la base des changements de l'occupation du sol matérialisés par une extension spatiale anarchique du bâti couplée à un gaspillage dans la consommation des surfaces agricoles. Cette situation rend la population de la zone davantage dépendante des importations des produits agricoles en provenance de la République Dominicaine notamment. Ainsi, cette étude a mis en évidence la dynamique spatiale de l'occupation du sol de la plaine agricole de Maribahoux. Trois cartes d'occupation de sol ont été produites sur base de la classification des images Landsat de 1986, 2002 et 2021 appuyées par des visites de vérification réalisées sur le terrain sur la période de mars à juin 2022. La dynamique paysagère de la plaine de Maribahoux et de ses sections communales a été mise en évidence grâce à travers le calcul d'indices de structure spatiale et l'identification des processus de transformation spatiale qui sous-tendent les changements observés.

La tendance évolutive du paysage de l'ensemble de la plaine de Maribahoux révèle qu'en 35 ans la surface des champs a d'abord connu une augmentation pour ensuite diminuer par opposition à la proportion de la végétation ligneuse qui a diminué durant les deux périodes étudiées (1986-2002 et 2002-2021). La création de nouvelles taches des bâtis soutenue par une croissance démographique importante a entraîné la dissection des taches de végétation ligneuse dans le paysage et des champs. Il a été observé en outre que l'ampleur des changements de la structure spatiale du paysage de la plaine de Maribahoux est variable selon les sections communales qui composent la plaine et selon les périodes étudiées. Pendant qu'à Bas Maribahoux, les champs ont connu une relative stabilité de leur proportion dans le paysage sur les deux périodes étudiées, la végétation ligneuse a connu une alternance de l'augmentation et de la régression de sa proportion à Haut Maribahoux. Cette situation résulte de la création de nouvelles taches de bâti, soutenue par une croissance démographique rapide. Les résultats de cette étude ont permis de conclure que l'extension anarchique du bâti menace la sécurité alimentaire dans la région et affecte en même temps sa résilience dans un contexte de changement climatique évident. Ainsi, l'élaboration et l'application effective d'un plan d'aménagement du territoire conduira à une meilleure gestion de la plaine de Maribahoux.

**Mots clés** : Champ, croissance démographique, Maribahoux, paysage,

## ABSTRACT

The plain of Maribahoux, located in the northeast of Haiti, has experienced rapid population growth. This population growth, associated with various economic activities and drought is the basis of changes in land use materialized by an anarchic spatial extension of buildings coupled with wasteful consumption of agricultural land. This situation makes the population of the area more dependent on imports of agricultural products from the Dominican Republic in particular. Thus, this study highlighted the spatial dynamics of land use in the agricultural plain of Maribahoux. Three land cover maps have been produced based on the classification of Landsat images from 1986, 2002 and 2021 supported by verification visits carried out in the field over the period from March to June 2022. The landscape dynamics of the plain of Maribahoux and its communal sections was highlighted through the calculation of spatial structure indices and the identification of spatial transformation processes underlying the observed changes.

The evolutionary trend of the landscape of the entire Maribahoux plain reveals that in 35 the surface of the fields first increased and then decreased, in contrast to the proportion of woody vegetation which decreased during the two periods studied. (1986-2002 and 2002-2021). The creation of new patches of buildings supported by significant population growth has led to the dissection of patches of woody vegetation in the landscape and fields. It has also been observed that the magnitude of the changes in the spatial structure of the landscape of the plain of Maribahoux is variable according to the communal sections that make up the plain and according to the periods studied. While at Bas Maribahoux, the fields have known a relative stability of their proportion in the landscape over the two periods studied, the ligneous vegetation has known an alternation of the increase and the regression of its proportion at Haut Maribahoux. This situation results from the creation of new building spots, supported by rapid population growth. The results of this study led to the conclusion that the anarchic extension of buildings threatens food security in the region and at the same time affects its resilience in a context of obvious climate change. Thus, the development and effective application of a land use plan will lead to better management of the plain of Maribahoux.

**Keywords:** Field, landscape, Maribahoux, population growth

## I.- INTRODUCTION

### 1.1.-Contexte et justification

L'un des défis majeurs auxquels font face les villes à l'heure actuelle est la création et l'extension rapide de nouvelles taches urbaines. Ce processus, connu comme l'urbanisation, est dû à la croissance démographique résultant d'une part de l'exode rural et d'autre part de la croissance naturelle de la population (Boagert & Halleux, 2015). En effet, en 1850 la proportion de la population mondiale vivant en ville ne dépassait pas 30% pendant qu'elle représentait 54% en 2014. Cette proportion est attendue d'approcher 70% d'ici 2050 (Nations Unies, 2014). L'extension spatiale des zones urbaines s'accompagne d'une pression accrue sur les ressources naturelles et d'une consommation des surfaces agricoles de plus en plus élevée. Si cette tendance d'extension se maintient, la perte mondiale de terre agricole d'ici 2030 sera de 1,8 à 2,4 % (Bren d'Amour et al, 2016).

Cette situation touche également les pays de l'Amérique latine et des caraïbes. En effet, la proportion de la population urbaine de l'Amérique latine et des Caraïbes qui représentait déjà 77 % en 2005, devrait atteindre 84 % d'ici 2030 selon diverses projections (Nations Unies, 2006). Cette expansion urbaine s'accompagne d'une réduction de la surface des terres agricoles des pays de la Caraïbe. A titre d'illustration, entre 2000 et 2010, la Martinique et la Guadeloupe ont enregistré une diminution de leurs espaces agricoles sous l'influence de la pression urbaine de 25 % et 22 % respectivement (Mohamed et al., 2017). La République d'Haïti située au niveau des Caraïbes n'échappe pas à cette tendance.

Haïti enregistre une croissance démographique urbaine rapide et est considéré comme le troisième pays le plus urbanisé en Amérique latine et dans les Caraïbes, derrière Trinidad-et-Tobago et le Mexique (Banque Mondiale, 2018). En effet, en 1950, la proportion de la population urbaine d'Haïti ne représentait que 12,2 % contre 58,6% en 2015 (IHSI, 2015). Si la tendance se maintient au rythme actuel où chaque année environ 133 000 de la population rurale viennent s'installer dans les centres urbains, 76,2% de la population haïtienne est attendue d'habiter dans les villes en 2050 (Nations Unies, 2014 ; Banque Mondiale, 2018).

Haïti est occupé par 2/3 de montagne contre seulement 1/3 des plaines où se concentrent la plupart des villes. Par conséquent, l'évolution démographique des villes haïtiennes s'accompagne d'une extension considérable de leur superficie le long des plaines agricoles qui les abritent généralement, en entraînant une régression de la couverture des champs menant à une diminution de la production agricole. L'impact néfaste de la baisse de la production agricole va enfoncer davantage la population dans la situation d'insécurité alimentaire, en accentuant ainsi la pauvreté (Singh et Cohen, 2014). Pourtant, un haïtien sur trois se trouve déjà dans une grave situation d'insécurité alimentaire (ONU, 2019). De plus, l'offre de production alimentaire locale issue de l'agriculture ne parvient plus à répondre au besoin de plus en plus élevé de la population en pleine croissance. Par conséquent, Haïti importe davantage qu'elle ne produit pour nourrir sa population (CISA et CNSA, 2010 ; MPCE, 2012). D'ailleurs, estimé à 50 % dans les années 1990, la part du secteur agricole dans le produit intérieur brut du pays ne représentait qu'environ 20% au PIB du pays dans la première décennie des années 2000 (Buteau, 2010). Outre la diminution des superficies agricoles, l'évolution démographique des villes haïtiennes s'accompagne d'une fuite de main-d'œuvre du secteur agricole (Banque Mondiale, 2019)

La plaine de Maribahoux, située dans le Nord-est du pays, n'en fait pas exception car elle abrite la ville de Ouanaminthe qui enregistre une extension spatiale rapide (de 8,4% par an) et non planifiée du bâti au dépend des terres agricoles (Mairie de Ouanaminthe). En raison du positionnement de la plaine de Maribahoux par rapport à la frontière de la République Dominicaine, le développement agricole serait une stratégie afin de diminuer la dépendance de la population vis-à-vis des produits alimentaires en provenance de la république Dominicaine. La ville de Ouanaminthe est caractérisée par une carence des services sociaux de base et collectifs (voirie, drainage, électricité, eau, assainissement et logement). Par conséquent, les nouveaux quartiers, de plus en plus étendus, sont dépourvus d'infrastructures et les mêmes services de base. Outre de cela, les autorités publiques ont une maîtrise limitée du statut foncier en zone urbaine placée sous leur responsabilité. L'acquisition des terrains et la construction des maisons se font de manière anarchique

Bien qu'il soit clairement observé que beaucoup d'espaces agricoles au niveau des plaines agricoles en Haïti notamment celle de Maribahoux ont été convertis en espaces urbains, très peu d'études s'intéressent à ce jour sur la dynamique spatiale de l'occupation de ces plaines agricoles. Pourtant, de nombreuses études ont montré l'importance de mieux appréhender l'influence locale

qu'exercent l'expansion urbaine et diverses activités anthropiques sur la dynamique des paysages. L'objectif de cette analyse est de comprendre respectivement le contexte et les mécanismes impliqués. Ainsi, l'utilisation des données de la télédétection, de la cartographie et des systèmes d'information géographique (SIG) est pertinente pour l'étude des phénomènes de la dynamique spatio-temporelle des paysages. L'application des principes de l'écologie du paysage en complément, permet de mieux appréhender les processus écologiques qui sous-tendent la dynamique d'un paysage et celle-ci permet aussi de contribuer à l'élaboration d'outils efficaces d'aménagement du territoire et à gérer de manière rationnelle des ressources naturelles pour un développement durable.

## **1.2.- Question et hypothèse**

**Question 1 :** Comment la dynamique paysagère évolue-t-elle dans la plaine de Maribahoux et des sections communales qui la composent ?

**Hypothèse 1 :** La pression démographique soutenue par les activités socio-économiques a entraîné une modification de la structure spatiale des paysages de la plaine de Maribahoux, caractérisée par une extension du bâti associée à une régression des zones agricoles et de la végétation ligneuse à des degrés variables selon le contexte socio-économique des sections communales qui la composent.

**Question 2 :** Quels sont les processus de transformation spatiale qui sont à la base de ces dynamiques paysagères ?

**Hypothèse 2 :** La création (l'augmentation du nombre et de l'aire des taches) de nouvelles tâches de bâtis résultant de demandes croissantes et constantes en logement des populations locales entraînerait un morcellement des taches agricoles et de la végétation ligneuse, nettement plus marquée dans le Haut Maribahoux.

## **1.3.- Objectifs de la recherche**

### **1.3.1.- Objectif général**

L'objectif de ce travail est de caractériser la dynamique spatiale de l'occupation du sol de la Plaine de Maribahoux sur une période de 35 ans (1986-2021) en vue d'une planification et d'une gestion durable de cette plaine



### 1.3.2.-Objectifs spécifiques

Spécifiquement ce travail vise à :

- Evaluer la dynamique spatio-temporelle des différentes classes de l'occupation du sol dans la plaine de Maribahoux et ses deux sections qui la composent ;
- Identifier les processus qui sous-tendent les changements de structure spatiale dans le paysage de la plaine de Maribahoux et ses deux sections communales.

## II.- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### 2.1.- Urbanisation, une forme d'anthropisation des paysages

#### 2.1.1.- Notions de démographie et d'urbanisation

D'un point de vue conceptuel, l'Organisation des Nations Unies pour le logement (ONU-Habitat, 2009) définit l'urbanisation comme la croissance physique des zones urbaines résultant de la concentration des personnes et des activités économiques dans une zone donnée. Forman (2010) définit le processus d'urbanisation comme le résultat d'une combinaison de densité de population et d'expansion d'une zone rurale vers un centre urbain donné. Pour Ochoa et al. (2018), l'urbanisation est le principal responsable de la transformation sociale la plus profonde de l'histoire de la civilisation, car elle devient la base de la croissance économique des pays. Malgré la différence des points de vue, il existe un point commun sur la définition de l'urbanisation qui traduit le déplacement et l'agglomération d'une population sur un territoire donné. L'analyse démographique fournit des informations socio-économiques qui sont statistiquement traduites en données qui peuvent aider les décideurs publics sur les actions à entreprendre face aux problèmes actuels et futurs de la société. Dans le contexte de l'urbanisation, la démographie aide à comprendre les tendances d'une population et à anticiper les changements appropriés pour répondre aux besoins futurs (Adams, 2022 ; Salomon et *al.*, 2022).

Le déséquilibre entre le développement économique et le bien-être de l'humanité a attiré l'attention mondiale sur les décisions stratégiques à prendre pour assurer la survie des générations présentes et futures (Nations Unies, 2019 ; Zhang, Zhang & Liao, 2018). Dans ce contexte, la croissance démographique et ses conséquences sur la qualité de vie des populations ont été l'une des préoccupations des Nations Unies et des gouvernements et universités qui cherchent une alternative pour faire face aux défis du monde globalisé. Les données publiées par l'organisation des Nations Unies (2019) sur les perspectives de la population mondiale, ont montré que de 1950 à 2019, la population de la planète est passée de 5,3 à 7,7 milliards de personnes. En outre, les projections indiquent une probabilité de 95 % que la population mondiale atteindra 8,5 milliards en 2030, soit plus de 9,7 milliards en 2050 et 10,9 milliards en 2100.

Cette croissance démographique incontrôlée de la population mondiale entraîne une forte concentration de personnes dans les zones urbaines, ce qui n'est pas un problème récent de la

société mondiale. Selon Zhang, Zhang et Liao (2018), ce changement structurel de la société mondiale a commencé avec la révolution industrielle en Angleterre au XVIII<sup>e</sup> siècle, considérée comme la principale cause du déplacement de la population paysanne vers les grands centres industrialisés. La décapitalisation de la population rurale et l'émergence de la mondialisation jouent un rôle important dans l'explosion démographique des centres urbanisés, alors que les gens se déplacent vers les grandes villes à la recherche d'une vie meilleure (Onifade et *al.*, 2021 ; Salahuddin et *al.*, 2019).

Par conséquent, il y a une forte concentration de population dans les zones urbaines. Les données publiées par les Nations Unies (2014) montrent qu'en 1950, 30% de la population mondiale vivaient dans des centres urbanisés et ce chiffre a été estimé à 54% en 2014. La perspective est que ce pourcentage approchera 70% d'ici 2050. Les prévisions des Nations Unies (2019) expliquent que la population urbaine a dépassé la population rurale à partir de 2010 et pointe vers une forte croissance jusqu'en 2050 (figure 1).

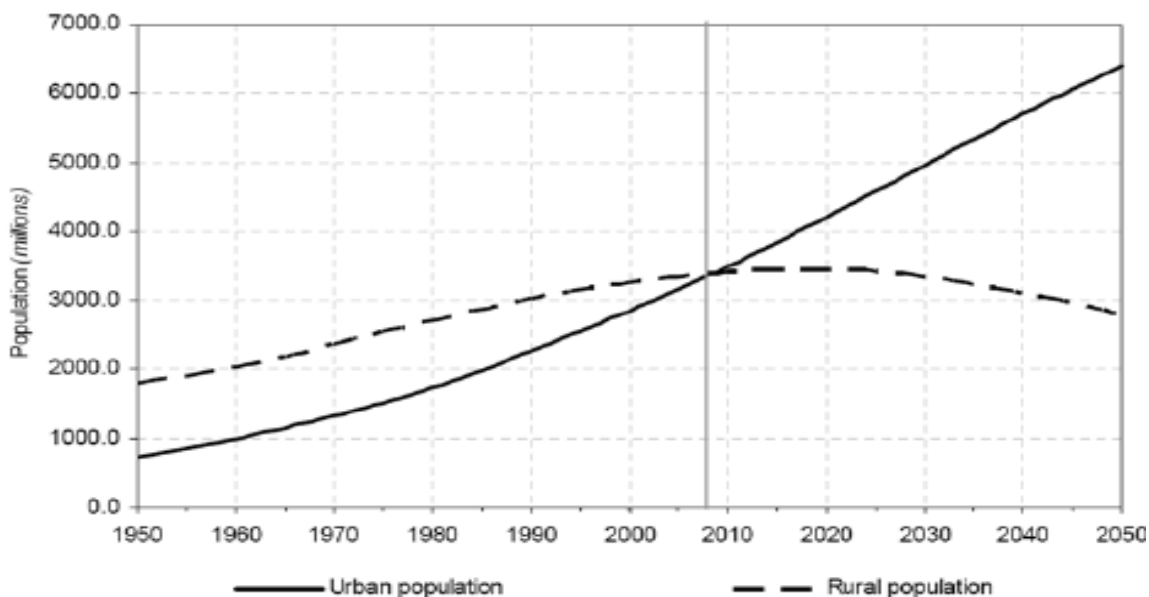


Figure 1: Evolution en millions au niveau mondial des populations rurales et urbaines de 1950 à 2050

Ainsi que Salomon et *al.* (2022), il convient de noter que ce processus de déplacement de la population rurale vers les centres urbains varie selon les pays. Par exemple, Salahuddin et *al.* (2019) soulignent qu'au cours des dernières années, il a été observé que les pays en développement

ont connu des niveaux d'urbanisation croissants, tandis que leurs homologues développés continuent d'afficher des taux d'urbanisation élevés. Selon Ochoa et *al.* (2018) malgré ces différences, l'étalement urbain n'est toujours pas considéré comme un problème commun dans le monde, en raison du manque de planification pour le développement des zones urbaines. Par exemple, on peut considérer le cas des grandes villes des pays du Sud où des « *favelas* » ont émergé avec de grandes agglomérations de personnes vivant dans des situations précaires. De tels facteurs appellent l'attention sur une nouvelle approche des problèmes liés à l'expansion afin d'apporter des solutions pouvant réduire les impacts négatifs sur l'environnement et sur la qualité de vie des gens.

### 2.1.2.- Causes de la croissance urbaine

A partir des preuves présentées ci-dessus, on peut souligner que la surpopulation des zones urbanisées continue d'être un sujet qui intrigue les autorités et la société en raison de ses conséquences socio-économiques dans les pays. Avant d'aborder les conséquences de l'urbanisation, il est nécessaire de remonter à la source pour mieux comprendre quels ont été les facteurs déterminants qui ont conduit à l'intensification de ce mouvement des zones rurales vers les grandes villes. Dans la littérature, les théoriciens présentent plusieurs facteurs qui peuvent être considérés comme les principales causes de la croissance accélérée des taux d'urbanisation dans les pays en développement. Salomon et *al.* (2022) soulignent que l'explosion démographique caractérisée par l'expansion de la population intra-urbaine et le flux de mouvement de la population rurale vers les grandes villes exercent une forte pression sur la concentration des centres urbains. Bogaert & Halleux (2015) interprètent la croissance urbaine comme un phénomène de conséquences-causes, dans lequel il existe des facteurs qui poussent les gens à quitter les zones rurales pour se diriger vers les grandes villes qui offrent des opportunités plus attractives.

Parmi les causes ponctuelles de l'exode rural, Salahuddin et *al.* (2019) soulignent que la décapitalisation de la population rurale est le résultat des effets dévastateurs du changement climatique qui ont entraîné des inondations, des sécheresses et des incendies dans de grandes proportions qui détruisent les plantations. Par conséquent, la campagne est devenue moins attrayante pour les jeunes et la qualité de vie des gens se dégrade, ce qui entraîne un déplacement de la main-d'œuvre vers les grands centres industrialisés (Adams, 2022 ; Ochoa et *al.*, 2018). Avec l'expansion de plus en plus accélérée de la mondialisation, les entreprises multinationales ont plus de facilité à étendre leurs activités au-delà des frontières à la recherche de marchés offrant des

avantages concurrentiels tels que des incitations fiscales et une main-d'œuvre moins chère. Souvent, ces entreprises s'implantent dans des régions industrialisées plus proches des ports et des aéroports, ce qui finit par augmenter l'offre d'emploi et l'attractivité des grandes villes par rapport à la campagne (Carlucci, Chelli & Salvati, 2018 ; Onifade et *al.*, 2021).

Outre l'explosion démographique et la mondialisation, Zhang, Zhang et Liao (2018) considèrent que la concentration des activités économiques et des revenus dans les régions urbaines génère un déséquilibre dans la qualité de vie entre grandes et petites villes. Ce phénomène a contribué à la croissance des taux d'urbanisation, puisque les paysans considèrent les centres urbains comme la seule possibilité d'ascension sociale. Cependant, la force que l'exode rural a exercée sur les zones urbaines a de graves conséquences sur la qualité de vie des habitants de la ville, en raison de la détérioration de la qualité de l'environnement, en raison des menaces croissantes de l'augmentation du niveau de pollution (Salomon et *al.*, 2022 ; Bogaert & Halleux, 2015). En général, on peut noter que d'autres facteurs peuvent conduire à une intensification du processus d'urbanisation, cependant, en reconnaissant les causes de ce phénomène, il sera possible d'identifier les conséquences et de prendre tous les médicaments appropriés pour résoudre les problèmes inhérents.

### 2.1.3.- Problèmes liés à l'urbanisation

L'urbanisation peut être un facteur positif pour les pays car elle stimule une augmentation de la densité des activités économiques dans les centres industrialisés grâce à l'utilisation du capital humain, en plus de stimuler une croissance durable, d'augmenter les niveaux de productivité, de catalyser l'innovation et de déclencher des changements sociaux majeurs (Adams, 2021). Cependant, ce changement entraîne de graves problèmes tant pour la qualité de vie des personnes que pour la protection de l'environnement et de l'écosystème, en revanche, ces conséquences peuvent se refléter différemment selon les pays et les régions. Selon Carlucci et al. (2018), le plus grand inconvénient de la croissance de l'urbanisation est la migration rurale-urbaine, qui a entraîné un processus de transformation structurelle au sein des pays, car les preuves montrent que plus la population urbaine augmente, plus la main-d'œuvre agricole laisse son protagonisme au travail industriel et de service.

Adams (2021) a identifié trois problèmes qui découlent de la croissance incontrôlée des taux d'urbanisation dans le monde. Premièrement, la dégradation du tissu social des grandes villes, qui souvent n'ont pas les infrastructures nécessaires pour résister à la pression des flux de circulation de la population rurale. Deuxièmement, il a souligné que la surpopulation des zones urbaines conduira à l'aggravation des problèmes structurels, environnementaux et écologiques, en plus de la pauvreté et des inégalités. À terme, cet exode rural conduira sans aucun doute à une forte augmentation des inégalités sociales. Salomon et *al.* (2022) soulignent que l'étalement urbain représente un défi sans précédent, en particulier pour les pays en développement qui souffrent d'un système de gouvernance publique faible et d'un manque de planification de l'environnement urbain. Certaines études attirent l'attention sur la modification du schéma des habitats naturels des espèces végétales et animales causée par la déforestation de vastes zones de conservation de l'environnement qui sont réduites et transformées en raison de l'expansion rapide du développement urbain (Ochoa et *al.*, 2018 ; Onifade et *al.*, 2021).

#### 2.1.4.- Croissance démographique et urbanisation en Haïti

Plusieurs études ont mis en évidence que le processus de croissance de l'urbanisation diffère selon les pays (Adams, 2021 ; Carlucci et *al.* 2018 ; Onifade et *al.*, 2021 ; Salahuddin et *al.*, 2019). Ce comportement n'est pas différent dans le contexte d'Haïti, où l'explosion démographique et la croissance des taux d'urbanisation n'ont pas été dissociées au cours des dernières décennies. Les données publiées par les Nations Unies (2019) montrent que la population haïtienne, qui était estimée à 3,87 millions d'habitants en 1950, a enregistré un taux de croissance de 198,5% en 2021 atteignant 11,54 millions d'habitants, et pourrait atteindre la barre des 15,3 millions d'ici 2050.

Selon le classement publié par l'organisation, le pays des Caraïbes s'est classé 7e dans le classement des nations ayant le taux d'urbanisation le plus élevé au monde, après avoir enregistré un taux de croissance de 5,7% sur la période entre 1990 et 2021. Haïti avait une croissance en milieu rural estimée à 0,92 %, tandis que la population urbaine avoisinait 12,2 % en 1950 et 58,6 % en 2015, avec la perspective d'atteindre 76,6 % d'ici 2050 (Nations Unies, 2019 ; Salomon et *al.*, 2022).

Ces données présentées ci-dessus montrent que le phénomène de l'explosion démographique et de la croissance des taux d'urbanisation ne dissocie pas Haïti de la réalité du reste du monde. Les Nations Unies (2019) soulignent que 58% de la population haïtienne vit dans les grandes villes, et la tendance est que ce taux d'urbanisation augmente de 2,7% par an. Comme dans les pays du Sud, cette augmentation de la population haïtienne et l'exode rural ont conduit à la croissance incontrôlée des zones urbaines sans la création de politiques publiques qui accompagnent la population face à la précarité. Salomon et *al.* (2022) soulignent que le processus d'urbanisation en Haïti suit le schéma traditionnel dans lequel le manque d'opportunités dans les zones rurales conduit les paysans à se déplacer vers les grands centres urbains à la recherche d'un emploi. Par conséquent, la main-d'œuvre agricole s'est transformée en main-d'œuvre bon marché pour les grandes industries.

La croissance du taux d'urbanisation d'Haïti n'est pas sans conséquence sur la qualité de vie des habitants de la ville. Belvert (2019) a mis en évidence la croissance anarchique des zones urbaines périphériques, caractérisée par le manque de structures de base, l'assainissement inexistant, le manque de lumière, entre autres, sont les principaux problèmes observés dans les grandes villes urbanisées comme la capitale Port-au-Prince, Cap-Haïtien, Cayes, Gonaïves et Jérémie. Salomon et *al.* (2022) pointent également la négligence des autorités qui ne créent pas de politiques publiques pour répondre aux problèmes d'urbanisation dans toutes ses dimensions, en plus du manque d'aménagement du territoire défini pour atténuer les conséquences de ce phénomène sur la situation socio-économique et environnementale fragilisée du pays des Caraïbes.

## **2.2.- Développement de l'agriculture en Haïti**

La République d'Haïti a une superficie de 27 750 km<sup>2</sup>. C'est un pays essentiellement montagneux avec plus de la moitié des terres possédant des pentes supérieures à 40% et des plaines qui n'occupent que 550 000 ha, soit 20% de sa superficie totale. Le potentiel exploitable pour l'agriculture est de 7 700 km<sup>2</sup> (29%) (MARNDP, 2011). Piou (2005) relate que la couverture végétale d'Haïti a été estimée à plus de 80% avant l'arrivée des Espagnols en 1492. Par la suite, la période coloniale a débuté avec de grandes perturbations sur la couverture végétale marquées par une forte pression sur les ressources ligneuses. Elles ont été soumises au défrichement afin d'étendre de grandes plantations de canne à sucre, coton (au niveau des plaines), café, cacao (montagne) et de couvrir les besoins en énergie et en matériaux de construction de l'agro-industrie

coloniale (Bellande, 2009). Moral (1961) a signalé que des forêts entières furent abattues afin de céder leur place aux caféiers qui semblent s'être approprié toutes les montagnes de la colonie sous forme de monoculture. De 1804 (après l'Indépendance) jusqu'à la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle, le secteur agricole a été dominé par la canne à sucre, le café, le sisal et le coton (CIR, 2011). Toutefois, ce même auteur souligne qu'Haïti n'a pas été capable de maintenir sa position jadis dominante pour ces produits. En effet, les structures coloniales agricoles qui ont fait d'Haïti la plus riche et plus prospère colonie de la France sont tombées en désuétude pendant la période de transformation sociale à Saint-Domingue et la première décennie (période formative) de la révolution. En moins de 30 ans ou de 1790 à 1818, la production a baissé de moins 50 %. Par exemple, la production de sucre brut et raffiné est passée de 163 millions de livres à 6 millions et celle du café de 77 millions de livres à 30 millions (Dupuy, 1989). Quelle est la part de l'agriculture dans l'économie nationale ?

L'agriculture constitue le secteur d'activité le plus important en Haïti puisqu'elle est la source principale de revenu pour plus de 60 % de la population. Le secteur agricole représente plus de 59 % de la population active totale dans l'économie du pays. De 1986 à 2006, l'agriculture a représenté à elle seule plus d'un quart (1/4) du produit intérieur brut du pays (BRH, 2006). Malgré son importance dans l'économie nationale, Pierre (2017) a rapporté que sur le potentiel de terre agricole exploitable, le MARNDR et le Bureau des statistiques nationales ont reconnu que 75 % des 300 000 hectares de terres plates ne sont pas irrigués. Seulement un total de 80 000 hectares de terres sont irriguées. Toutefois, ces terres ne sont pas régulièrement ou intensivement cultivées tout au long de l'année. Elles ne sont pas utilisées à leur capacité optimale pourtant le pays souffre d'une insuffisance alimentaire. Un regard sur les infrastructures établies et les investissements pourrait aider à mieux comprendre la situation critique du secteur agricole.

En effet, plus de 200 ans après son indépendance, Haïti n'a pas pu mettre des structures agricoles pour répondre aux besoins primaires de ses habitants (Dupuy, 1989). Sur le plan socio-économique, l'agriculture haïtienne est, jusqu'à aujourd'hui, à son stade traditionnel. Elle se fait au moyen d'outils agricoles rudimentaires, houes, pioches, serpettes, etc. Les paysans manquent de moyens, d'outils y compris semences de qualité et capital d'investissement (Fontil, 2022). Beaucejour (2016) a relaté que les agriculteurs haïtiens sont des laisser pour contre. Comment cela se manifeste-il ? Dans un premier temps, l'investissement est quasiment inexistant dans le secteur agricole. C'est l'une des causes de sa sous-productivité. L'agriculture, malgré son pourcentage



élevé dans l'économie haïtienne, ne représente pas dans la réalité une priorité pour les gouvernements du pays. Les agriculteurs ne trouvent pas suffisamment les supports de l'État en termes d'encadrement et d'accompagnement dans les activités agricoles. La paysannerie reste jusqu'à présent une catégorie marginalisée dans la société haïtienne. Ajouter à cela, les banques agricoles sont quasi-inexistantes en milieu rural. Pour financer la production agricole, les agriculteurs utilisent leur propre fond. Alors, ils sont obligés de produire seulement pour les besoins de leur famille. En d'autres termes, le secteur agricole haïtien est caractérisé par une agriculture de subsistance et insuffisante. A tel point que, le pays fait face aujourd'hui à de sérieux problèmes d'insécurité alimentaire. D'après CIR (2011) Haïti est désormais obligé d'avoir recours à l'importation pour répondre aux besoins croissants de la population en constante expansion. En 2010, le secteur agricole a connu un taux de décroissance de 0,1 % et cette tendance s'est poursuivie avec un taux de - 5.4% pour l'année 2015 (BRH, 2015). La part de la branche d'activité « agriculture, sylviculture, élevage et pêche » représentait 24,8% du PIB en Haïti pour l'année fiscale 2009-2010, avec une contribution de 3,29 milliards de gourdes. Pour l'exercice fiscal 2017-2018, elle n'a représenté que 20.2% du PIB (soit 3,28 milliards de gourdes) d'après les estimations de IHSI (Bénédictine, 2019).

On ne peut pas parler de la faiblesse de la productivité agricole nationale sans avoir mis l'accent sur la problématique environnementale. En effet, Haïti est réputée comme l'un des pays les plus déboisés et érodés des Caraïbes. Sa couverture forestière est nettement en déclin. Elle a été chiffrée à quelque 50 % au début du 20e siècle, pour passer vers 1945 autour de 21 %, puis autour de 9 % dans les années 50 et autour de 4,77 % dans les années 70 (Septembre, 2005). D'après FAO (2015), elle a été estimée à moins de 3,5 % de la superficie du pays en 2015. Ce phénomène diminue considérablement la biodiversité, accélère l'érosion des sols et modifie les microclimats à travers tout le territoire national. A cause de l'érosion, la perte annuelle en terre est évaluée à environ 37 millions de TM pour l'ensemble du pays soit une perte moyenne avoisinant 15 TM/ha/an à l'échelle du pays (Banque mondiale, 1990). D'après Lundhal (2011) durant la décennie 80, Haïti a perdu 6 000-10 000 hectares de terre arable et entre 6 000-15 000 hectares durant la décennie 90.

Durant la dernière décennie, soixante-cinq pour cent (65%) des terres cultivées en Haïti sont essentiellement situées sur les mornes avec des pentes supérieures à 20% où 85% des bassins versants sont dégradés. Avec un régime tropical des pluies avec averses de grande intensité, la

principale conséquence de cette situation est l'érosion des sols, dont résulterait une perte annuelle de productivité qui est estimée entre 0,5 et 1,2 %. D'autre part, les variations du régime pluviométrique, de la température, de la fréquence des tempêtes tropicales sont parmi tant d'autres signaux climatiques observés à travers le pays. Les scénarios établis en Haïti montrent d'ici à 2030 un accroissement de la température de 0.8<sup>0</sup>C à 1<sup>0</sup>C, une diminution de la pluviosité annuelle de 6 à 20%, un décalage de la saisonnalité des pluies et une augmentation du niveau moyen de la mer et une perte annuelle de productivité estimée entre 0,5 et 1,2 % (MARNDR, 2016).

## **2.3.- Ecologie du paysage**

### **2.3.1.- Émergence de l'écologie du paysage**

L'écologie du paysage est une jeune discipline écologique (Jaeger, 2000 ; Naveh, 2007) qui a été évoquée pour la première fois par le biogéographe allemand Carl Troll en 1939 (Burel et Baudry, 2001 ; Farina, 2006 ; Wiens *et al.*, 2006). Ce dernier avait pour objectif la combinaison de deux disciplines : la géographie et l'écologie, autrement dit relier les processus écologiques aux structures spatiales (Forman et Godron, 1986 ; Burel et Baudry, 2001 ; Farina, 2006 ; Havyarimana, 2015). Mais l'écologie du paysage était autrefois considérée comme une synthèse d'autres disciplines, sans concepts propres. De nos jours, elle a connu une montée fulgurante et est considérée comme une discipline mature à la suite d'une période de maturation et de développement de concepts et méthodes intrinsèques dans les années 1980, 1990 (Farina, 2014).

De nombreuses définitions ont été attribuées à la notion de l'écologie du paysage (Wu et Hobbs, 2007). Ainsi, elle se définit comme étant la science qui étudie la structure et la dynamique des mosaïques ainsi que leurs causes et conséquences écologiques (Bastian, 2001, Li *et al.*, 2001). Pour Antrop, (2001), elle étudie les interactions entre les processus écologiques et la structure du paysage. Selon Décamps et Décamps (2007) l'écologie du paysage cherche entre autres à comprendre les effets de l'organisation de l'espace sur les processus écologiques qui composent la dynamique des populations, des communautés ou des écosystèmes.

Bogaert & Mahamane, (2005) ont signalé que l'écologie du paysage cherche à comprendre et à expliquer la structure spatiale des paysages, le fonctionnement des paysage (les mécanismes et processus écologiques qui s'y déroulent), les qualités écologiques, économiques et sociales des

paysages, les fonctions diverses du paysage au profit de la société la dynamique spatio-temporelle des paysages.

### 2.3.2.- Définitions, échelles et éléments du paysage

#### 2.3.2.1.- Définitions

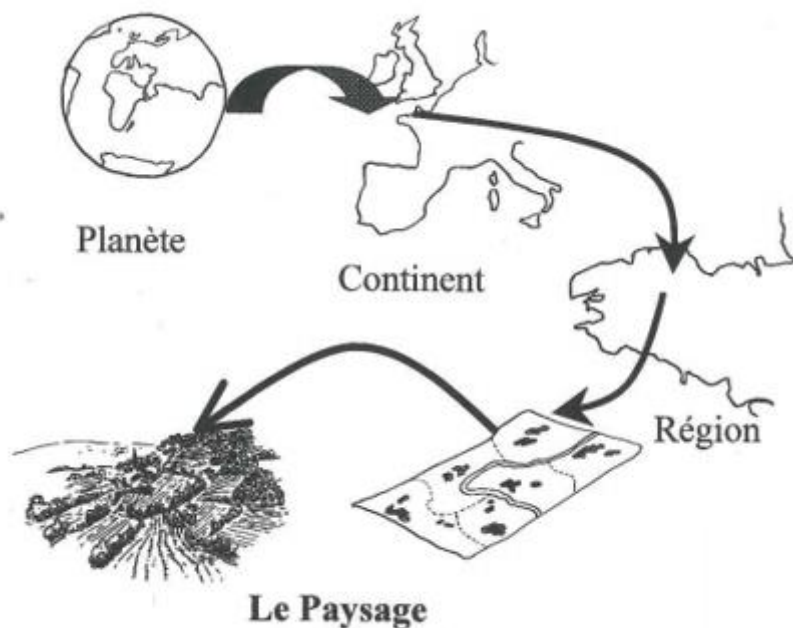
Dépendamment du contexte de recherche ou d'aménagement, le paysage peut avoir plusieurs définitions dans la discipline de l'écologie du paysage (Domont et Leduc 1994, Farina 1998). Bertrand (1975), Forman et Godron (1986) sont les premiers à avoir défini le paysage. Pour Bertrand, « *le paysage est un médiateur entre la nature et la société ayant pour base une portion d'espace matériel qui existe en tant que structure et système écologique, donc indépendamment de la perception* ». La définition de Forman et de Godron avoisine celle de Bertrand, selon lui, « *un paysage est une portion de territoire hétérogène composée d'ensembles d'écosystèmes en interaction qui se répètent de façon similaire dans l'espace* ». Par ailleurs, une synthèse des deux définitions a été proposée par Burel et Baudry en 2003, pour eux, le paysage est « *un niveau d'organisation des systèmes écologiques, supérieurs à l'écosystème qui est caractérisé essentiellement par son hétérogénéité et par sa dynamique gouvernée pour partie par les activités humaines* ».

#### 2.3.2.2.- L'échelle du paysage

Selon Meentemeyer & Box (1987), la taille des paysages varie et la définition des unités paysagères cause les problèmes d'échelle au cœur de la réflexion écologique. Ainsi, la définition adoptée par Burel & Baudry, (2003) qui met en évidence la dynamique et l'hétérogénéité des systèmes peut s'appliquer sur une grande gamme d'échelles, allant du continent au microsite. Cependant, dans le terme de paysage retenu en écologie du paysage, en raison de la prégnance des activités humaines ou de l'échelle de perception humaine, d'une part, il faut exclure les échelles de l'ordre de la région et du continent et d'autre part, les échelles très locales de l'ordre du m<sup>2</sup> par exemple (Burel & Baudry, 2003). Par ailleurs, Bogaert & Mahamane (2005) ont signalé qu'il est nécessaire que l'échelle d'étude soit en parfaite cohérence avec les caractéristiques du phénomène étudié. La théorie de la hiérarchie est appliquée par l'écologie du paysage (Forman, 1995, Burel et Baudry, 2003), plaçant ainsi le paysage au-dessus de l'écosystème (niveau d'organisation inférieur

au paysage) et en dessous de la région, du continent et de la planète (niveaux d'organisation supérieurs au paysage) (*figure 2*).

Dans ses recherches sur les échelles du paysage, Bailey (1985) a identifié 3 échelles d'études des écosystèmes qui sont liées entre elles. Premièrement, les « sites » qui sont synonymes de microécosystèmes et s'étend sur quelques hectares. Deuxièmement, la « landscape mosaic », qui est constituée de « sites » contigus et qui se mesure entre une dizaine et plusieurs centaines de kilomètres carrés. Et enfin, la « landscape region » constituée de plusieurs paysages connectés et qui peut atteindre des tailles très diverses. Ces différentes échelles sont unies par des relations fonctionnelles. La connaissance de ces relations permet la gestion rationnelle des écosystèmes et donc les paysages (Bailey, 1985).

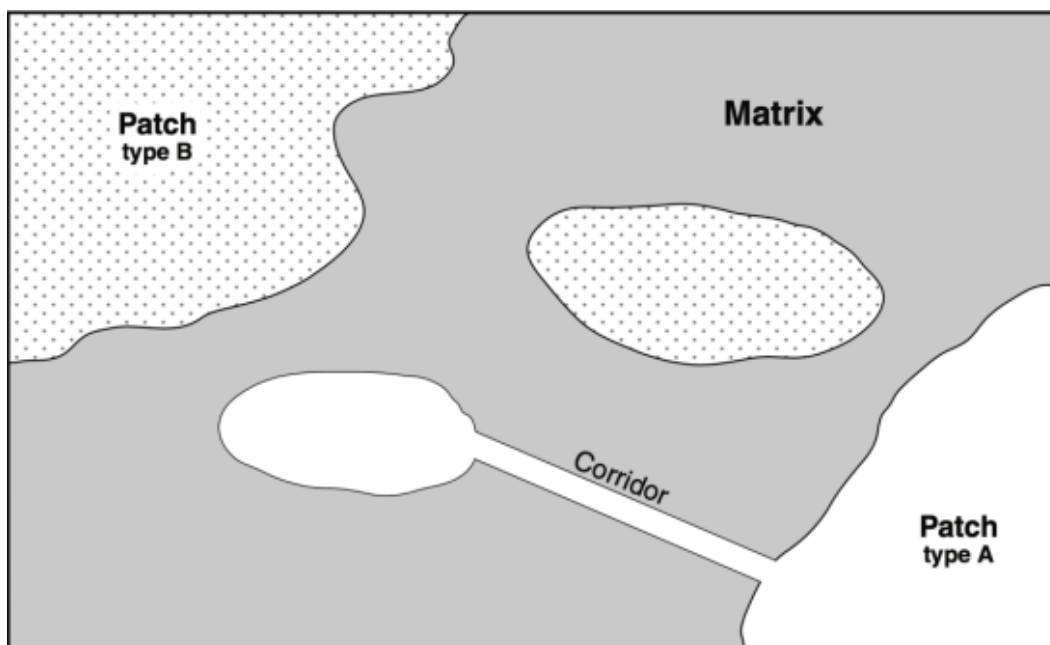


*Figure 2 : le paysage, niveau d'organisation des systèmes écologiques situés au-dessus de l'écosystème, mais en dessous de la région et du continent (Forman, 1995)*

#### 2.3.2.3. Les éléments du paysage

En écologie du paysage, un modèle a été développé par Forman (1995) dans lequel le paysage est comme des mosaïques constituées de trois catégories d'éléments, à savoir : les taches ou fragments, les corridors et la matrice. Modèle « patch-corridor-matrix » est le nom désigné à cette subdivision (*figure 3*) (Forman, 1995 ; Bogaert *et al.*, 1999 ; Burel et Baudry, 2003). D'abord,

les taches qui ont été définies par Forman (1995) comme étant des mosaïques d'unités fonctionnelles ou unités élémentaires d'un paysage, des écosystèmes différents de leur environnement. Elles peuvent varier en forme, en taille et en caractéristiques de leurs frontières. L'ensemble formé par les taches ayant des caractéristiques similaires pour le processus considéré est connu sous le nom de « type » ou « classe ». Pour Iorgulescu et Schlaepfer (2002), la matrice représente le type le plus répandu et le moins fragmenté parmi les types. Ensuite, les corridors qui sont des unités ou des taches caractérisées par une forme linéaire ou allongée assurant la connectivité entre deux ou plusieurs taches de même nature. Ils remplissent des fonctions écologiques de passages, de filtre ou de barrière en améliorant ainsi la mobilité des espèces à travers la matrice (Tews *et al.*, 2004). L'ensemble des corridors constitue un réseau et l'ensemble des taches forme une mosaïque lorsqu'il n'y a pas dominance spécifique de ces derniers dans le paysage. Enfin, La matrice du paysage constitue le type de tache dominant, le plus étendu et le plus connecté du paysage (Forman, 1995).

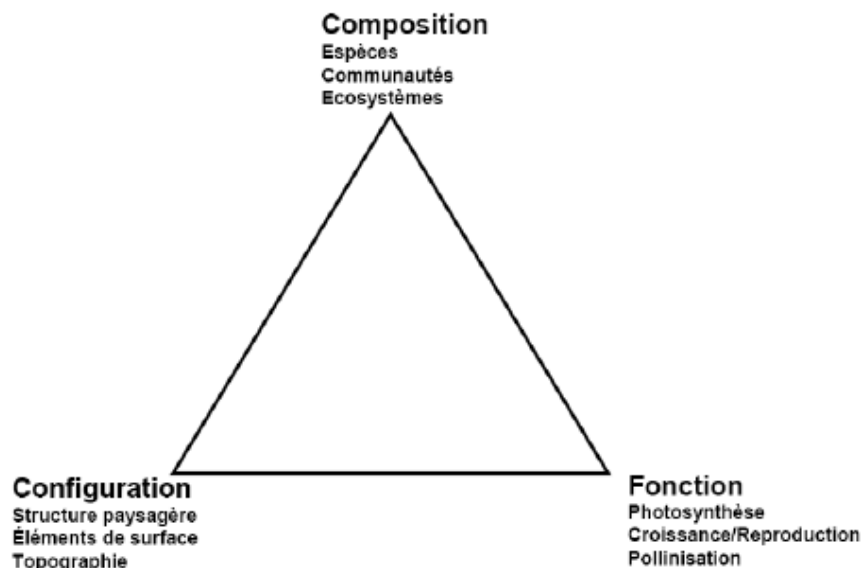


*Figure 3 : Une perspective paysagère basée sur le modèle Patch-matrice-corridor (Sensu Forman, 1995). Ici, le paysage est constitué de deux types de taches (A et B) et une vaste matrice de fond, et les taches de type A sont connectées par un corridor.*

#### 2.2.4.- Importance de la structure spatiale en écologie du paysage

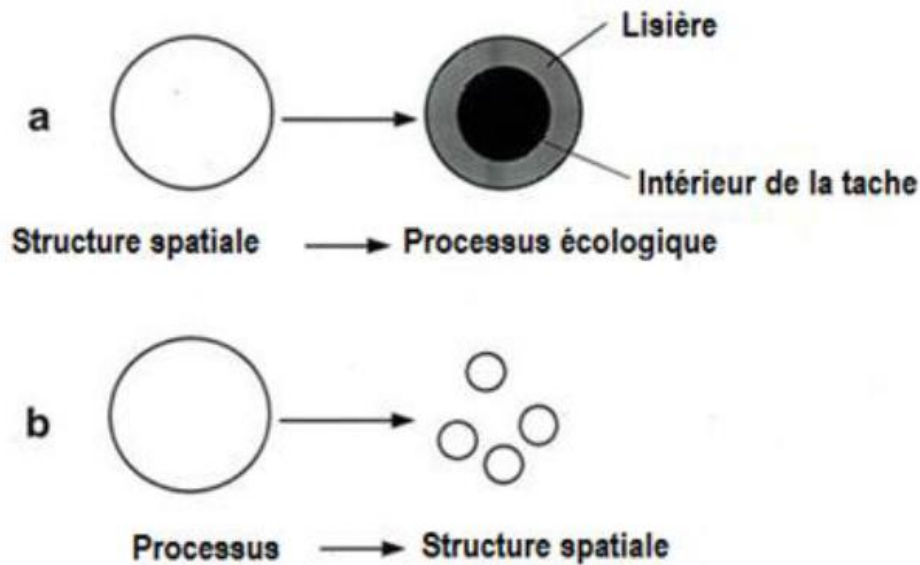
Pour expliquer les processus écologiques, plusieurs auteurs (Bogaert & Mahamane, 2005 ; Bamba, 2010) sont unanimes sur l'importance de la structure spatiale du paysage. Chaque système écologique est caractérisé par une interdépendance de trois éléments fondamentaux : sa configuration, sa composition et son fonctionnement (figure 4) (Noon & Dale, 2002 ; Bastin *et al.*, 2011). Par conséquent, un changement de l'un de ces éléments entraînera des répercussions sur les deux autres. Bogaert & Mahamane (2005) affirment que chaque élément pris individuellement est nécessaire mais pas suffisant pour caractériser l'état d'un système. Ces caractéristiques confèrent un caractère unique à chaque paysage et elles influencent le comportement des espèces, des populations et des communautés. Ainsi, en analysant les structures du paysage et leur dynamique, des déductions utiles au sujet des processus écologiques fondamentaux peuvent être faites, et vice versa (Coulson *et al.*, 1999 ; Bogaert *et al.*, 2004).

Cette relation constitue l'hypothèse centrale de l'écologie du paysage, le « *Pattern/process paradigm* », selon lequel les processus paysagers et écologiques dépendent des patrons spatiaux et vice versa (Forman & Godron, 1986 ; Bogaert & André, 2013). D'après Koffi *et al.* (2007), Cette puissante connexion permet d'étudier la structure spatiale des éléments du paysage pour déduire les fonctionnements écologiques qui communiquent la répartition spatiale ou temporelle des organismes de différentes espèces. Kong *et al.* (2014) admettent que cela pourrait présenter un grand intérêt pour l'aménagement du territoire, par exemple la conception des réseaux de services écosystémiques en zone (péri)urbaine, comme des espaces verts pour atténuer l'îlot de chaleur urbain.



*Figure 4 : Les éléments clés de chaque système écologique, applicable à chaque échelle spatio-temporelle : la configuration, la composition et les fonctions présentes dans le paysage. Les éléments sont connectés par un triangle équilatéral pour illustrer leur interdépendance (Noon & Dale, 2002).*

Dans un système écologique, La configuration du paysage est fonction de la composition du paysage et se réfère à l'arrangement spatial et à la géométrie des taches (formes, tailles, densité et dispersion des taches). Par ailleurs, La composition se réfère au nombre de types de taches présents dans le paysage et à leur superficie. Le fonctionnement est conditionné par les processus spatiaux, biologiques et écologiques (Noon & Dale, 2002 ; Bastin *et al.*, 2011 ; Bogaert *et al.*, 2014). Les processus écologiques qui sont à l'origine de l'organisation d'un paysage peuvent être déduits à partir d'une analyse de la structure spatiale du paysage et de sa dynamique (Coulson *et al.*, 1999 ; Noon & Dale, 2002 ; Antrop, 2001 ; Bogaert & Mahamane, 2005 ; Bogaert *et al.*, 2014). Il y a un lien direct entre la structure spatiale du paysage et son fonctionnement (écologique) (Bogaert & Mahamane, 2005). Tout changement de la composition et/ou la configuration entraîne une modification du fonctionnement écologique du paysage (Koffi, 2008).



*Figure 5 : Illustration du pattern/process paradigm : a) processus (écologique) du paysage altéré par la structure spatiale. Ex : présence d'habitat de lisière et de l'intérieur dû à l'effet de lisière, sont observés pour des taches individuelles résultant de la fragmentation du paysage ; b) la structure du paysage est supposée résulter des processus (écologiques). Ex : la fragmentation transforme l'habitat continu en taches d'habitats isolés (Koffi, 2008 modifié).*

#### 2.2.5.- Analyse de la dynamique paysagère

Bamba (2010) a souligné que le paysage est sujet à des modifications qui peuvent être d'origines diverses comme les successions écologiques et les perturbations naturelles ou anthropiques. Ces modifications sont étudiées à travers la dynamique paysagère qui consiste à faire une analyse diachronique du paysage. Cette analyse permet de déterminer les différents changements intervenus dans le temps au niveau du paysage (figure 6). Les indices du paysage, et d'autres outils dont l'arbre de décision de Bogaert et *al.* (2004) sont des outils à prendre en compte dans l'analyse de la dynamique paysagère.



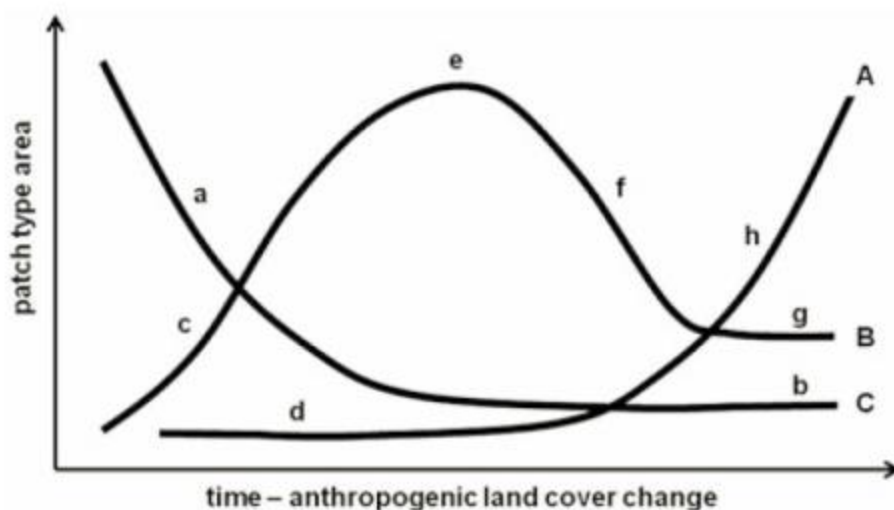


Figure 6 : *Perspective historique des dynamiques paysagères typiques (modèle théorique)*. Les types de parcelles naturelles initiales (C) ont diminué dans la zone (a) après l'invention de la culture et n'ont été que partiellement conservées (b). Les types de parcelles agricoles (B) ont augmenté (c) après l'invention de l'agriculture et sont devenus dominants (e). La diminution des types de parcelles agricoles (f) et leurs plus petites étendues finales (g) ont été causées par la croissance urbaine (A) qui s'est accélérée (h) en raison de l'exode rural continu et de la croissance intrinsèque de la population urbaine après une première période de peuplement (d). Les tendances indiquées ne doivent pas être interprétées quantitativement, car leurs amplitudes ne sont pas représentatives et ne visent qu'à illustrer les dynamiques paysagères attendues. Modèle principalement inspiré des paysages de l'hémisphère nord (Bogaert et al., 2004)

#### 2.2.5.1.- Notion d'indices de structure spatiale du paysage

En écologie du paysage, quantifier l'hétérogénéité de l'environnement a toujours été un objectif (Lobo et al., 1998 ; Tischendorf, 2001). En effet, la quantification de la structure du paysage est nécessaire pour étudier les changements et les fonctions écologiques (Gustafson et Parker, 1992). En raison de cela, plusieurs indices de structure spatiale ont été développés afin de décrire l'organisation spatiale des paysages (Bogaert et al., 2002a-b ; Liu et al., 2010 ; Su et al., 2012). Bogaert et al. (2014) avancent que lorsque ces indices sont appliqués à des données multi-échelles ou multi-temporelles, ils peuvent donc être utilisés pour l'analyse et la description du changement du degré d'hétérogénéité spatiale d'un paysage.

Pour Turneur et al. (1989), un grand nombre d'indices peut être calculé au niveau des taches, des classes voire le paysage tout entier afin de décrire l'organisation spatiale du paysage.

Farina (2000) montre que la mesure de la structure spatiale du paysage peut être réalisée en utilisant soit les statistiques et s'exprimer en termes d'unités de paysage, soit par le rapport spatial entre les taches d'un paysage de la matrice de ce même paysage. Ces indices sont souvent un indicateur de l'impact de l'activité humaine sur la morphologie du paysage (Krummel et *al.*, 1987 ; Bamba et *al.*, 2008 ; Bogaert et *al.*, 2014). Les mesures de composition et de configuration sont considérées par Bamba (2010) comme étant des outils qui caractérisent les propriétés géométriques et spatiales d'une tache ou d'une mosaïque de taches.

#### 2.2.5.2- Matrice de transition

La matrice de transition est une méthode utilisée pour décrire de manière condensée les changements d'occupation de sol pendant une période déterminée. Entre autres, elle permet d'évaluer les changements de la composition du paysage (Bamba et *al.*, 2008 ; Bogaert et *al.*, 2011a ; Bogaert et *al.*, 2014). Elle se présente sous forme d'une matrice carrée. Par ailleurs, les informations concernant la distribution spatiale des changements ainsi que leurs causes ne figurent pas dans la matrice de transition. Cette dernière prend uniquement en considération des états des éléments aux temps initial et final (Schlaepfer, 2002 ; Pontius et *al.*, 2004, Bamba, 2010) qui peut être obtenue en superposant des cartes d'occupation de sol (Useni et *al.*, 2017).

En 2010, Bamba a fait une représentation de la matrice de transition à l'aide d'un exemple constitué de trois classes d'occupation du sol : forêt, savane et champs entre les temps  $T_0$  et  $T_1$  (tableau 1). La matrice obtenue par suite d'une opération de superposition des deux cartes est représentée ainsi :

- les colonnes représentent les états d'occupation du sol au temps  $T_1$  et les lignes correspondent aux états au temps  $T_0$  ;
- le contenu des cellules représente la surface (en valeur absolue ou en valeur relative) du type d'occupation  $i$  au temps  $T_0$  ayant passé au type d'occupation  $j$  au temps  $T_1$  ; les changements se font donc de la ligne  $i$  vers la colonne  $j$  ;
- la somme des lignes représente la surface totale de la catégorie  $i$  d'occupation du sol au temps  $T_0$  et la somme des colonnes équivaut à la surface totale de la catégorie  $j$  d'occupation du sol au temps  $T_1$  ;

- les cellules de la diagonale (en gras) correspondent aux surfaces n'ayant pas modifié leur état entre  $T_0$  et  $T_1$ .
- les éléments hors de la diagonale représentent les changements d'occupation du sol. Ce sont ces valeurs qui indiquent la dynamique opérée dans le paysage entre ces deux temps.

*Tableau 1:* Exemple de matrice de transition. Les valeurs sont exprimées en pourcentage (Bamba, 2010).

Etat j à T1 Etat i à T0	Etat 1 forêt	Etat 2 savane	Etat 3 champs	Somme des lignes
Etat1 forêt	25	10	15	50
Etat 2 savane	1	19	10	30
Etat 3 champs	0	9	11	20
Somme des colonnes	26	38	36	100

### 2.2.5.3.- Processus de transformation spatiale

L'étude des processus de transformation spatiale est une approche complémentaire permettant d'analyser la dynamique structurelle de l'occupation du sol (Forman,1997) par l'utilisation de (i) la surface des taches, (ii) le périmètre des taches et le nombre de taches (Bogaert *et al.*, 2004). Ces derniers sont les principaux éléments utilisés pour décrire la configuration paysagère par l'utilisation de l'arbre de décision de Bogaert *et al.*, 2004 (figure 7). La réalisation de cet arbre de décision nécessite deux cartes d'occupation du sol suivant une analyse diachronique qui se fait par type de taches (Bogaert *et al.*, 2004). Ainsi, des comparaisons entre le nombre de tache, l'aire et le périmètre du type de tache avant et après la transformation ont été utilisées par ce modèle afin de déterminer le processus de transformation spatiale (Barima *et al.* 2009 ; Diallo *et al.* 2011 ; Bogaert *et al.* 2014).

Cet arbre de décision qui est largement utilisé en écologie du paysage synthétise les changements en une dizaine de processus de transformation spatiales pour un paysage composé de deux classes d'occupation du sol. L'agrégation, la création, la dissection, la fragmentation, la suppression, la perforation, le rétrécissement, la dissection, la déformation et le déplacement sont les principaux processus de transformation spatiale définis par l'arbre de décision de Bogaert *et al.*

al., 2004. Parmi ces 10 processus, la suppression, la dissection, la fragmentation, la déformation, la perforation et/ou le rétrécissement sont les processus de transformation spatiale caractéristiques des types de taches naturelles. Cependant, la création, l'agrégation, la déformation, l'agrandissement et/ou le déplacement caractérisent les taches reflétant les activités humaines (Bogaert et al., 2011b).

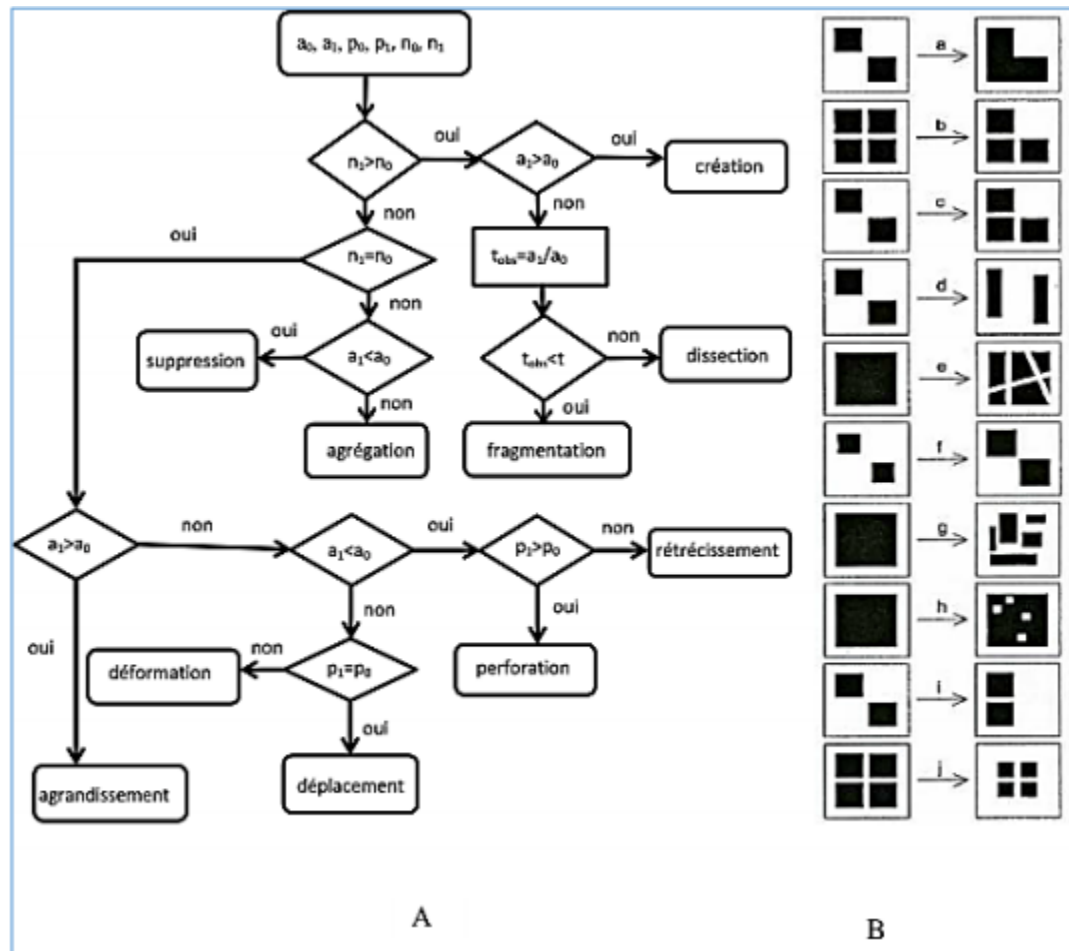
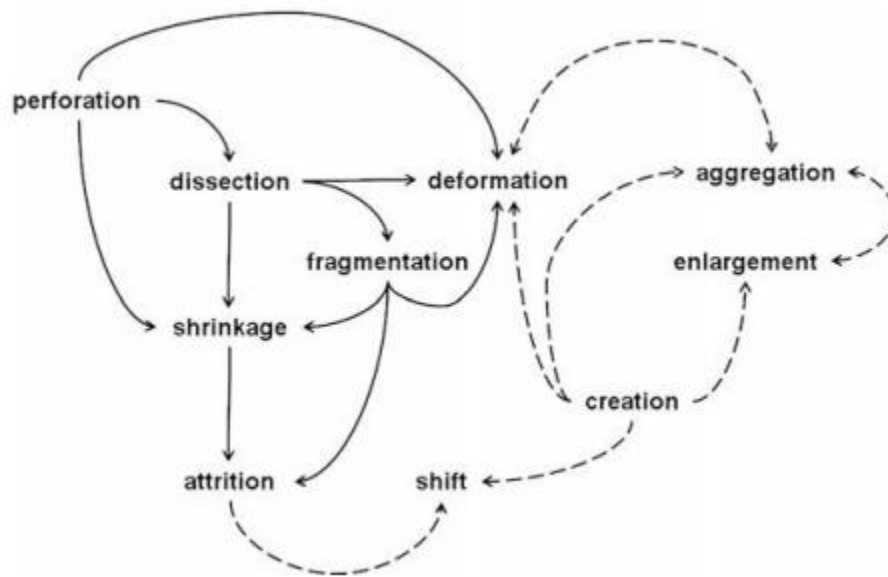


Figure 7 : Méthode d'identification des processus de transformation spatiale. A : identification du processus de transformation spatiale sur la base de l'aire (a), le périmètre (p) et le nombre de taches (n) du type considéré avant (temps 0) et après (temps 1) la transformation. La distinction entre fragmentation et dissection se fait en utilisant une valeur seuil prédéfinie de diminution d'aire (t). B : diagramme représentatif des 10 processus de transformation spatiale : a, b, c...j représentent respectivement les processus d'agrégation, suppression (attrition), création, déformation, dissection, agrandissement (enlargement), fragmentation, perforation, déplacement (shift) et rétrécissement (shrinkage) (Bogaert et al., 2004).

Les processus de transformation spatiale évoqués précédemment présentent souvent des séquences bien définies selon Forman (1995). Cela signifie que la fragmentation est généralement précédée de la dissection et/ou de la perforation, suivie d'un rétrécissement et d'une suppression alors que la création est souvent suivie d'un agrandissement qui, à son tour, pourrait conduire à l'agrégation (figure 8). Néanmoins, il ne faut pas exclure d'autres séquences puisque la détermination de ces processus peut être influencée par la résolution temporelle des données et que les longues périodes peuvent cacher une série de processus (Bogaert et al., 2004)



*Figure 8 : Les processus de transformation spatiale généralement observés pour les types de taches naturelles (traits continu) et anthropiques (traits discontinus). Les flèches indiquent les relations causales et leur évolution séquentielle dans le temps (Bogaert et al., 2011a ; 2014)*

### III.- MILIEU D'ÉTUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1.- Milieu d'étude : la plaine de Maribahoux

Dans cette étude, les éléments essentiels qui ont permis de réaliser la description de la zone d'étude sont les caractéristiques biophysiques et socioéconomiques.

##### 3.1.1.- Contexte biophysique

Maribahoux, l'une des plaines agricoles d'Haïti est localisée dans le Nord-Est du pays (figure 9). Elle s'étend le long de la frontière Haïtiano-Dominicaine. Baignée au nord par l'Océan Atlantique, la Plaine de Maribahoux est située entre 19°31' et 19°43' de latitude Nord, 70°41'12" et 71°52'30" de longitude ouest. Elle est séparée de la République Dominicaine sur son côté Est par la rivière Massacre (SOHITRA, 2011). La plaine est composée de deux sections communales : la section communale de Bas Maribahoux et la section communale de Haut Maribahoux (IHSI, 2015).

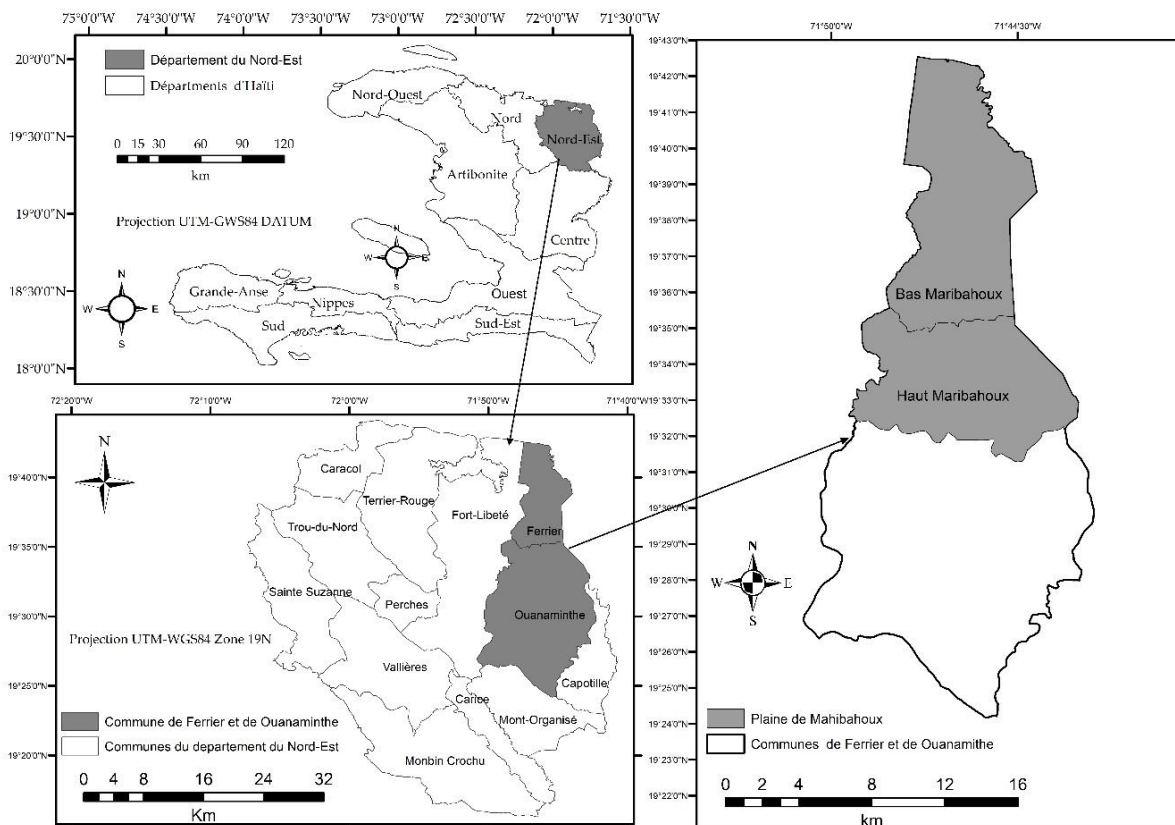


Figure 9: Localisation de la Plaine de Maribahoux au niveau des communes de Ferrier et de Ouanaminthe situées dans le département du Nord-Est d'Haïti.

La plaine de Maribahoux est caractérisée par un climat de type tropical. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat de la plaine est de type AW (figure 10) caractérisé par une température annuelle moyenne de 25,5 °C et des précipitations annuelles moyennes de 855 mm. Avec une température moyenne de 28,0 °C, le mois d’Août représente le mois le plus chaud de l’année tandis que le mois le plus froid de l’année est celui de janvier avec une température moyenne de 23,1 °C. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide sur l’ensemble de l’année est de 100 mm alors que celle des températures est de 4,9 °C. La plaine reçoit moins de précipitations en hiver qu’en été. En effet, les précipitations les plus élevées sont enregistrées en mai avec une moyenne de 131 mm et le mois le plus sec est celui de février avec une moyenne de 26 mm (<https://fr.climate-data.org/amerique-du-nord/haiti/nord-est-department/ouanaminthe-764325/>).

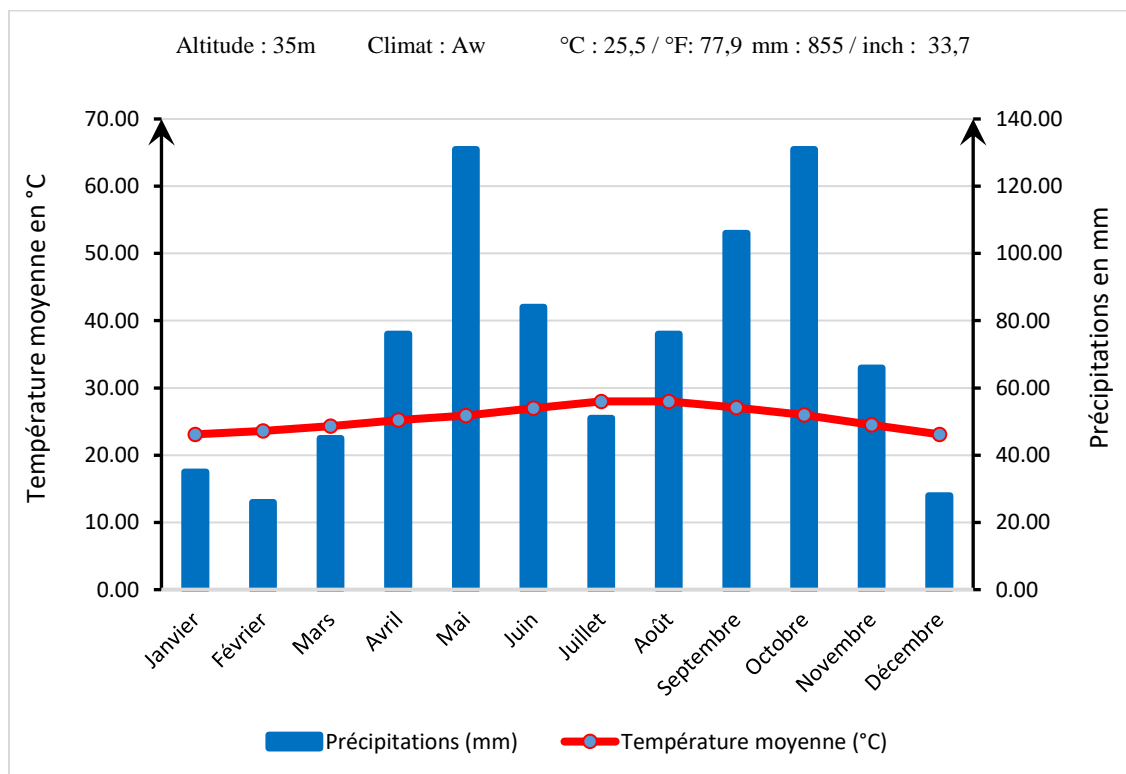


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la commune de Ouanaminthe. <https://fr.climate-data.org/amerique-du-nord/haiti/nord-est-department/ouanaminthe-764325/>. Les diagrammes en bleu présentent l’évolution et la courbe en rouge exprime celle des températures allant de janvier à décembre

La végétation de la zone d’étude est caractérisée par une très grande diversité biologique. Parmi les formations végétales, les principaux types sont les suivants :

- Une forêt de campêche (*Haematoxylum campechianum L.*) à Robineau qui s'étend sur une superficie de 12,3 ha environ (Saint-Vil, 2009) ;
- Des peuplements de bayahonde (*Prosopis juliflora (Sw.) DC.*) qui occupent une bonne partie de la végétation ligneuse ;
- Des végétations herbeuses qui apparaisse spontanément à la suite de perturbation des *Prosopis juliflora* ;
- Un jardin botanique composé d'arbres fruitiers, de plantes ornementales, de plantes forestières, de plantes médicinales, etc.
- Des systèmes agroforestiers constitués essentiellement d'arbre fruitiers (de manguier (*Mangifera indica L.*), de noix d'acajou (*Anacardium occidentale L.*), d'avocatier (*Persea americana Mill*), de goyaviers (*Psidium guajava L*) etc.), d'arbres forestiers (le chêne (*Catalpa longissima Jacq*), le neem (*Azadirachta indica L.*), et de cultures saisonnières (le pois inconnu (*Pisum sativum L.*), le pois Congo (*Cajanus cajan L.*), le maïs (*Zea mays L.*), la patate douce (*Ipomoea batatas L.*), l'arachide (*Arachis hypogaea L.*) etc.) (Plan de développement de Ouanaminthe, 2005).

Le réseau hydrographique de la Plaine de Maribahoux est alimenté par cinq (5) grandes rivières : Jassa, Lamatry, Canary, Sable et Massacre (figure 11). Il est séparé en deux zones par la route nationale numéro six (RN6). Les rivières qui constituent ce réseau présentent des débits allant de 0.080m<sup>3</sup>/s à 4.624m<sup>3</sup>/s. Ces rivières traversent les deux sections communales formant la plaine (MARNDR, 2015). Durant les périodes pluvieuses, les crues de ces rivières occasionnent la destruction des maisons, des berges et des plantations. Il est à noter qu'il existe également des sources et des lagons au niveau de la première section communale de Haut Maribahoux (MARNDR, 2015).



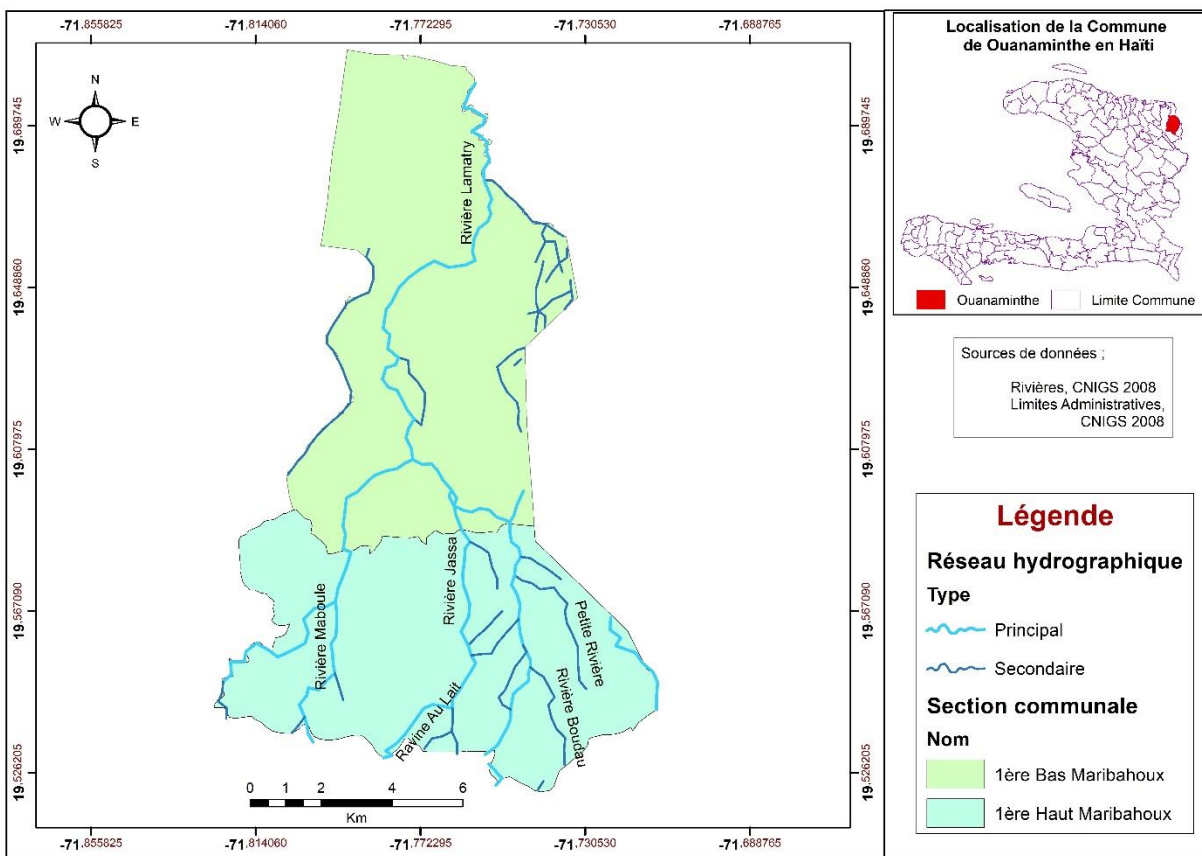


Figure 11 : Réseau hydrographique de la plaine de Maribahoux

La Plaine de Maribahoux présente une topographie plane ondulée avec des pentes qui varient entre 0 à 4% (SOHITRA, 2011). Les sols de la plaine sont riches, profonds et ils ont une texture franche, ce qui font d'eux des sols favorables à l'agriculture. La plaine est constituée de sols peu évolués de type alluvionnaire qui proviennent des dépôts laissés par le passage des rivières traversant la plaine (Victor, 2012). Chaque année, en saison pluvieuse, les sols sont soumis aux mouvements de la nappe et à l'inondation (MARNDR, 2015).

### 3.1.2.- Activités économiques

L'économie de la plaine de Maribahoux repose essentiellement sur le commerce et l'agriculture. Ces deux grandes activités sont pratiquées par 75 % à 90 % des chefs de ménages sur les deux sections communales qui constituent la plaine (Haut et Bas Maribahoux) (SOHITRA, 2011). Autrefois, l'agriculture et l'élevage constituaient la principale source de revenu des habitants de la plaine. Cette dernière était considérée comme l'un des greniers de l'arrière du pays

(Mairie de Ouanaminthe, 2014). Les exploitations agricoles sont dominées par les céréales : riz (*Oryza sativa*) et maïs (*Zea mays L.*) ; les légumineuses : haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) et pois congo (*Cajanus cajan*) ; les cultures légumières : tomate (*Solanum lycopersicum*,) et aubergine (*Solanum melongena*) et les tubercules : patate douce (*Ipomoea batatas L.*) ; Manioc (*Manihot esculenta*) ; taro (*Colocasia esculenta*) et igname (*Dioscorea alata*) et autres cultures. L'élevage libre est la forme la plus répandue et il regroupe les (bovins, caprins, porcins, ovins, équins et les volailles) (MARNDR, 2015). À l'heure actuelle, les principales sources de revenu des habitants de la plaine de Maribahoux deviennent le commerce et les services (Mairie de Ouanaminthe, 2014).

Cependant, il faut noter qu'il existe certaines particularités entre les deux sections communales de la plaine de Maribahoux. En effet, à Bas Maribahoux, l'agriculture reste l'activité dominante en raison particulièrement de la présence de certaines entreprises agricoles. Parmi ces entreprises, d'une part il y a Riz Jackito et Francisque Kendy entreprise qui exploitent de grandes superficies pour la culture, la transformation et la commercialisation du riz. D'autre part, le Collectif de Lutte contre l'Exclusion Sociale (CLES) qui achète le riz paddy auprès des exploitants afin d'assurer la transformation et la commercialisation (MARNDR, 2015).

A contrario, la section communale de Haut Maribahoux est dominée par le commerce et les services. Elle est caractérisée surtout par le marché binational, entre la République Dominicaine et la ville de Ouanaminthe. En effet, le volume global des échanges effectués par jour de fonctionnement du marché (lundi et vendredi) est estimé à un (1) million de dollars américain (Saint-Vil, 2009). De plus, elle abrite plusieurs centres industriels dont le plus important est le parc industriel de CODEVI S.A. Implanté depuis 2003, la Compagnie de Développement Industriel (CODEVI) emploie actuellement environ 3000 employés (Mairie de Ouanaminthe, 2014). Il existe également dans la commune de petites unités de transformation de céréales, de légumineuses et de produits laitiers et des boulangeries (MARNDR, 2015). Haut Maribahoux abrite quelques entreprises commerciales spécialisées notamment dans le secteur pétrolier, les matériaux de construction. Toutefois, le secteur des services ne cesse de croître avec des restaurants, des salons de coiffure, des blanchisseries, des hôtels et des motels, etc. La vie économique est animée par trois marchés, des supermarchés et des boutiques, quatre banques commerciales et des dizaines d'institutions financières de microcrédit (Saint-Vil, 2009).

### 3.1.3.- Démographie et urbanisation

La plaine de Maribahoux occupe une superficie de 122,66 km<sup>2</sup>. Suivant les estimations de 2015 de l'Institut Haïtien de Statistiques et d'Informatique (IHSI), la population de la Plaine de Maribahoux était estimée à 98 917 habitants. Elle s'étend sur deux sections communales, la section communale de Bas Maribahoux de la commune de Ferrier et la section communale de Haut Maribahoux faisant partie de la commune de Ouanaminthe.

Bas Maribahoux est l'unique section communale de Ferrier (70 km<sup>2</sup>). Elle s'étale sur une superficie de 70 km<sup>2</sup>. En 2015, sa population a été estimée à 14 642 habitants dont 8 927 en milieu urbain (IHSI, 2015). Cependant, Haut Maribahoux est la première section communale de Ouanaminthe. Elle a été habitée par 84 275 habitants pour une superficie de 52,66 km<sup>2</sup>. La population urbaine a été estimée à 70 905 habitants en 2015 pour une superficie de 3,14 km<sup>2</sup> (IHSI, 2015).

## 3.2.- Matériels et méthodes

### 3.2.1.-Choix et acquisition des images

Trois images satellitaires de type Landsat de 30 mètres de résolution ont été acquises pour les années de 1986, 2002 et 2021. L'acquisition de ces images a été faite durant la saison sèche afin de minimiser l'effet des nuages et de leurs ombres (Clericietal.,2006). Le choix de ces images a été fait en fonction de la disponibilité et de la qualité des données. Par ailleurs, le choix des dates d'acquisition a été fait en fonction des différents événements socio-économiques et politiques du pays ayant un impact sur la zone d'étude : (i) (1986-2002) : période marquée par la chute du régime duvaliérisme en 1986 suivie par la période de forte migration vers la ville de Ouanaminthe à la suite de l'embargo (1991-1994) durant laquelle la ville était devenue l'un des principaux points d'achats commerciaux, (ii) (2002-2021) : marquée par l'installation d'une Zone Franche Industrielle de la CODEVI à Haut Maribahoux (2003-2006) suivie de l'afflux migratoire à la suite du tremblement de terre et la période de sécheresse (2010-2021). Un GPS a été utilisé pour la vérification des classes d'occupation du sol sur le terrain. Le traitement des données recueillies a été fait en utilisant le logiciel ENVI 4.7 et la cartographie sur le logiciel ArcGIS de version 10.2.

### 3.2.2.- Prétraitement des images

Les images Landsat ont été reprojctées dans le système de coordonnées WGS-84 en se basant sur le système de projection Universel Transverse de Mercator (UTM) zone 19 N qui correspond à la Plaine de Maribahoux. La reprojection des images a permis d'uniformiser le système des coordonnées et de faciliter ainsi la superposition de toutes les images qui ont été utilisées (Biabou et *al.*, 2019). Par la suite, l'orthorectification des images les plus anciennes a été réalisée en référence à l'image la plus récente (2021) à partir des points de contrôle de terrain invariants qui ont été pris au niveau des zones de référence bien répartis dans toute la zone d'étude (Barima et *al.*, 2009). Enfin, une correction radiométrique des images Landsat utilisées a été réalisée à travers des méthodes de régression linéaire basées sur des invariants radiométriques. Cette correction radiométrique a été réalisée afin de rendre les images comparables (Song et *al.*, 2001 ; Coppin et *al.*, 2004).

### 3.2.2.-Classification des images Landsat

Des compositions colorées en fausse couleur ont été créées sur les images isolées de la zone d'étude en combinant les bandes spectrales vert, rouge et proche d'infrarouge. Les deux dernières sont les plus utilisées car elles sont les mieux adaptées pour la discrimination de la végétation (Vital, 2008 ; Barima et *al.*, 2009). La présence de végétation dense est traduite par des couleurs tendant vers le rouge alors que la présence de sol nu est marquée par des couleurs de plus en plus blanches (Tamia et *al.*, 2017). Les zones d'entraînement ont été délimitées lors des travaux de terrain sous forme de polygone correspondant à chacune des classes d'occupation du sol identifiées sur le terrain ont été ainsi réalisées à l'aide d'un GPS de type Gamin 66s (précision 3 m). Chaque parcelle a fait l'objet d'une description du milieu de référence. L'ensemble des parcelles prélevées (525) a été scindé en deux groupes de données : Un premier groupe (315) a servi à la classification supervisée et le deuxième groupe (210) à la validation de la classification des images.

L'occupation du sol de la plaine de Maribahoux a été définie lors des travaux de terrain effectués durant les mois de mars à juin 2022. Toutefois, à partir des connaissances du milieu d'étude et en fonction de visionnage du Google Earth de décembre 2021, neuf classes d'occupation du sol ont été préalablement identifiées dans la plaine de Maribahoux : jachère, de pâturage, des cultures, des systèmes agroforestiers, des végétations ligneuses, savanes arbustives, des

végétations herbeuses, des sols nus, des habitats, des routes, des rivières, des étangs. Pour mieux caractériser la dynamique spatiale de la plaine, les différentes classes d'occupation du sol ont été regroupées en cinq catégories : champs (jachère, des cultures, pâturage et des systèmes agroforestiers), habitat et sol nu (de sols nus, des habitats, des routes), eau (rivières et étangs), végétation herbeuse et végétation ligneuse (végétation ligneuse et savanes arbustives) (tableau 2).

Tableau 2 : Définition des classes d'occupation du sol de la plaine de Maribahoux

Occupation du sol	Descriptions	Photos
Champs	Cette classe regroupe les terres cultivées, les terres en jachère, les systèmes agroforestiers et les terres utilisées pour le pâturage	 
Végétation ligneuse	Ensemble formé par le forêt de campêche, des savanes arbustives (formées essentiellement de <i>Prosopis juliflora</i> ) et d'autres espèces	
Bâti et sol nu	Il s'agit des habitats, des routes et des sols nus	 
Végétation herbeuse	Cette catégorie fait référence à la levée spontanée des herbes à la suite de la perturbation des savanes arbustives	
Eau	Dans cette catégorie, il y a les rivières et étangs	

### 3.2.3.- Classifications des images et évaluation de la fiabilité

L'algorithme de classification selon le maximum de vraisemblance a été appliqué sur le terrain pour la réalisation des classifications supervisées des différentes images colorées de la zone d'études. L'application de cet algorithme présente l'avantage de fournir pour chaque pixel, un indice de certitude lié à ce choix, en plus de la classe à laquelle est liée cette attribution (Mas, 2000).

Par la suite, l'évaluation de la fiabilité de la classification supervisée des différentes images Landsat a été réalisée à partir du coefficient Kappa et de la précision globale. Ces derniers sont issus des matrices de confusion qui ont été créées. Il est à noter que le coefficient Kappa est défini comme étant le rapport entre le nombre de pixels bien classés et le nombre total de pixels sondés à lorsque la précision globale est la proportion de pixels bien classés calculée en pourcentage (Pontius, 2000). Ces deux indices sont reconnus pour être appropriés pour la validation des classifications supervisées. Le coefficient de Kappa est compris entre 0 à 1 ; de 0 à 0,20, il est très faible, de 0,21 à 0,40 il est faible, de 0,41 à 0,60 il est modéré, 0,61 à 0,80 il est important et de 0,81 à 1 il est dit parfait (Landis & Koch, 1977).

### 3.2.4.- Détection des changements

L'impact humain sur la morphologie du paysage de la Plaine de Maribahoux et de ses deux sections communales a été mis en évidence à partir du calcul des indices de structures spatiales. Il s'agit de (i) l'aire totale ( $a_{tot}$ ), (ii) nombre de tache ( $n$ ), (iii) l'indice de dominance ( $D$ ) de la grande tache au sein d'une classe de l'occupation du sol défini comme le rapport entre l'aire de la plus grande tache de la classe d'occupation du sol et l'aire totale de la classe (McGarical & Cushman, 2002), allant de 0 à 100 exprime le niveau de fragmentation d'une classe d'occupation du sol. En effet, une classe d'occupation du sol est considérée comme très fragmentée lorsque la valeur de dominance de la plus grande tache tend vers 0 ; inversement la fragmentation d'une classe d'occupation du sol est très importante lorsque cette valeur tend vers 0 (Bogaert *et al.*, 2002) et (iv) de l'indice de perturbation ( $U$ ) défini par O'Neill *et al* (1988) comme étant le rapport de l'aire cumulative des classes anthropiques et de l'aire cumulative des classes naturelles.

Par ailleurs, l'arbre dichotomique proposé par Bogaert *et al.*, (2004) a été utilisé afin de définir le processus de transformation spatiale qui est à la base des changements au sein des

différentes classes de l'occupation du sol qui ont été retenues pour cette étude. Pour ce faire, cet arbre s'appuie essentiellement sur les principaux éléments de la configuration du paysage qui sont entre autres l'aire totale des taches, le nombre et le périmètre de taches. Il permet ainsi de définir 10 processus, à savoir l'agrégation, la création, l'agrandissement, la suppression, la déformation, le rétrécissement, la dissection, la fragmentation, la perforation et le déplacement. Pour dissocier la fragmentation de la dissection, les valeurs  $t_{obs} = a_0 / a_1$  ont été calculées et comparées à celle prédéfinie de  $t = 0,5$ , avec "0" l'année initiale de la période et "1" l'année finale de la période (Barima *et al.*, 2016). Lorsque les valeurs sont inférieures à 0.5, le processus dominant est la fragmentation et dans le cas contraire, le processus dominant est la dissection.



## IV.- PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

### 4.1.- Cartographie et classification

L'évaluation de la qualité de la classification supervisée des images Landsat de la Plaine de Maribahoux pour les années 1986, 2002 et 2021 révèle des valeurs de précisions globales allant de 92,80 % à 97,40 %. Ces précisions ont été confirmées par les coefficients Kappa dont les valeurs varient entre 0,906 à 0,966, suggérant ainsi une bonne distinction des types d'occupation du sol (tableau 3). Par ailleurs, certaines confusions ont été observées entre la classe végétation ligneuse et la classe champ où, 21,25% des pixels de végétation ligneuse en 2021 ont été classés dans la classe champ et 14,29% des pixels de champ en 2002 ont été rangés dans végétation ligneuse. Des confusions ont été également enregistrées entre les classes végétation herbeuse et champ, où 8,57% des pixels de végétation herbeuse ont été confondus aux champs en 2002. Cependant, aucune confusion n'a été observée pour les classes végétation herbeuse et bâti et sol nu.

Trois cartes d'occupation du sol ont été produites, illustrant la tendance évolutive de l'occupation du sol de la plaine de Maribahoux (figure 14). L'analyse visuelle de ces cartes montre une réduction spatiale globale des classes champ et végétation ligneuse accompagnée d'une augmentation du bâti et sol nu et de la végétation herbeuse entre 1986 et 2021. De plus, une tache d'eau qui existait au Nord et une autre au Sud en 1986 et 2002 ont disparu en 2021.

Tableau 3 : Matrice de confusion de la classification des images Landsat de 1986,2002 et 2021 de la Plaine de Maribahoux. VH : végétation herbeuse, Pr : Précision du réalisateur, Pu : précision de l'utilisateur, K : Coefficient Kappa.

1986						
Classe	Bâti et sol nu	Champs	VL	Eau	VH	Pr (%)
Bâti et sol nu	100,00	0	0,79	0	0	99,01
Champs	0	90,00	0,79	0	0	98,63
V L	0	10,00	98.41	0	0	93,94
Eau	0	0	0	100,00	0	100,00
VH	0	0	0	0	100,00	100,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Pu (%)	100,00	90,00	98,41	100,00	100,00	
Précision globale = 97,40%			Coefficient Kappa = 0,9658			
2002						
Bâti et sol nu	100,00	0	0	0	0	100,00
Champs	0	87,14	14,29	0	0	77,22
VL	0	4,29	85,71	0	0	97,30
Eau	0	0	0	100,00	0	100,00
VH	0	8,57	0	0	100,00	85,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Pu (%)	100,00	87,14	85,71	100,00	100,00	
Précision globale = 92,80%			Coefficient Kappa = 0,9060			
2021						
Bâti et sol nu	100,00	0	0	0	0	100,00
Champs	0	77,50	4,76	0	0	91,18
VL	0	21,25	93,65	0	0	87,41
Eau	0	0	0	100,00	0	100,00
VH	0	1,25	1,59	0	100,00	91,89
Total	100,00	100	100,00	100,00	100,00	
Pu (%)	100,00	77,50	93,65	100,00	100,00	
Précision globale = 93,25%			Coefficient Kappa = 0,9110			

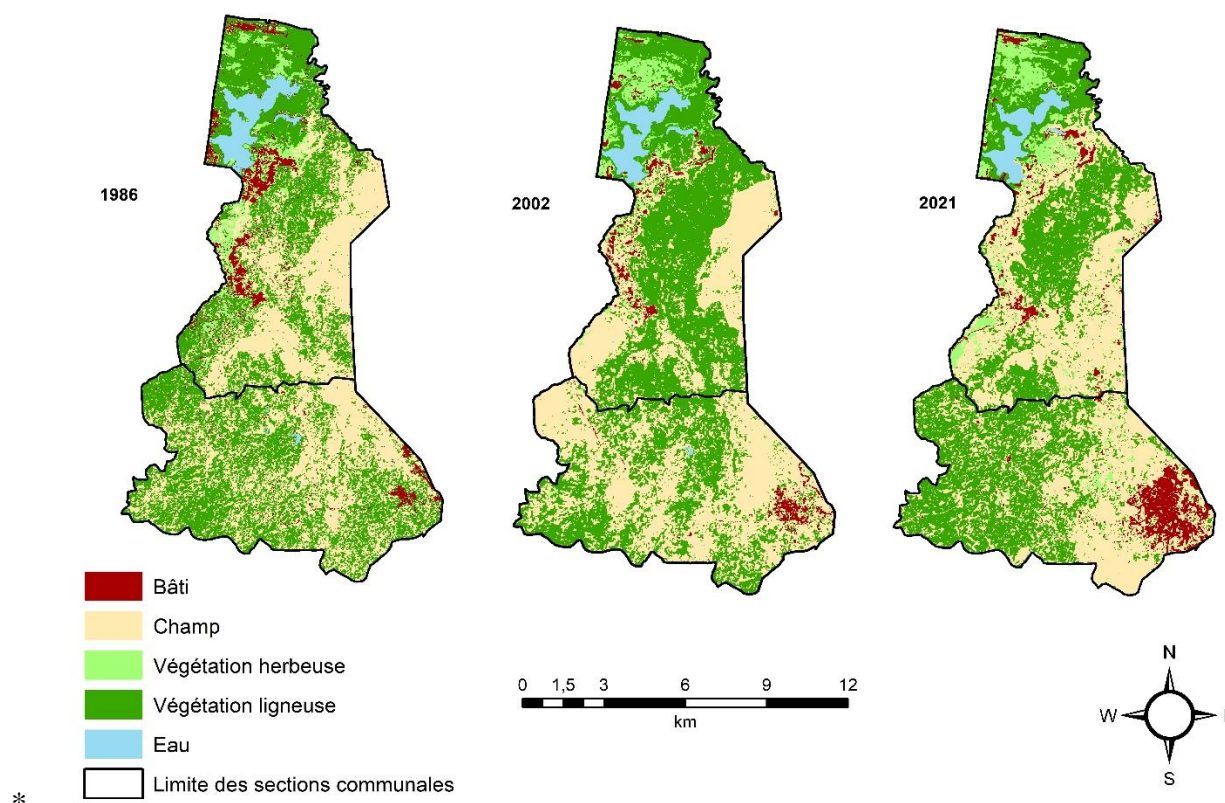


Figure 12 : Cartes d'occupation du sol de la Plaine de Maribahoux issues de la classification supervisée des images Landsat de 1986, 2002 et 2021 appuyée sur l'algorithme du maximum de vraisemblance.

## 4.2.- Caractérisation de la dynamique paysagère dans la Plaine de Maribahoux et de ses deux sections communales

### 4.2.1.- Dynamique de composition

#### ❖ *Dynamique de composition des sections communales de Bas Maribahoux et de Haut Maribahoux*

La figure 13 montre qu'au niveau de Bas Maribahoux, une légère augmentation a été observée pour la classe champ durant la première période suivie d'une légère diminution durant la deuxième période. En effet sa proportion est passée de 38,067 % en 1986 à 39,713% en 2002 puis à 36,622 % en 2021. Il faut noter que cette classe semble afficher une relative stabilité dans le paysage sur toute la période d'étude par rapport aux autres classes. Cependant, la classe bâti et sol nu a enregistré une régression au cours de la première période, elle est passée de 7,189 % à 3,134

% en 2002. En revanche, sur la deuxième période, sa proportion a triplé, passant de 3,134 % en 2002 à 9,873 % en 2021. Quant à la classe végétation ligneuse, elle a connu une progression sur la première période passant de 39,095 % en 1986 à 44,584 % en 2002 pour devenir la nouvelle matrice du paysage en 2002. Néanmoins, sur la deuxième période la classe végétation ligneuse a enregistré une diminution sur la deuxième période. La végétation herbeuse a légèrement régressé entre 1986 et 2002 et a doublé, sur la deuxième période en passant de 7,225 % en 2002 à 14,217 % en 2021. Enfin, la classe eau a connu une diminution sur toute la période d'étude.

À Haut Maribahoux, la classe champ a connu une progression, passant de 47,208 % à 60,787 % entre 1986 et 2002. Cette classe devient alors la matrice du paysage en 2002 pourtant elle exprimait une codominance du paysage de la section avec la classe végétation ligneuse en 1986. Cependant, sur la deuxième période, elle a été diminuée au profit de la classe bâti et sol nu en passant de 60,787 % en 2002 à 46,919 % en 2021. Sur la première période (1986-2002), la classe bâti et sol nu a légèrement diminué. En revanche, sur la deuxième période, elle a été multipliée par 3, passant de 2,390 % en 2002 à 8,081 % en 2021. En 1986, la classe végétation ligneuse représentait 48,606 % du paysage. En 2002, elle a diminué, et est passée à 36,621 %. Par ailleurs, en 2021 elle a connu une progression et est passée à 42,872 %. La végétation herbeuse a connu une diminution de 1,448 % sur la première période, passant de 1,551 % à 0,103 %. En 2021 elle a augmenté et elle est passée à 2,126 %. Tout comme à Bas Maribahoux, la classe eau a régressé sur les deux périodes.

#### ❖ *Dynamique de composition de la plaine de Maribahoux*

Au niveau de l'ensemble de la plaine, la classe champ a d'abord enregistré une progression entre 1896 à 2002 en passant de 42,305 % à 49,484 %. Ce qui a fait d'elle la nouvelle matrice paysagère en 2002. Cependant sur la deuxième période, elle a enregistré une diminution au profit de la classe bâti et sol nu qui a été multipliée par 3. Quant à la classe végétation ligneuse, elle a régressé durant les deux périodes étudiées pendant que la végétation herbeuse a doublé sur la deuxième période. Par ailleurs, la classe eau a diminué de 0,375 % sur la première période suivie d'une régression de 0,414 % sur la deuxième période.

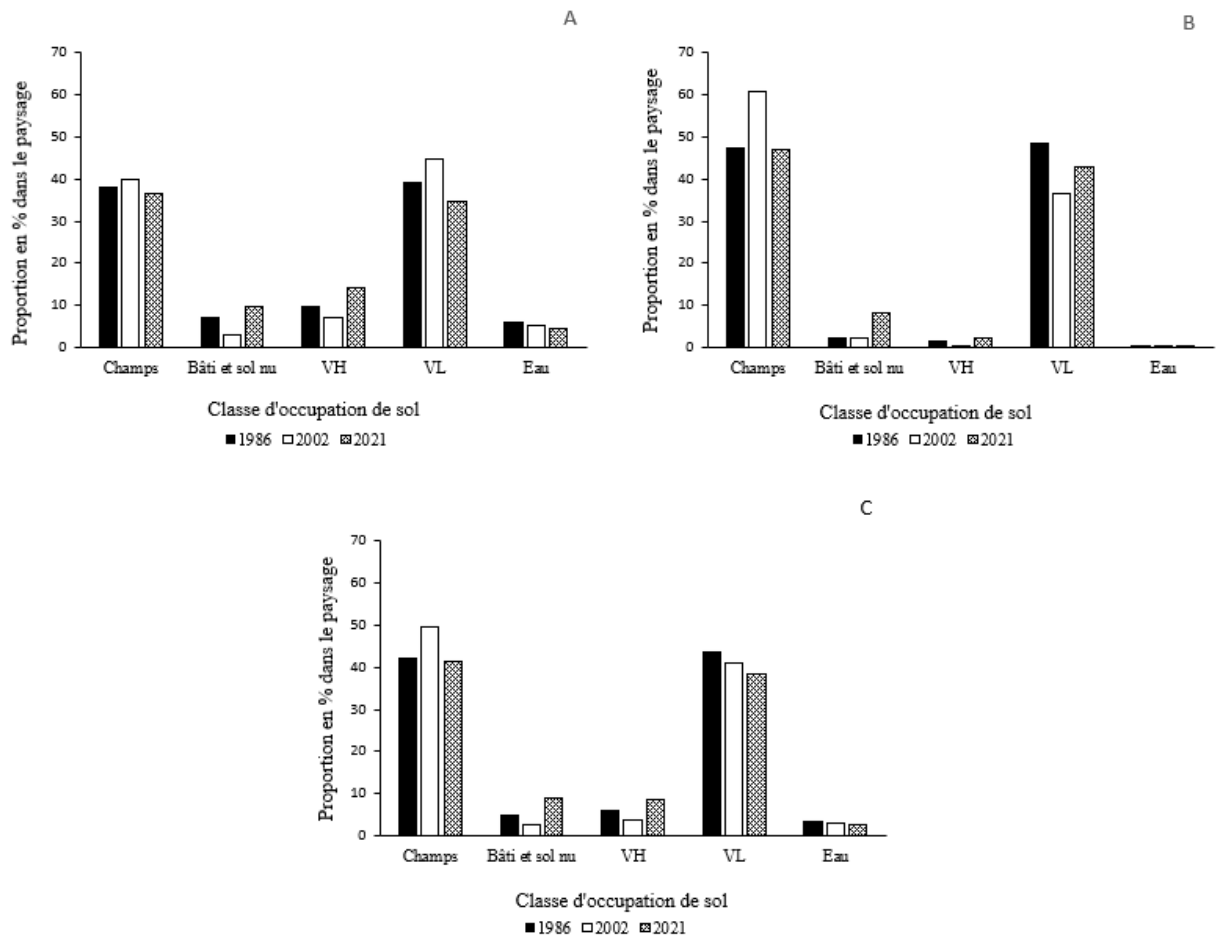


Figure 13 : Evolution de la proportion des classes d'occupation du sol au niveau de Bas Maribahoux (A), de Haut Maribahoux (B) et de la plaine de Maribahoux (C). VL : végétation ligneuse ; VH : végétation herbeuse

#### 4.2.2.- Dynamique structurale

##### ❖ Dynamique structurale des sections communales de Bas Maribahoux et de Haut Maribahoux

À Bas Maribahoux, une diminution du nombre de taches et de l'aire totale pour les classes eau et bâti et sol nu a été observée entre 1986 et 2002 (tableau, 4). Le processus de transformation spatial (PTS) observé pour cette classe a été la suppression. Pour la classe végétation ligneuse, l'agrégation a été observée, car cette classe a enregistré une régression du nombre de taches et une augmentation de l'aire totale. Cependant, au cours de cette même période, les champs ont enregistré un accroissement de l'aire totale et du nombre de taches. Le processus de transformation observé a été donc la création des taches des champs. La classe végétation herbeuse a enregistré

une augmentation du nombre de tache accompagnée d'une diminution de l'aire totale. Le processus de transformation spatiale observé a été la dissection, avec une valeur de  $t_{\text{observé}} = 0,75$ . Entre 2002 et 2021, pour les bâtis et sol nus et les végétations herbeuses une augmentation simultanée du nombre de taches et de l'aire totale a été enregistrée. Le processus de transformation spatiale dominant a été la création des taches pour ces deux classes. La dissection des taches a été identifiée comme processus de transformation spatiale par une progression du nombre de taches et une diminution de l'aire totale des classes champ, végétation herbeuse et eau avec une valeur de  $t_{\text{observé}}$  supérieure au seuil de  $t=0,5$

Quant à Haut Maribahoux, le tableau 4 fait ressortir une régression simultanée de l'aire totale et du nombre de taches pour les bâtis et sols nus et eau entre 1986 et 2002. Le processus de transformation caractéristique de cette classe d'occupation du sol est donc la suppression des taches. Par ailleurs, la classe champ est caractérisée par une création comme processus de transformation spatiale, d'autant que l'augmentation de l'aire totale et le nombre de taches se fait simultanément. Durant cette même période, pour les végétations ligneuses et les herbeuses, le processus de transformation dominant est la dissection car ces classes sont caractérisées par une valeur de  $t_{\text{observé}}$  supérieure au seuil de  $t= 0,5$ . Entre 2002 et 2021, il a été observé que la création a été le processus de transformation pour les bâtis et sols nus, les végétations herbeuses et les végétations ligneuses sachant que l'augmentation de l'aire totale des taches a été accompagnée également d'une augmentation du nombre de tache. Cependant, pour la même période, la classe champ a connu une augmentation du nombre de taches en parallèle avec une réduction de l'aire totale avec des valeurs de  $t_{\text{observé}}$  supérieures au seuil  $t=0,5$ . Le processus de transformation dominant de cette classe a été la dissection. Par ailleurs, la classe eau a connu une régression simultanée de l'aire totale et du nombre de taches. Le (PTS) observé pour cette classe est donc la suppression.

#### ❖ *Dynamique structurale de la plaine de Maribahoux*

Sur la période de 1986 à 2002, pour toute la plaine de Maribahoux, le processus de transformation caractéristique des champs est la création puisque l'augmentation du nombre de taches est accompagnée de l'augmentation de l'aire totale (tableau 4). En revanche, les bâtis et sols nus ont enregistré une suppression comme processus de transformation spatiale d'autant que la

diminution de l'aire totale se fait simultanément avec le nombre des taches. Sur cette même période, les végétations ligneuses et herbeuses ont enregistré la dissection comme processus de transformation spatiale par suite d'un accroissement du nombre des taches et d'une régression de l'aire totale avec une valeur de  $t_{\text{observé}}$  supérieure à 0,5. Entre 2002 et 2021, les bâti et sol nu et les végétations herbeuses ont connu un accroissement simultané de l'aire totale et du nombre des taches. Ainsi, le processus de transformation observé durant cette période pour ces classes d'occupation du sol a été la création. Cependant, pour les champs et les végétations ligneuses, une régression de leur aire totale et un accroissement de leur nombre de taches ont été enregistrés. La valeur de  $t_{\text{observé}}$  pour la classe champ est égale à 0,83 et celle de la classe végétation ligneuse est 0,94. Le processus de transformation dominant pour ces deux classes a été la dissection car les valeurs de  $t_{\text{observé}}$  pour ces deux classes sont supérieures à 0,5. Par ailleurs, la classe eau a connu une régression simultanée de l'aire totale et du nombre de taches. Le (PTS) observé pour cette classe est donc la suppression sur l'ensemble des deux périodes.

Tableau 4 : Identification des processus de transformation spatiale qui sous-tendent les changements observés sur la base de l'arbre de décision de Bogaert et al. (2004).

<b>Bas Maribahoux</b>	<b>Champs</b>	<b>Bâti et sol nu</b>	<b>VH</b>	<b>VL</b>	<b>Eau</b>
nb <sub>1986</sub>	660	650	723	651	37
at <sub>1986</sub>	26,032	4,916	6,620	26,735	4,082
nb <sub>2002</sub>	940	144	760	503	16
at <sub>2002</sub>	27,158	2,143	4,941	30,489	3,654
nb <sub>2021</sub>	956	695	946	832	17
at <sub>2021</sub>	25,044	6,752	9,723	23,777	3,090
<b>Haut Maribahoux</b>					
nb <sub>1986</sub>	850	398	370	530	6
at <sub>1986</sub>	27,904	1,448	0,917	28,730	0,109
nb <sub>2002</sub>	1799	143	425	770	3
at <sub>2002</sub>	35,930	1,412	0,061	21,646	0,058
nb <sub>2021</sub>	2582	410	508	961	2
at <sub>2021</sub>	27,687	4,768	1,254	25,298	0,002
<b>Plaine Maribahoux</b>					
nb <sub>1986</sub>	1498	1048	1089	1177	43
at <sub>1986</sub>	53,936	6,365	7,537	55,465	4,191
nb <sub>2002</sub>	2895	285	1184	1269	19
at <sub>2002</sub>	63,088	3,555	5,002	52,134	3,713
nb <sub>2021</sub>	3811	1105	1398	2658	19
at <sub>2021</sub>	52,731	11,520	10,977	49,075	3,092

Nb : nombre de taches ; at : aire totale. Ces données sont issues de l'analyse des images Landsat de 1986, 2002 et 2021 de la plaine de Maribahoux.

#### 4.2.3. Évolution du paysage de la plaine de Maribahoux et de ses sections communales

##### ❖ Évolution du paysage de Bas Maribahoux et de Haut Maribahoux

À bas Maribahoux, il a été constaté que la valeur de la dominance diminue pour la classe champ passant de 82,594% à 61,731% entre 1986 et 2021 (tableau 5). Cela montre un morcellement de cette classe dans le paysage. En revanche, il a été observé que la valeur de la dominance augmente pour la classe végétation ligneuse (36,546% à 41,126%) également pour la végétation herbeuse (21,329% à 35,448%). Cela signifie qu'il y a une augmentation relative de la taille des grandes taches de ces deux classes dans le paysage. La classe bâti et sol nu a connu une stabilité de la dominance de sa grande tache. Quant à Haut Maribahoux, les valeurs de la dominance pour la classe champ ont régressé passant de 68,932% en 1986 à 32,757% en 2021. Cela signifie que la tache qui domine cette classe par sa taille a été morcelée environ 2 fois. Par ailleurs, pour la



végétation herbeuse et bâti et sol nu, les valeurs de D sont de 29,548% à 63,727% et 5,398% à 8,556% respectivement, traduisant une formation de taches dans ces deux classes.

Dans le tableau 5, deux indices de perturbation ont été pris en considération dans la caractérisation du paysage. L'utilisation des deux indices se justifie par la difficulté à placer la végétation herbeuse dans la classe naturelle ou anthropique. Qu'il s'agit de Bas Maribahoux, de Haut Maribahoux entre 1986 et 2021, les deux indices de perturbation considérés ont enregistré une augmentation. En effet, pour Bas Maribahoux, la valeur U1 est passée de 0,827 en 1986 à 0,869 en 2021 et celle de U2 est passée de 1,219 en 1986 à 1,545 en 2021. En ce qui concerne Haut Maribahoux les valeurs de U1 et U2 sont respectivement 0,986 en 1986 contre 1,222 en 2021 et 1,050 en 1986 contre 1,332 en 2021. L'augmentation des différents indices de perturbation démontre l'influence anthropique sur le paysage de Bas Maribahoux, Haut Maribahoux et La plaine tout entière.

#### ❖ *Évolution du paysage de la plaine de Maribahoux*

Du tableau 5 il ressort que pour la plaine de Maribahoux, les grandes taches de champ, de végétation ligneuse et de bâti et sol nu ont été morcelées entre 1986 et 2021, ce qui se traduit par la régression de leur valeur de D. En effet, pour le champ, la valeur de D est passée de 75,526 % en 1986 à 40,764 % en 2021, tandis que pour la végétation ligneuse, elle est passée de 54,464 % en 1986 à 47,670 % en 2021. Pour le bâti et sol nu, la valeur de D est passée de 46,066 % en 1986 à 42,008 % en 2021. En revanche, la valeur de D a augmenté sur la deuxième période, elle est passée à 42,008 % en 2021, traduisant une augmentation de la taille des grandes taches dans le paysage. Cette évolution du paysage a été également illustrée à travers l'évolution de l'indice de perturbation (U). Sur toute la plaine de Maribahoux, U1 est passé de 0,897 en 1986 à 0,932 en 2021 et U2 est passé de 1,137 en 1986 à 1,224 en 2021. L'augmentation des différents indices de perturbation démontre l'influence anthropique sur le paysage de Bas Maribahoux, Haut Maribahoux et La plaine tout entière.

*Tableau 5 : Caractérisation de l'anthropisation du paysage à travers l'évolution des indices de perturbation (U) et de dominance (D) en %.*

	<b>Champs</b>	<b>Bâti et sol nu</b>	<b>VH</b>	<b>VL</b>	<b>Eau</b>		
<b>Année</b>	D	D	D	D	D	U1	U2
Bas Maribahoux							
<b>1986</b>	82,594	50,861	21,329	36,546	92,468	0,827	1,219
<b>2002</b>	19,212	12,844	21,622	93,158	93,583	0,750	1,003
<b>2021</b>	61,731	50,950	35,448	41,126	97,138	0,869	1,545
Haut Maribahoux							
<b>1986</b>	68,932	29,548	5,398	89,026	62,810	0,986	1,050
<b>2002</b>	21,000	45,494	38,515	38,262	89,230	1,716	1,723
<b>2021</b>	32,757	63,727	8,556	89,424	59,359	1,222	1,332
Plaine de Maribahoux							
<b>1986</b>	75,526	46,006	18,734	54,464	90,065	0,897	1,137
<b>2002</b>	12,068	18,074	21,358	87,631	92,109	1,095	1,283
<b>2021</b>	40,764	42,008	26,499	47,670	96,757	0,932	1,224

## V.- DISCUSSION

### 5.1.- Approche méthodologique

Pour étudier la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la plaine de Maribahoux, les données issues de l'imagerie Landsat ont été utilisées. En plus de leur disponibilité (Bamba, 2010 ; Mama, 2013), les images Landsat sont acquises gratuitement et sont également recommandées pour des études à grande échelle (Barima et *al.*, 2011). Toutefois, leur téléchargement demande une bonne connexion internet. Les valeurs de Kappa obtenues dans notre étude ( $> 0,9$ ) indiquent tout l'intérêt de la connaissance de la zone d'étude, du choix des classes thématiques et de la qualité des images (Mama *et al.*, 2013). Toutefois, la confusion entre les champs et la surface des végétations ligneuses a été enregistrée sans affecter significativement la fiabilité des classifications. Cette confusion pourrait être expliquée par le fait que certaines espèces cultivées comme la canne à sucre apparaissent comme du *Prosopis* en régénération et vice-versa. Par ailleurs, il existe une pléthore d'indices de structure spatiale, parmi lesquels une grande partie est fortement corrélée, développés pour analyser la structure et la dynamique des paysages (Li & Wu, 2004). Dans le cadre de cette étude, les indicateurs utilisés basés sur la superficie sont justifiés par le fait que la connaissance de tels variables est un préalable à la mise en place d'une réflexion objective sur les grands principes stratégiques à adopter en matière d'aménagement (Angel *et al.*, 2010).

### 5.2.- Dynamique paysagère de la plaine de Maribahoux et de ses deux sections communales.

La dynamique paysagère au niveau de la plaine de Maribahoux et des deux sections communales est caractérisée par une progression de la proportion de champs durant la première période (1986-2002) notamment au niveau de la section communale de Haut Maribahoux abritant la ville de Ouanaminthe. En effet, durant cette période particulièrement entre 1986 et 1994, cette zone située à la frontière avec la République Dominicaine a enregistré une grande affluence des haïtiens à la recherche d'un mieux-être suite aux blocus économiques imposés à Haïti Par l'Organisation des Etats américains, Onu en 1991 (Garfield, 2000). Cette croissance démographique s'accompagne d'une intensification des activités anthropiques, notamment la production agricole. D'autant plus, à la levée des sanctions économiques sur Haïti en 1994, il y avait davantage d'ONG porteuses de divers projets de développement agricole qui se sont établies

dans la zone, ce qui a conduit à l'expansion de la surface des champs dans le paysage. Tohinlo (2016) confirme cette tendance en indiquant que les exploitants de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin) ont agrandi leurs exploitations par la colonisation de nouvelles terres grâce aux appuis des projets/programmes de développement agricole.

L'augmentation de la surface agricole s'accompagne d'une régression de la superficie de la végétation ligneuse au niveau de toute la zone d'étude et de la section communale de Haut Maribahoux au cours de la première période étudiée. Antony (2020) et Salomon et *al.* (2022) ont signalé l'impact de la production agricole sur la régression de la couverture de la végétation naturelle. Toutefois, les résultats ont indiqué une augmentation de la superficie de la végétation ligneuse au niveau de la section communale de Bas Maribahoux. Cette situation s'explique par le fait qu'avant 1986, une partie au nord de cette section communale faisait l'objet de plantation industrielle de sisal (*Agave sisalalana* Perr) suivie de canne à sucre. Après l'abandon de ces cultures et par conséquent du site, la végétation a pu se régénérer sur les sentiers et autres espaces dénudés laissés par ces cultures dans cette zone (MARNDR, 2015) par opposition à la disparition du bâti (section communale Bas Maribahoux entre 1986-2002). Ces résultats sont similaires avec ceux de Habyarimana et *al.* (2017) qui ont trouvé dans une étude réalisée à Burundi que la végétation est capable de se régénérer toute seule après abandon des espaces dénudés.

La seconde période (2002-2021) étudiée est marquée par une création de bâtis suivie d'une régression de la superficie de champs. Selon Duret (2010), cette période est marquée par une deuxième grande affluence de la population dans la zone notamment par la mise en place du parc industriel implanté dans la section communale de Haut Maribahoux. Tous les agriculteurs qui trouvaient dans la zone d'extension de la Compagnie de Développement Industriel (CODEVI) ont été expropriés. L'arrivée des travailleurs pour le compte de ce Parc industriel a favorisé l'extension rapide des bâtis autour de la ville de Ouanaminthe illustrée par une augmentation de la classe « bâti et sol nu » à Haut-Maribahoux. Dans le même contexte, Bellande (2009) a signalé que la conversion des terres agricoles à Port-au-Prince pour des usages urbains a été entamée notamment par l'installation d'usines et des maisons pour des ruraux en quête d'un travail en ville et d'un avenir meilleur.

En outre, depuis 2010, la zone est victime de longue période de sécheresse qui a poussé de nombreux agriculteurs à abandonner l'agriculture vers le secteur de transport (taxi de motocyclette) plus rentable, quasiment indépendante des aléas climatiques et peu soumis à la taxation. Ceci explique également la progression de la végétation ligneuse qui a été notée à Haut Maribahoux au cours de la deuxième période. En effet le *Prosopis* qui est l'espèce dominante de la savane s'adapte et se développe dans les régions sèches. Par conséquent, les parcelles agricoles délaissées et non irriguées ont été colonisées par le *Prosopis* qui a une capacité de dissémination et de croissance rapide, même avec très peu de pluies (Alson et *al.*, 2018 ; Villagra et *al.*, 2005). Il est à signaler que le secteur agricole figure parmi les secteurs de l'économie haïtienne les plus affectés par les changements climatiques (Jean-Philippe, 2017). Clément et *al.*, 2003 ont présenté des situations similaires de l'impact du changement climatique sur l'agriculture dans les pays de la Caraïbe comme : Grenade, Bahamas et Barbade. Cette situation a induit une baisse de la production agricole de la zone provoquant une insécurité alimentaire et une plus grande dépendance vis-à-vis des produits agricoles importés de la République Dominicaine (Bellande, 2009 ; CNSA, 2021). Des situations similaires ont été observées dans des pays de la Caraïbe, tels que : Cuba, Jamaïque et Belize (Taylor et *al.*, 2012).

La sécheresse est aussi à la base de la disparition de certaines taches d'eau en 2021 pourtant observées en 1986 et 2002. La population de la zone témoigne de la diminution des débits des principaux cours d'eau de la zone d'étude (Photo 2). Ce qui impacte non seulement la production agricole, mais également l'abreuvement des animaux (Beebe et *al.*, 2012). En 2019, il a été relaté la mort de 3000 bovins, caprins à la suite de la sécheresse sévère qu'a connue la zone du Nord-Est d'Haïti (La Presse, 2021). Les taches d'eau qui demeurent surtout au nord de la zone d'étude sont dues à l'influence de l'océan, puisque ces dernières sont en contact direct avec l'embouchure de la rivière Massacre.

La baisse de la proportion des végétations ligneuses dans la section de bas Maribahoux est due aux nouveaux investissements de certains entrepreneurs dans la riziculture. Ces entrepreneurs ont pu bénéficier de l'extension de l'irrigation dans la zone pour investir dans la riziculture. C'est ce qui aurait fait de la plaine de Maribahoux la deuxième rizière du pays (IICA, 2012) et justifierait la relative stabilité des champs dans la section de Bas Maribahoux, malgré la sécheresse et le délaissement de certaines parcelles agricoles dans les zones non irriguées dans cette section.

Les végétations ligneuses sont aussi utilisées par plusieurs producteurs pour la production du charbon de bois. Il faut signaler que la filière de charbon de bois représente d'une part, la principale source énergétique dans les ménages haïtiens, d'autre part il est considéré comme une source de revenu pour certains ménages afin de subvenir à leurs besoins de premières nécessités. En effet, selon Angelier (2006), cette filière permet de couvrir 70% des besoins énergétiques du pays. De plus, pour Delarue (2009), Singh & Cohen (2014), les arbres représentent également un capital financier qui peut être utilisé par les propriétaires des terriens à la suite d'une insécurité. Ainsi, la production du charbon de bois (photo 1) contribue également à la dégradation des savanes et une émergence des taches de végétation herbeuse notamment au nord de Bas Maribahoux.



*Photo 1: Vue de la production de charbon de bois au niveau de la plaine de Maribahoux en mai 2022 (crédit photo : Roselande Jesuka)*





*Photo 2 : Vue de la diminution de l'eau des rivières dans la plaine de Maribahoux en mai 2022 (crédit photo : Roselande Jesuka)*

#### **5.4.- Implications pour le développement d'une agriculture urbaine et périurbaine durable**

L'agriculture reste un pilier de l'économie haïtienne et emploie environ 50 % de la population active. Néanmoins, sa production reste encore trop faible pour couvrir le besoin alimentaire de la population d'autant que c'est une agriculture de subsistance (CIAT,2012). La plaine de Maribahoux est l'une des grandes plaines agricoles du pays qui fournit les denrées alimentaires à la population. Son positionnement à la frontière de Dajabon peut être exploité durablement pour augmenter la production agricole de la plaine et diminuer ainsi les importations en produits alimentaires de la République Dominicaine.

Notre étude a montré l'influence de la ville de Ouanaminthe qu'abrite la plaine de Maribahoux sur les terres agricoles. En effet, les processus de transformation spatiales entraînés

par l'expansion du bâti, généralement de façon anarchique, au niveau des zones urbaines et périurbaines de la ville de Ouanaminthe sont responsables de la diminution en nombre de taches et surface totale des terres agricoles. Ceci devrait être considéré comme une alerte pour interpeller les planificateurs et les décideurs locaux à prendre des mesures pour une bonne gestion du paysage de la plaine. Il est nécessaire ainsi d'établir et de faire respecter un zonage afin de bien définir les endroits nécessaires à l'extension urbaine et ceux nécessaires au développement agricole, tout en préservant certains espaces de végétations naturelles.

A côté de la densification du bâti, il a été signalé tantôt que la sécheresse joue un rôle majeur dans la diminution des terres agricoles. Face à cela, il est impératif que l'Etat haïtien s'implique à augmenter la superficie irriguée dans cette zone potentiellement irrigable. En effet, la rivière Massacre située le long de la frontière reste encore sous exploitée par l'état haïtien, pourtant la République dominicaine y a déjà construit des ouvrages du même genre, des canaux et même un réservoir à partir de cette rivière et dans la localité de Pitobert située au niveau de la plaine de Maribahoux (ZOOMHAITINEWS, 2021). Il est aussi important d'accompagner les agriculteurs à développer des techniques résilientes face à la sécheresse à travers le ministère de l'agriculture mais également des organismes non gouvernementaux. Une vision commune des interventions est nécessaire dans ce sens.

Enfin, nos résultats ont montré une régression de la couverture de végétation ligneuse dans la zone d'étude pour satisfaire entre autres le besoin énergétique. Il importe d'améliorer le taux de desserte et la qualité du service d'électricité au niveau des villes d'une part, à travers notamment des partenariats publics / privés dans ce secteur. Il convient aussi d'améliorer le rendement de la consommation du charbon de bois en recourant aux foyers améliorés au niveau des ménages. Des techniques visant à améliorer le rendement de carbonisation sont à tester afin que la quantité du charbon de bois produite soit plus fonction du rendement de carbonisation que des étendues d'arbres coupés. Enfin, l'agroforesterie devrait être vulgarisée, en combinant les cultures agricoles avec des essences locales à croissance rapide et d'intérêt pour la production énergétique afin d'améliorer la sécurité alimentaire, énergétique et le revenu des ménages.



## VI.- CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude a été initiée dans le but de caractériser la dynamique spatiale de l'occupation du sol de la plaine agricole de Maribahoux de 1986 à 2021 à travers les outils de l'écologie du paysage couplés à la télédétection et aux systèmes d'informations géographiques (SIG).

Les résultats de l'étude ont permis de confirmer un changement de la structure spatiale du paysage de la plaine de Maribahoux en 35 ans (entre 1986 et 2021) matérialisé par la régression de la taille des champs et des végétations ligneuses à la suite de l'expansion du bâti et sol nu, notamment au cours de la deuxième période étudiée (2002-2021). Ainsi, la création du bâti et sol nu soutenue par la croissance démographique, les différentes activités économiques et la sécheresse a entraîné la dissection des champs et de la végétation ligneuse. La dynamique de l'occupation du sol au niveau des deux sections communales s'est opérée à des degrés divers en fonction des conditions socio-économiques. A Bas Maribahoux et à Haut Maribahoux, la dynamique de la structure spatiale est caractérisée en 35 ans par une légère progression des champs et de la végétation ligneuse aux cours de la première période suivi d'une légère réduction de cette classe au cours de la deuxième période au profit du bâti et sol nu notamment.

Cette étude fournit des informations de base qui devraient conduire à une meilleure compréhension de la dynamique spatiale des différentes classes de l'occupation de sol, ce qui est crucial pour la mise en place des mesures et des politiques publiques permettant d'œuvrer à la restauration des surfaces boisées tout en développant durablement le secteur agricole et les zone (péri)urbaines.

Cette étude a mis en évidence la dynamique paysagère dans l'une des plus grandes plaines d'Haïti. Il reste toutefois de nombreuses pistes à explorer afin de proposer une solution durable aux conditions socio-économiques précaires de la population afin de réduire le gaspillage de la ressource espace géographique :

- Quantifier la dynamique de l'occupation du sol sur l'ensemble des zones de plaines de la République d'Haïti ;
- Simuler la dynamique paysagère de la plaine de Maribahoux pour les décades à venir ;
- Evaluer les relations entre les indicateurs de la fragmentation de la végétation ligneuse et les indicateurs floristiques dans la plaine de Maribahoux ;
- Quantifier le niveau d'hémérobie / naturalité des écosystèmes végétalisés dans la plaine de Maribahoux.

## V.- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams, J. J., 2022.** *Urbanization, long-run growth, and the demographic transition*. Journal of Demographic Economics, 88(1), 31-77.
- André, M., Mahy, G., Lejeune, P. & Bogaert, J., 2014.** "Vers une synthèse de la conception et une définition des zones dans le gradient urbain-rural", Base. Biotechnologie. Agronomie. Société et Environnement. 18(1) :61-74
- Angel S., Civco D.L., Blei A. & Potere D., 2011.** *The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000-2050*. Progress in Planning, 75(2) : 53– 107.
- Angelier J-P., 2006.** *Analyse de la Substitution Entre Combustibles Dans le Secteur Résidentiel en Haïti*. Disponible en ligne : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00120739/fr/>
- Alson T., Marco, G., & Edmundo A., 2018.** Water relations and growth response to drought stress of Prosopis tamarugo Phil. A review. 18 (2), 329-343 p 15. Disponible sur : <https://www.scielo.cl/pdf/jsspn/v18n2/0718-9516-jsspn-01103.pdf>
- Antony L., 2020.** Agriculture urbaine et périurbaine à Cap-Haïtien : typologie, configuration spatiale et fonctions. Mémoire de master. Gembloux Agro-Bio Tech/ Université de Liège.
- Antrop, M., 2001.** *The language of landscape ecologists and planners. A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology*. Landscape and Urban Planning, 55 : 163–173.
- Aubry C. 2013.** L'agriculture urbaine, contributrice des stratégies alimentaires des mégapoles 24èmes Journées Scientifiques de l'Environnement - La transition écologique des mégapoles, Février 2013, Créteil, France. hal-00805185 pp1 -12
- Bailey, R. G., 1985.** *The factor of scale in ecosystem mapping*, Environmental management, Vol. 9, n°4, pp. 271-276.
- Bamba, I., 2010.** *Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo*. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles, Belgique. 186 p.

- Bamba, I., Mama, A., Neuba, D. F. R., Koffi, K. J., Traore, D., Visser, M., Sinsin, B., Lejoly, J. & Bogaert, J., 2008.** *Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas- Congo (République Démocratique du Congo). Sciences & Nature*, 5 : 49-60
- Banque Mondiale, 2018.** *Haïti : un nouveau rapport de la Banque mondiale plaide pour le renforcement de la résilience.* [En ligne]. Disponible sur : <https://www.banquemonddiale.org/fr/news/press-release/2018/01/23/haiti-new-wb-report-calls-for-strengthening-urban-resilience>
- Barima, Y. S. S., Kouakou, A.T. M., Bamba, I., Sangne, Y. C., Godron, M., Andrieu, J., Bogaert, J., 2016.** *Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). Glob. Ecol. Conserv.*, 8: 85-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.08.009>
- Barima, Y. S. S., Barbier, N., Bamba, I., Traoré, D., Lejoly, J., & Bogaert, J., 2009.** *Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne.* BOIS & FORETS DES TROPIQUES, 299(299), 15–25. <https://doi.org/10.19182/bft2009.299.a20419>
- Bastian, O. 2001.** "Landscape Ecology-towards a unified discipline?" *Landscape Ecology* 16: 757-766.
- Bastin, J. F., Kabulu Djibu, J. P., Havyarimana, F., Alongo, S., Kumba, S., Shalukoma, C., Motondo, A., Joiris, V., Stévigny, C., Duez, P., De Cannière, C. & Bogaert, J., 2011.** *Multiscalar analysis of the spatial pattern of forest ecosystems in Central Africa justified by the pattern/process paradigm: two case studies.* In: Boehm DA (ed) *Forestry: research, ecology and policies*. Nova Science Publishers, Hauppauge, pp 79-98.
- Beaucejour, P. J., 2016.** *L'agriculture en Haïti.* Port-au-Prince. 17 p. [http://classiques.uqac.ca/contemporains/Beaucejour\\_Pierre\\_Jameson/Agriculture\\_en\\_Haiti/Agriculture\\_en\\_Haiti\\_texte.html#\\_ftn17](http://classiques.uqac.ca/contemporains/Beaucejour_Pierre_Jameson/Agriculture_en_Haiti/Agriculture_en_Haiti_texte.html#_ftn17)
- Bellande, A., 2009.** *Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé.* 74p

- Belvert, A., 2019.** *Etude de l'urbanisation du secteur sud du littoral de Port-au-Prince : Cas des quartiers de Cite Michel et de ruelle Assade.* Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication, Université catholique de Louvain. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:22484>
- Bénédict, P., 2019.** *Situation Globale Du Secteur Financier Agricole en Haïti : Opportunités et perspectives.* Rapport technique. Aout 2019. 40 p.  
<https://www.researchgate.net/publication/341977651>
- Bertrand, G., 1975.** *Pour une histoire écologique de la France rurale.* In : *Histoire de la France Rurale.* Le Seuil. Paris, 1, 34-113.
- Biabou S., Houeto O. F., Gouwakinnou G. N., Biau S. S. H., Awessou B., Tovihessi S. M., Tete R., 2019.** *Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou Bénou au Nord Bénin.* HAL Id : **hal-02189367**. Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02189367>
- Bogaert, J. & Mahamane, A., 2005.** Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 7(1) : 1-15.
- Bogaert, J., Van hecke, P., Moermans, R. & Impens, I., 1999.** Twist number statistics as an additional measure of habitat perimeter irregularity. *Environmental and Ecological Statistics*, 6: 275–290.
- Bogaert, J., Zhou, L., Tucker, C. J., Myneni, R. B. & Ceulemans, R., 2002.** *Evidence for a persistent and extensive greening trend in Eurasia inferred from satellite vegetation index data.* *J. Geophys. Res.* 107(D11), DOI 10.1029/2001JD001075
- Bogaert, J., Ceulemans, R. & Salvador-Van Eysenrode, D., 2004.** *Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation.* *Environmental Management*, 33 (1): 62-73
- Bogaert, J., Barima, Y. S. S., Ji, J., Jiang, H., Bamba, I., Iyongo, W. M. L., Mama, A., Nyssen, E., Dahdouh-Guebas, F. & Koedam, N., 2011a.** *A methodological framework to quantify anthropogenic effects on landscape pattern.* In Hong S.-K., Wu J., Kim J-E. & Nakagoshi N.

(Eds). *Landscape ecology in Asian cultures*. Part 2, Springer, Verlag, New-York, pp. 141 - 167.

**Bogaert, J., Barima, Y. S. S., Iyongo, W. M. L., Bamba, I., Mama, A., Toyi, M. & Laforteza R., 2011b.** *Forest fragmentation: causes, ecological impacts and implications for landscape management*. In Li C., Laforteza R. & Chen J. (Eds). *Landscape ecology and forest management: challenges and solutions in a changing globe*. Higher Education Press, Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 273-296.

**Bogaert, J., & Halleux, J. M., 2015.** *Territoires périurbains : développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud*. Presses agronomiques de Gembloux.

**Bren d'Amour, C., 2018.** *Urbanisation and food systems*. Von der Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt der Technischen Universität Berlin zu Erlangung des akademischen Grades

**BRH, 2006.** *Rapport annuel 2006*. 127 p.

**BRH, 2015.** *Projet de Stratégie Nationale d'Inclusion Financière, Banque de la République d'Haïti*.

**Burel, F. & Baudry, J., 2001.** *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Editions Tec et Doc.

**Burel, F. & Baudry, J., 2003.** *Landscape ecology: concepts, methods, and applications*. Science Publishers, Enfield, N.H. Plymouth.

**Buteau, L., 2010.** Une politique agricole pour Haïti. Dans P. Buteau, R. Saint-Éloi et L. Trouillot (dir.), *Refonder Haïti ?* (p 55-61). Montréal, Québec : Mémoire d'encrier.

**Carlucci, M., Chelli, F. M., & Salvati, L., 2018.** Toward a new cycle: Short-term population dynamics, gentrification, and re-urbanization of Milan (Italy). *Sustainability*, 10(9), 3014.

**CIAT, 2012.** *Plan d'aménagement du Nord / Nord-Est couloir Cap – Ouanaminthe*. 62p

**CIR, 2011.** *Opportunités dans le secteur agricole et les objectifs prioritaires* [en ligne], <http://www.cir.ht/agriculture.php>. Consulté le 7/24/2022

**Clement L., Gonzalo C., Edward K., 2003.** Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean. 393–409 p 17.

<file:///C:/Users/User/Downloads/1-s2.0-S0308597X03001313-main.pdf>

- Clerici, M. ; Mantiero D. ; Lucchini G. ; Longhese. MP, 2006.** *La protéine Saccharomyces cerevisiae Sae2 régule négativement la signalisation des points de contrôle des dommages à l'ADN. EMBO Rep.* **2006**, 7, 212–218. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsj.embor.7400593>
- CNSA, 2021.** Rapport d'analyse de la Sécurité Alimentaire et de Nutrition : Zones affectées et zones non affectées par les derniers chocs. Disponible sur : [https://fscluster.org/sites/default/files/documents/rapport\\_final\\_enssan-efsa\\_2021\\_version\\_editee\\_311221.pdf](https://fscluster.org/sites/default/files/documents/rapport_final_enssan-efsa_2021_version_editee_311221.pdf)
- Conseil interministériel pour la sécurité alimentaire de la République d'Haïti [CISA] et Coordination nationale pour la sécurité alimentaire de la République d'Haïti [CNSA]. 2010.** *Actualisation du plan national de sécurité alimentaire et nutritionnelle.* Disponible sur : [http://agriculture.gouv.ht/view/01/IMG/pdf/VERSION\\_PNSAN\\_12\\_Mars\\_2010.pdf](http://agriculture.gouv.ht/view/01/IMG/pdf/VERSION_PNSAN_12_Mars_2010.pdf)
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., 2004.** *Digital change detection methods in ecosystem monitoring : a review.* International Journal of Remote Sensing 25, 1565-1596
- Coulson, R. N., Saarenmaa, H., Daugherty, W.C., Rykiel, E. J., Saunders, M. C. & Fritgerarld, J.W., 1999.** A knowledge system environment for ecosystem management. In Klopatek J.M. & Gardner R.H. (Eds). *Landscape ecological analysis. Issues and applications.* Springer, Berlin Heidelberg New-York, pp 57-79.
- Décamps, H. & Décamps, O. 2007.** Organisation de l'espace et processus écologiques. *Economie rurale*, 297-298, 55-70.
- Delarue, F. (2009).** *L'intégration des familles paysannes haïtiennes dans la lutte antiérosive à travers la cartographie participative.* Repéré à <https://factsreports.revues.org/pdf/2794>
- Diallo, H., Bamba, I., Barima, Y. S. S., Visser, M., Ballo A., Mama, A., Vranken, I., Maiga, M., & Bogaert, J., 2011.** *Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé)* (Combined effects of climate and anthropogenic pressures on the evolutive dynamic of the vegetation of a Malian protected area (Fina Reserve, Boucle du Baoulé)). *Science et changements Planétaires/Sécheresse*, 22, 97-107.

- Domont, G. & Leduc, A. 1994.** *L'écologie du paysage : nouvelle branche de l'écologie ou nouvelle science du paysage ? Méthodes et réalisations de l'écologie du paysage pour l'aménagement du territoire*, Université Laval, Ste-Foy (Québec), Polyscience Publication Inc.
- Dupuy, A., 1989.** *Haiti in the World: Class, Race, and Underdevelopment since 1700*. Boulder and London: Westview Press.
- Duret P., (2010).** *Etude sur le potentiel de la production de la région frontalière : Ouanaminthe*, Port-au-Prince, Avril, 2010.
- FAO, 2015.** Evaluation des ressources forestières mondiales 2015. 253 p.
- Farina, A., Ed., 1998.** *Principles and Methods in Landscape Ecology*. London, Chapman & Hall.
- Farina, A. 2000.** Principles and Methods in Landscape Ecology. *Kluwers Academic Publishers*, USA, 235 p.
- Farina, A., 2006.** *Principles and methods in landscape ecology*. Towards a science of landscape. Springer, Dordrecht.
- Farina, A., 2014.** Foreword. In: Hong S.K., Bogaert J. & Min Q. (eds). *Biocultural landscapes. Diversity, functions and values*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, v-vii.
- FONHADI, 2010.** *Atelier sur la problématique de l'étalement urbain sur les terres agricoles et les espaces naturels en Haïti*. Port-au-Prince, Haïti. Acte de colloque
- Fontil, N., 2022.** L'agriculture : un moyen de lutte contre le sous-développement et la pauvreté en Haïti. Pdf. 3 p. [en ligne]. Consulté le 18 mars 2022. Disponible sur : <https://www.mediatorre.org/climat/exportactu,20080724103221,9.html>
- Forman, R. T. T. & Godron, M., 1986.** *Landscape ecology*. John Wiley & sons, New-York, USA.
- Forman, R. T. T., 1995.** *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge

- Forman, R. T. T., 1997.** *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Forman, R. T. T., 2010.** *Urban redion: ecology and planning beyond the city*. New York Cambridge University Press.
- Garfield R., 2000.** Effets des sanctions économiques sur la santé et le bien-être des populations.
- Gustafson, E. J. & Parker, G. R. 1992.** "Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern." *Landscape Ecology* 7(2) : 101-110
- Halleux, J.M., 2015.** *Les territoires périurbains et leur développement dans le monde : un monde en voie d'urbanisation et de périurbanisation*. In : Bogaert, J., Halleux, J.M. (Eds.), *Territoires Périurbains : Développement, Enjeux Et Perspectives Dans Les Pays Du Sud*. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique, pp. 43–61.
- Havyarimana, F., 2015.** *La contribution de l'instabilité sociopolitique dans l'anthropisation des paysages au Burundi : Dynamique spatiale et biodiversité*. Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles (Belgique).
- Havyarimana F. , Masharabu1 T., Kouao J.K., Bamba I ., Nduwarugira D., M. -J. Bigendako, P.Hakizimana1 , A. Mama4, F. Bangirinama5, G. Banyankimbona1 , J. Bogaert6 & C. De canniere7 La dynamique spatiale du foret situé dans la réserve naturelle forestière de Burunri au Burundi.
- IHSI, 2015.** *Population totale, population totale de 18 ans et plus, ménages et densités estimés en 2015*. Ministère de l'Economie et des Finances-Haïti, 129 p. [en ligne]. Consulté le 3 février 2022. Disponible sur : [https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/estimat\\_poptotal\\_18ans\\_menag2015.pdf](https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/estimat_poptotal_18ans_menag2015.pdf)
- IICA/SYFAAH, 2012.** *Haïti : étude de la filière riz*. Rapport de consultation. 72 p. Disponible sur : [https://timothyschwartzhaiti.com/wp-content/uploads/Rice\\_Haiti.pdf](https://timothyschwartzhaiti.com/wp-content/uploads/Rice_Haiti.pdf)
- Iorgulescu, I. & Schlaepfer, R. 2002.** *Paysage en tant qu'écocomplexe : définition, types, caractéristiques, fonctionnement et fonctions*. Fiche d'enseignement 4.1, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse.



- Jaeger, J.A.G. 2000.** *Landscape division, splitting index and effective mesh size: new measures on landscape fragmentation.* Landscape Ecology, 15 : 115-130.
- Jean-Philippe D., 2017.** *Diagnostic systématique des enjeux des acteurs locaux du milieu agricole au regard de l'adaptation aux changements climatiques - étude de cas du nord-est d'Haïti.*
- Koffi, K. J., Deblauwe, V., Sibomana, S., Neuba, D.F.R., Champluvier, D., De Cannière, C., Barbier, N., Traoré, D., Habonimana, B., Robbrecht, E., Lejoly, J. & Bogaert, J. 2007.** *Spatial pattern analysis as a focus of landscape ecology to support evaluation of human impact on landscapes and diversity.* In: Hong SK, Nakagoshi N, Fu B et al et al(eds) *Landscape ecological applications in man-influenced areas.* Linking man and nature systems. (eds S.-K. Hong, N. Nakagoshi, B. Fu & Y. Morimoto), pp. 7-32. Springer Netherlands.
- Kong, F., Yin, H., James, P., Hutyra, L. & He, H. S. 2014.** Effects of spatial pattern of greenspaces on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China. *Landscape and Urban Planning*, 128: 35-47.
- Kouakou A. T. M., Barima Y. S. S., Konate S., Bamba I., Kouadio J. Y. et Bogaert J., 2017.** *Gestion des forêts domaniales en période de conflits : cas de la forêt classée du Haut Sassandra, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.* Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(1): 333-349, February 2017. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). URL <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Oneill, R.V. & Coleman, P. R. 1987.** Landscape Patterns in a *Disturbed Environment.* *Oikos*, 48(3): 321-324.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. 1977.** "The measurement of observer agreement for categorical data." *Biometrics*. Vol. 33, pp. 159—174.
- La Presse, 2021.** *Aux premières loges du dérèglement climatique.* Disponible sur : <https://www.lapresse.ca/international/caraibes/2021-02-21/la-presse-en-haiti/aux-premieres-loges-du-dereglement-climatique.php>
- Le Nouvelliste, 2009.** Une lutte ouvrière pour survivre. Disponible sur : <https://lenouvelliste.com/article/68689/une-lutte-ouvriere-pour-survivre>

- Liu, X., Li, X., Chen, Y., Tan, Z., Li, S., Ai, B. 2010.** *A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data.* Landscape Ecology, 25: 671 - 682.
- Li, X., Lu, L., Cheng, G. & Xiao, H. 2001.** "Quantifying landscape structure in the Heihe River Basin, north-west China using FRAGSTATS." Journal of Arid Environments **48**: 521-535.
- Lobo, A., Moloney, K., Chic, O. & Chiariello, N. 1998.** "Analysis of fine-scale spatial pattern of a grassland from remotely-sensed imagery and field collected data." Landscape Ecology **13**: 11-131
- Lundhal, M. 2011.** *Poorest in the Caribbean: Haiti in the Twentieth Century*, 182p.
- Mama, A. 2013.** *Anthropisation des paysages au Bénin : dynamique, fragmentation et développement agricole.* Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Mairie de Ouanaminthe, 2014.** *Plan de Financement des services publics Communaux (PFC).* Disponible sur : <http://www.bukante.net/downloads/PFCOuanaminthe.pdf>
- MARNDR, 2016.** *Haïti : plan national d'investissement agricole* (PNIA 2016-2021). 66 p.
- MARNDR, 2015.** *Diagnostic des systèmes de production en vue de la relance de la vulgarisation agricole dans les communes d'intervention des projets RESEPAG II ET PTTA : Borgne, Bahun, Saint-Raphaël, Grison-Garde (Nord), Ferrier (Bas Maribahoux), Ouanaminthe (Haut Maribahoux), Mont-Organisé et Carice.* Rapport. Port-au-Prince, Haïti. 262 P.
- MARNDR. 2011.** Politique de développement agricole (2010-2025) version finale. Pdf. 28 p.
- MARNDR, 2010a.** *Plan national d'investissement agricole.* Disponible sur : <http://agriculture.gouv.ht/view/01/IMG/pdf/Plandinvestissementdusecteuragricolenouvelleversion1.pdf>
- Mas, J. F. 2000.** Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 26 (4): 349-362.

- Mcdonald, R. I., Kareiva, P., Forman, R.T.T. 2008.** The Implications of Current and Future Urbanization for Global Protected Areas and Biodiversity Conservation. *Biol. Conserv.* 2008, *141*, 1695–1703
- McGarigal K. & Cushman S.A., 2002,** *Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects.* *Ecological Applications*, **12**, 335-345.
- Michael A. Taylor, Tannecia S. Stephenson, A. Anthony Chen and Kimberly A. Stephenson, 2012.** climate change and the caribbean: review and response. Vol. 40, No. 2, Special Issue: Get Up, Stand Up: Environmental Situation, Threats, and Opportunities in the Insular Caribbean. URL: <https://www.jstor.org/stable/41917607>
- Mohamed Soilihi T., Gremillet D. et Karam A., 2017.** *Les conflits d’usage et la planification foncière dans les outre-mer.* Rapport d’information n° 616 (2016-2017). Disponible sur : <http://www.senat.fr/rap/r16-616/r16-6161.pdf>
- Moral, P. 1961.** Le paysan haïtien : étude sur la vie rurale en Haïti, Maisonneuve et Larose, Paris.
- Mougeot L.J.A., 2002.** Cultiver de meilleures villes : Agriculture urbaine et développement durable. Publié par le centre de recherches pour le développement international. BP 8500, Ottawa (Ontario), Canada K1
- MPCE/UCAONG, 2017.** Liste des ONG reconnues de 1982 à nos jours. Disponible sur : [https://www.haiti-now.org/wp-content/uploads/2017/05/MPCE\\_ong\\_actives\\_2012\\_2013.pdf](https://www.haiti-now.org/wp-content/uploads/2017/05/MPCE_ong_actives_2012_2013.pdf)
- Naveh, Z. 2007.** Landscape ecology and sustainability. *Landscape Ecology*, 22: 1437–1440.
- Noon, B. R. & Dale, V. H. 2002.** *Broad-scale ecological science and its application.* In: *Applying landscape ecology in biological conservation.* (eds. Gutzwiller K.J.), pp. 34-52. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
- Ochoa, J. J., Tan, Y., Qian, Q. K., Shen, L., & Moreno, E. L., 2018.** Learning from best practices in sustainable urbanization. *Habitat international*, 78, 83-95.

- Onifade, S. T., Gyamfi, B. A., Haouas, I., & Bekun, F. V., 2021.** Re-examining the roles of economic globalization and natural resources consequences on environmental degradation in E7 economies: are human capital and urbanization essential components? *Resources Policy*, 74, 102435.
- O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., Graham, R. L., 1988.** *Indices of landscape pattern. Landscape Ecology*. 3 :153–16.
- ONU. 2019.** *Un Haïtien sur trois est dans une situation de grave insécurité alimentaire.*
- Pierre, J. N. 2017.** Propositions pour la réforme et la modernisation de l'agriculture haïtienne. *Haïti Perspectives*, vol. 5(4). 8 p.
- Piou, F. 2005.** Rapport Atelier : les défis de la situation environnementale en Haïti ; Port-au-Prince
- Pontius, R. G. J. 2000.** Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogramm. Eng. Remote. Sensing*, 66: 1011 -1016
- Saint-Vil R., 2009.** Jeunes et développement sociale en Haïti : cas de la commune de Ouanaminthe.
- Salahuddin, M., Ali, M., Vink, N., & Gow, J., 2019.** The effects of urbanization and globalization on CO2 emissions: evidence from the Sub-Saharan Africa (SSA) countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2699-2709.
- Salomon, W., Useni Sikuzani, Y., Sambieni, K. R., Kouakou, A. T. M., Barima, Y. S. S., Théodat, J. M., & Bogaert, J., 2022.** Land Cover Dynamics along the Urban–Rural Gradient of the Port-au-Prince Agglomeration (Republic of Haiti) from 1986 to 2021. *Land*, 11(3), 355.
- Sambieni, K. R., Messina Ndzomo, J.-P., Biloso Moyenen, A., Halleux, J.-M., Occhiuto, R., Bogaert, J., 2017.** *Les statuts morphologiques d'urbanisation des communes de Kinshasa en République Démocratique du Congo.* TROPICULTURA, 2017,35 11 p.

- Schlaepfer, R., 2002.** *Analyse de la dynamique du paysage*. Fiche d'enseignement 4.2. Lausanne. Laboratoire de gestion des écosystèmes (GECOS), École polytechnique fédérale de Lausanne, 11 p.
- Senat S., 2016.** *Etude socio-économique sur les connaissances agricoles traditionnelles à Saint Marc, vers une analyse des possibilités du développement agricole en Haïti*. Université d'État d'Haïti/Institut d'Études et de recherches Africaines d'Haïti (IERAH/ISERSS). Port-au-Prince, 134 p.
- Septembre, A. 2005.** Haïti - Zones montagneuses : Un patrimoine menacé et une biodiversité en péril [en ligne] [http://www.alterpresse.org/spip.php?article3354#.WX\\_Ptog1\\_IU](http://www.alterpresse.org/spip.php?article3354#.WX_Ptog1_IU)
- Singh, B. & Cohen, M. J. 2014.** *Adaptation aux changements climatiques : le cas d'Haïti* (Rapport de recherche d'OXFAM). Disponible sur : [https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/rr-climatechange-resilience-haiti-260314-fr\\_0.pdf](https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/rr-climatechange-resilience-haiti-260314-fr_0.pdf)
- SOHITRA. 2011.** Etude du schéma directeur d'aménagement et de développement de la plaine de Maribahoux. Rapport. 70 p.
- Song C., Woodcock C. E., Seto K. C., Pax Lenney M., Macomber S. A., 2001.** *Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects?* Remote Sensing of Environment, 75: 230-244.
- Su, S., Xiao, R., Jiang, Z. & Zhang, Y. 2012.** *Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale*. Applied Geography, 34: 295-305.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M., Schwager, M. & Jeltsch, F. 2004.** Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31(1): 79–92.
- Tischendorf, L. 2001.** "Can landscape indices predict ecological processes consistently?" *Landscape Ecology* 16 : 235-254.

- Tohinlo Y. J. P., 2016.** *Évaluation des impacts des projets de développement sur les exploitations agricoles familiales et les ménages de l'Atacora (nord-ouest du Bénin)*. Thèse de doctorat. Gembloux Agro-Bio Tech/ Université de Liège.
- Trenda E, 2022.** *Employment in the agricultural sector in Haiti from 2010 to 2019, as share of total of total employment.* <https://www.statista.com/statistics/1080870/haiti-share-employment-agriculture/>
- Troll, C. 1939.** Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 241-298.
- Turner, M. G., O'Neill, R.V., Gardner, R. H. & Milne, B.T. 1989.** Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 3(3–4): 153–162.
- UN-HABITAT. 2009.** Global report on human settlements: planning. Nairobi : UNHABITAT.
- United Nation, 2019.** World Population Prospects 2019: Volume II: Demographic Profiles. New York, NY, USA: The United Nations
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014.** World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)
- United Nations, 2006.** *World Urbanization Prospects*. The 2005 Revision, New York, Division de la Population des Nations unies. Disponible en ligne à l'adresse [esa.un.org/unup](http://esa.un.org/unup).
- Useni Sikuzani Y, André M, Mahy G, Cabala Kaleba S, Malaisse F, Munyemba Kankumbi F, Bogaert J., 2017. Interprétation paysagère du processus d'urbanisation à Lubumbashi (RDCongo) : dynamique de la structure spatiale et suivi des indicateurs écologiques entre 2002 et 2008. In, André M. (eds), *Landscape ecological consequences of the (sub) urbanization process in an African city: Lubumbashi (Democratic Republic of Congo (2017))*. Thèse doctorale, Université de Liège, Liège (Belgique).
- Victor, J. A. 2012.** Pédologie de la Plaine de Maribahoux
- Villagraa, C., Cavagnaro J.B., 2005.** Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* P.E. 390–400 p 11.
- <file:///C:/Users/User/Downloads/1-s2.0-S014019630500145X-main.pdf>

- Vital, J. 2008.** Land use/cover change using Remote Sensing and Geographic Information Systems: Pic Macaya National Park, Haiti. Master of Science in Forest Ecology and Management (MS), School of Forest Resources and Environmental Science, Michigan Technological University, 84 p.
- Wiens, J. A., Moss, M. R., Turner, M. G. & Mladenoff, D. 2006.** *Foundation Papers in Landscape Ecology*. Columbia University Press. ISBN-10: 0231126816. Cote Bibliotheque: QH 541.15 L35 F771 2007.
- Wu, J. & Hobbs, R. J. 2007.** *Landscape ecology: the state-of-the-science*. In: Wu J, Hobbs RJ (eds) Key topics in landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zhang, G., Zhang, N., & Liao, W. 2018.** How do population and land urbanization affect CO2 emissions under gravity center change? A spatial econometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 202, 510-523.
- ZOOMHAITINEWS, 2021.** Construction d'un canal d'irrigation à Ouanaminthe : Haïti et la République Dominicaine ne parlent pas le même langage. Disponible sur : <https://zoomhaitinews.com/construction-dun-canal-dirrigationa-ouanaminthe-haiti-et-la-republique-dominicaine-ne-parlent-pas-le-meme-langage/>