Les Cahiers d'Outre-Mer

Revue de géographie de Bordeaux

279 | Janvier-Juin

Sociétés et espace haïtiens contemporains : nouveaux regards

Impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes littoraux et marins : les mangroves du Parc National des Trois Baies (Haïti) étudiées à partir d'images LANDSAT

Constantin Joseph, Franck Dolique et Pascal Saffache

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/com/9904>

DOI : 10.4000/com.9904

ISSN : 1961-8603

Éditeur

Presses universitaires de Bordeaux

Édition imprimée

Date de publication : 1 janvier 2019

Pagination : 69-95

ISBN : 979-10-300-0575-2

ISSN : 0373-5834

Référence électronique

Constantin Joseph, Franck Dolique et Pascal Saffache, « Impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes littoraux et marins : les mangroves du Parc National des Trois Baies (Haïti) étudiées à partir d'images LANDSAT », *Les Cahiers d'Outre-Mer* [En ligne], 279 | Janvier-Juin, mis en ligne le 01 janvier 2022, consulté le 08 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/com/9904> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/com.9904>

Impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes littoraux et marins : les mangroves du Parc National des Trois Baies (Haïti) étudiées à partir d'images LANDSAT

Constantin Joseph¹, Franck Dolique²
et Pascal Saffache³

Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer les impacts écologiques des activités anthropiques sur les écosystèmes littoraux et marins du Parc National des Trois Baies (PN3B) dans le Nord-Est d'Haïti. En d'autres termes, cette recherche tend à mesurer les changements opérés au niveau des habitats naturels, afin d'estimer les menaces que subissent les espèces clés des sites étudiés. Pour y parvenir, des outils tels que le système d'information géographique (SIG) et la télédétection, combinés aux résultats des recherches bibliographiques et des missions de terrains, ont été utilisés. Cela a permis d'identifier les habitats naturels prioritaires pour l'étude, d'évaluer leur évolution entre 1987 et 2017, d'inventorier les causes de ces évolutions et d'apprécier les modifications environnementales. Cette étude révèle que durant les trois dernières décennies (1987-1997 ; 1997-2007 ; 2007-2017), la végétation de mangrove du Parc National des Trois Baies (PN3B) a connu un recul considérable de l'ordre de 2 639,85 ha, soit près de 40 % de la superficie de départ. Les analyses des activités économiques pratiquées et les modes d'occupation du sol identifiés au sein des bassins versants dominants du

1. Doctorant en géographie, Ingénieur agronome. Enseignant au Campus Henry Christophe de l'Université d'État d'Haïti (CHCL/UEH). Université des Antilles/Université d'État d'Haïti. Courriel : josephconst2002(at)yahoo.fr.

2. Professeur des Universités. Université des Antilles/UMR 7208 BOREA.

3. Professeur des Universités. Université des Antilles/Laboratoire AIHP-GEODE (EA 929).

Parc montrent qu'il existe un lien étroit entre les activités anthropiques et la dégradation des écosystèmes littoraux et marins, particulièrement la mangrove. Cette recherche a permis de révéler les interactions entre un système bioécologique, représenté par le milieu naturel, et un système socio-économique spécifique, celui du PN3B. **Mots-clés : mangrove, activités anthropiques, SIG & télédétection, écosystèmes littoraux et marins, Haïti.**

Abstract

The purpose of this study is to assess the ecological impacts of anthropogenic activities on the coastal and marine ecosystems of the Three Bays National Park (PN3B) in the northeast of Haiti. In other words, this research tends to measure changes in natural habitats, in order to estimate the threats faced by key species at the sites studied. To achieve this, tools such as the geographic information system (GIS) and remote sensing, combined with the results of bibliographic research and field missions, were used. This has helped to identify the priority natural habitats for the study, to assess their evolution between 1987 and 2017, to inventory the causes of these evolutions and to assess the environmental modifications. This study reveals that during the last three decades (1987-1997; 1997-2007; 2007-2017), the mangrove vegetation of the Three Bays National Park (PN3B) has experienced a considerable decline of the order of 2 639,85 ha, or almost 40 % of the starting area. Analyses of the economic activities carried out and the land use patterns identified within the dominant watersheds of the Park show that there is a close link between anthropogenic activities and the degradation of coastal and marine ecosystems, particularly the mangrove. This research has revealed the interactions between a bioecological system, represented by the natural environment, and a specific socio-economic system, that of PN3B.

Keywords: *mangrove, anthropogenic activities, GIS & remote sensing, coastal and marine ecosystems, Haiti.*

Introduction

En Haïti, les problématiques environnementales sont patentes et s'expriment à toutes les échelles territoriales (MDE/PAGE/INESA, 2008). Cette situation va en s'aggravant, d'autant que la vulnérabilité socio-économique constitue l'un des facteurs accentuant des mécanismes de dégradation qui ont déjà atteint un seuil très critique (Dufour, 2011). Le plus souvent, cette tendance se traduit par une érosion accrue de la biodiversité et une fragilisation des écosystèmes naturels du pays résultant des activités anthropiques, écologiquement inappropriées et non durables ; c'est le cas du « Parc National des Trois Baies », ou PN3B, qui connaît un recul progressif et évident de sa végétation de mangrove.

Dégradées, les mangroves ne seront plus en mesure de remplir les multiples fonctions qu'elles accomplissent : rôle d'habitat pour les espèces qui en dépendent et risquent donc de disparaître (Aube, 1999) ; service d'alimentation et de protection des écosystèmes marins servant d'habitat à de nombreuses espèces aquatiques (Jadot, 2016) ; service de protection des côtes contre l'érosion, les inondations, les tsunamis et les tempêtes tropicales, ce qui amplifie la vulnérabilité des systèmes naturels adjacents par rapport à ces aléas hydrométéorologiques (Joseph & Saffache, 2003).

Les défis sont considérables, pourtant des solutions adéquates tardent encore à venir. Interpellés par cette conjoncture menaçante, nous avons pris la décision de mener une étude diachronique sur l'évolution des mangroves du Parc National des Trois Baies, en vue de retracer la dynamique (état et tendances) de localisation et d'extension (spatiale et biologique) des habitats naturels qui s'y trouvent, potentiellement sous l'influence des activités anthropiques. Le dispositif mis en place pour cette étude impliquait l'utilisation de techniques d'enquête adaptées et de solutions technologiques comme la géolocalisation, les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et la télédétection (identification d'objet par l'usage d'imagerie satellitaire). La rédaction de cet article s'articule en deux temps : les résultats et leur analyse suivie de quelques suggestions.

En termes de résultats, il conviendra de vérifier comment les transformations au sein des habitats naturels se sont produites au cours du temps, en relation avec les types d'occupations du sol ; de décrire la dynamique de la végétation de mangrove au niveau des sites étudiés, en relation avec les activités anthropiques des zones attenantes au PN3B ; d'inventorier les espèces de palétuviers qui s'y trouvent et d'estimer leur degré de vulnérabilité ou de résilience, car elles constituent éléments clés des écosystèmes considérés. En termes d'analyse, nous établirons les relations existant entre l'état de ces habitats naturels et l'état des bassins versants, ainsi que l'influence des activités anthropiques sur l'état des bassins versants. Ensuite, des solutions facilement applicables seront proposées en vue de la préservation et de la restauration des écosystèmes menacés et des espèces vulnérables ou en danger.

L'objectif général de cette étude était de décrire la tendance de la dynamique des écosystèmes naturels et d'établir le lien existant entre cette dynamique et les activités anthropiques menées autour de l'aire protégée du PN3B. Pour y parvenir, il a fallu dresser un état des lieux des écosystèmes de mangrove repérés et recensés au niveau du « *Parc National des Trois Baies* » à partir de trois périodes différentes (1987-1997 ; 1997-2007 ; 2007-2017), anticiper et évaluer les impacts écologiques des activités anthropiques potentiellement menaçantes pour la survie des écosystèmes naturels. Ces périodes ont été

choisies en fonction de l'accessibilité des images satellites de meilleure qualité, mais également parce que la période initiale (1987-1997) coïncidait à un moment d'instabilité politique majeure et de difficultés économiques importantes, ayant engendré une situation d'anarchie sans égale où l'abattage des arbres échappait complètement au contrôle des gestionnaires concernés.

I- Présentation du Parc National des Trois Baies (PN3B)

Situé dans la moitié Est de la côte septentrionale d'Haïti, le « Parc des Trois Baies et des Lagons aux Bœufs » ou « Parc National des Trois Baies (PN3B) » est un parc formé d'un complexe marin, côtier et terrestre, créé par arrêté présidentiel en décembre 2013 (Le Moniteur, 2013). Comme son nom l'indique, ce parc est composé de Trois Baies (baie de Limonade, baie de Caracol, baie de Fort-Liberté) et des Lagons aux Bœufs. En 2014, il a été déclaré « Aire Protégée de Ressources Naturelles Gérées des Trois Baies » (Le Moniteur, 2014). Selon l'arrêté, il est constitué de systèmes naturels dont il faut assurer la protection à long terme et dont il faut maintenir la diversité biologique, tout en répondant aux besoins des communautés dépendant de ces systèmes. L'Aire protégée couvre une superficie de 75 618 hectares et représente un périmètre de 170 kilomètres (Le Moniteur, 2014). Les limites du parc s'étendent sur plus de 40 km vers l'est, à partir de la rive occidentale de la Grande Rivière du Nord, jusqu'à la frontière avec la République dominicaine (Kramer *et al.*, 2016) (voir **Figure 1**).

La partie marine contient l'un des plus longs récifs coralliens d'Haïti et, également, une des plus grandes superficies de mangrove du pays en plus de la présence d'espèces de haute importance pour la biodiversité : notamment les éponges, les coraux et les octocoralliaires (Kramer *et al.*, 2016). Dans ces Trois Baies, les mangroves, les herbiers marins et les récifs représentent des zones déterminantes en termes de fraie et d'alevinage pour les poissons, les mollusques et les crustacés (Kramer *et al.*, 2016). Nombre de ces espèces servent de sources de protéines importantes, non seulement pour la population riveraine, mais aussi pour des populations plus lointaines via les échanges commerciaux. En outre, ces habitats ont pour rôle de protéger les rives contre l'érosion, l'action des vagues et les ondes de tempête, ce qui en fait des écosystèmes uniques. De plus, une partie importante des eaux peu profondes de la baie abrite une zone inhabituelle de coraux/d'herbes à tortue, alors que sa partie centrale et plus profonde est recouverte presque uniquement d'herbes à tortue (GEF/MDE/PNUD, 2016).

Pourtant, ces mangroves sont exploitées pour en tirer du charbon de bois et défrichées pour établir des marais salants (GEF/MDE/PNUD, 2016).

Figure 1 – Carte de localisation et de présentation du Parc National des Trois Baies (PN3B)

1- Le Parc National des Trois Baies : un réceptacle des eaux de plusieurs bassins versant

Le Parc National des Trois Baies est surplombé par quatre grands bassins versant. Chacun d'entre eux est drainé par une rivière venant des montagnes du sud des départements du Nord et du Nord-Est, et traverse la plaine pour aller se jeter au nord, dans l'Océan Atlantique (UTSIG, 2005). Il s'agit de la Grande rivière du Nord, qui aboutit à la mer à l'ouest de la baie de Limonade, de la rivière Trou du Nord, qui traverse la ville de ce nom et aboutit à la mer à Caracol, de la rivière Marion, se déversant dans la baie de Fort Liberté, à l'ouest de la ville, et de la rivière de Jassa qui traverse les communes de

Ouanaminthe et de Ferrier pour rejoindre la rivière Massacre et se jeter en mer aux confins de la baie de Mancenille.

Hormis la Grande rivière du Nord, les autres bassins versants, relativement moins importants en termes de superficie, peuvent s'assécher totalement dans leur cours inférieur pendant les longues périodes sans précipitations (Kramer *et al.*, 2016).

2- Le Parc National des Trois Baies : la deuxième réserve de mangrove du pays

La mangrove est un écosystème forestier constitué d'arbres et d'arbustes particuliers se développant généralement sur les littoraux des régions tropicales (Tomlinson, 1986 ; Aube, 1999 ; Jadot, 2016). Le terme « mangrove » est utilisé à la fois pour désigner l'écosystème et les espèces arborescentes qui le constituent (Jadot, 2016). En Haïti, comme partout d'ailleurs, cet écosystème se développe entre les zones de fluctuation des marées et au niveau des estuaires (Koochafkan & Lilin, 1989). La mangrove de l'aire protégée du PN3B héberge quatre espèces de palétuviers : le manglier rouge (*Rhizophora mangle*), le manglier noir (*Avicennia germinas*), le manglier blanc (*Laguncularia racemosa*) et le manglier (*Cornocarpus erectus*). Cependant, comme dans tout le pays, le rhizophora (80 %) et l'avicennia (15 %) représentent les espèces prédominantes (Wiener, 2014). La superficie totale de mangrove en Haïti s'estime à 17 337,14 ha (CNIGS, 1998), repartis dans les différentes régions. Selon un rapport de la FoProBiM (Wiener, 2014), le PN3B détient la deuxième plus importante superficie (26 %) après Grande saline (40 %) dans le département de l'Artibonite (Estuaire de l'Artibonite).

Au-delà de leur double fonction purificatrice (Saffache, 2002) pour l'atmosphère (puits de carbone et source d'oxygène) et pour les eaux (absorption de grande quantité de polluants aquatiques), ces écosystèmes de mangrove servent aussi de refuges pour abriter de nombreuses espèces aquatiques, terrestres et aériennes (Aube, 1999 ; Jadot, 2016). En plus, ils constituent, pour les populations côtières, une barrière protectrice contre les vagues, les houles et les raz-de-marée (tsunamis) (Jadot, 2016). Cependant, à l'heure actuelle, la dégradation de ces écosystèmes naturels devient de plus en plus alarmante, voire un danger difficile à pallier pour les communautés riveraines. À ce stade, puisque la pression anthropique s'est accentuée, la capacité naturelle de régénération de ces milieux a été dépassée et un déséquilibre durable s'est installé (Joseph & Saffache, 2003).

II- Démarches méthodologiques adoptées

La méthodologie adoptée pour réaliser cette étude est constituée de plusieurs étapes. L'une des premières étapes a été l'acquisition des images satellitaires. Ces images sont la base de l'étude, car, après avoir été soumises à une série de traitements, elles nous ont permis d'extraire les données nécessaires à l'analyse diachronique du milieu. Les images satellites utilisées sont fournies par les satellites Landsat-8, 7 et 5, respectivement acquises par les capteurs OLI (Operational Land Imager), TM (Thematic Mapper) et ETM (Enhanced Thematic Mapper). Le choix de ces images est dû à leur facilité d'accès et leur capacité à fournir de bons résultats en matière de suivi de la végétation. À titre informatif, ces images sont récupérables sur le site de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS), un organisme gouvernemental américain qui se consacre aux sciences de l'observation de la Terre.

Les images utilisées ont une résolution spatiale de 30 m en multispectral, et une résolution de 15 m en panchromatique⁴. Cependant, dans un souci d'amélioration de leur résolution, une technique de ré-échantillonnage par fusion (*pansharpenning*⁵) a été mise en œuvre afin de les ramener à 15 m. Ce faisant, la résolution ainsi obtenue est ramenée à un niveau amplement suffisant pour permettre l'extraction des objets envisagés, notamment des zones de mangrove. En outre, elles offrent l'avantage de pouvoir combiner les différentes bandes pour mettre en évidence les différents types d'occupations du sol, dont le peuplement de mangrove, objet clé de l'étude.

Toutefois, compte tenu de certaines imperfections relatives aux caractéristiques des capteurs et étant donné que les produits récupérés ont déjà été ortho-rectifiés par le fournisseur, seule une opération de correction radiométrique a été appliquée sur les images utilisées. Cette application a pour but de corriger les « bruits radiométriques » présents sur les images et de rendre les données brutes aptes aux analyses thématiques. Au final, cette technique a permis de convertir les comptes numériques en valeurs de luminance et ensuite en valeurs de réflectance (%). Cette opération a été réalisée dans le but de permettre aux images multi-datées voir multi-capteurs d'être comparables entre elles (Durrieu & Deshayes, 1994)⁶ ; elle a été suivie d'une opération de découpage de la zone d'étude.

4. L'image panchromatique est une image à bande unique présentée en noir et blanc, de résolution plus fine que l'image multispectrale.

5. Technique utilisée pour améliorer la résolution d'une image multispectrale en se servant de la résolution de l'image panchromatique.

6. Pour ce faire, les outils *Radiometric Calibration*, *Radiometric Correction* et *FLAASH Atmospheric Correction* du module *Radiometric Correction Module* de *Toolbox* de ENVI 5.3 ont été utilisés.

En fin de compte, pour pouvoir extraire les différentes occupations de sols caractérisant le milieu d'étude, les images satellitaires acquises ont été soumises à plusieurs types de traitements : les traitements automatiques incluant les classifications par seuillage, supervisées et non-supervisées, les post-traitements matérialisés par la superposition des différentes couches de classification à des fins de comparaison, l'extraction manuelle et la relocalisation appropriée de certaines entités mal classées après vérification, l'évaluation et la validation des classifications réalisées. Néanmoins, mieux appropriée compte tenu des enjeux de l'étude, c'est la classification réalisée sur ENVI 5.3 qui a été retenue pour l'extraction finale des informations.

Cette classification vise à associer un nombre d'observations à l'une des classes connues *a priori* (Bouveyron & Girard, 2009). Ainsi, en qualité d'interprète, il a été nécessaire d'intervenir pour imposer une typologie selon la nomenclature adoptée se basant sur une phase d'apprentissage, d'où la nécessité de se disposer des petits polygones dits « d'entraînements ou vérité de terrain ». Dans ce cas, pour pouvoir obtenir ces polygones, deux approches ont été adoptées : l'organisation et la réalisation d'une mission de terrain et une opération de photo-interprétation assistée par ordinateur (PIAO) à partir des images satellites prétraitées. Au total, 172 polygones ont été échantillonnés sur les images de 1987, 140 sur celle de 1997, 197 sur celle de 2007 et enfin 146 sur celle de 2017 pour l'entraînement du classifieur. Ces échantillons ont servi non seulement de base pour la classification mais aussi de référence pour l'évaluation de la précision des résultats obtenus.

À partir des échantillons d'occupation de sols, pris sur le terrain au moyen des récepteurs GPS lors de la réalisation d'un transect au sein de la zone d'étude, et ceux tirés par photo-interprétation (PIAO), une opération d'évaluation a été appliquée sur les produits obtenus afin de les valider. Ces échantillons, en principe, de type polygone, ont servi d'éléments de référence pour la validation tout en cherchant à estimer les portions de classe ayant une correspondance quasi parfaite avec ceux-ci, i. e. ayant été bien classées lors des classifications. Pour ce faire, une matrice de confusion a été conçue, ce qui a permis de déterminer les indices de Kappa (K), la précision globale (PG) et les précisions de l'utilisateur (PU) et du producteur (PP).

En parallèle à ce processus technique, une mission de terrain a été réalisée, ce qui a permis de faire une visite exploratoire du milieu en suivant un transect, de réaliser les prises de vues et de prélever sur le terrain, via un récepteur GPS, des échantillons d'occupation de sols destinés à l'évaluation et à la validation des données produites par classifications.

III- Résultats et discussions

1- Analyse des occupations des sols des bassins versant sous-jacents du PN3B

La **figure 2** a pour objet de fournir des informations sur les différents modes d'occupation du sol qui caractérisent les quatre grands bassins versants dominant l'aire du PN3B. Elle permet de bien analyser et interpréter les types d'activités exercés dans le milieu et d'en déduire les conséquences sur les composantes vitales du Parc.

Figure 2 – Occupations des sols des bassins versant dominants du Parc National des Trois Baies (2017)

Cette carte, réalisée à partir d'une image landsat-8 de 2017, permet de localiser les différents types d'activités et les différentes situations qui prévalent au sein des bassins versant dont les exutoires se trouvent dans le PN3B. Morphologiquement, si on subdivise ce territoire en deux catégories de relief, la partie septentrionale est formée d'une plaine et la partie méridionale

est constituée de collines et de montagnes. La première zone est dominée par la classe de prairie et une végétation arbustive dominée par le « Cambon » (*Acacia farnesiana*) qui forme une sorte de forêt sèche (Kramer *et al.*, 2016 ; UTSIG, 2005) ; on y trouve des zones de cultures qui se concentrent dans les milieux plus humides (Fort Liberté, Ferrier et Ouanaminthe dans le Nord-Est, Limonade et Quartier Morin dans le Nord) ; il existe aussi quelques poches d'agroforesterie surtout dans les zones de transitions entre la plaine et les montagnes. On retrouve ensuite les mangroves, les marais salants et les plages de dunes sur le littoral.

La seconde région se caractérise, quant à elle, par des systèmes agroforestiers en piémont et sur les flancs de collines ou de certaines montagnes, avec des petits espaces arborés (bosquets), des petites franges de cultures et de prairie. Il faut également noter la présence flagrante d'une portion d'affleurement rocheux aux sommets des montagnes, qui résulte d'un processus accéléré de dégradation des sols par érosion suite à des pratiques agricoles qui fragilisent progressivement le sol jusqu'à atteindre ce point critique (Kramer *et al.*, 2016 ; Rony, 2015 ; MDE/INESA, 2008).

Les pentes abruptes et déboisées des parties supérieures de tous les bassins versants induisent des écoulements très rapides avec des débits élevés après les événements hydrométéorologiques (Kramer *et al.*, 2016). Les fortes chutes de pluie engendrent des conditions propices aux crues soudaines, dangereuses, ainsi que le déplacement de gros volumes de sédiments (Kramer *et al.*, 2016).

2- Impacts des activités anthropiques sur les écosystèmes en aval des bassins versant

Les principales activités réalisées au sein des bassins versant liés au Parc sont l'agriculture, la pêche, l'élevage, la fabrication du charbon et l'exploitation des combustibles ligneux (bois d'énergie), l'exploitation minière et l'extraction saline. Ces activités sont, chacune à leur manière, susceptibles de générer des impacts négatifs, mais encore patents, pour la survie des écosystèmes côtiers et marins subjacents (MDE/INESA, 2008 ; GEF/MDE/PNUD, 2016).

2.1- Le secteur agricole vers la vulnérabilité des écosystèmes marins et littoraux

L'agriculture, y compris la sylviculture, l'élevage et la chasse, occupe 49 % de la population active de la zone (CIAT, 2012). En effet, compte tenu de l'accroissement démographique continu [environ 9 000 habitants en 6 ans (IHSI, 2009 ; IHSI, 2015)] et de la faible fertilité des sols utilisés, les agriculteurs se voient obligés d'accroître les superficies cultivées (MDE/INESA, 2008).

Cependant, cette extension des superficies cultivées, nécessaire à la survie de la population, expose chaque année de plus grandes surfaces aux effets des pluies (MDE/INESA, 2008). Les types de cultures les plus fréquents au niveau de ces bassins versant sont la canne à sucre, destinée à la production du clairin (sorte de rhum haïtien), des parcelles de manioc destinées à la production des cassaves, des bananeraies et des parcelles diversifiées dans la partie du Nord ; des rizières, de la culture d'arachide, du haricot, de l'igname, mais aussi du manioc et quelques parcelles diversifiées dans la partie du Nord-Est.

Dans la majorité des cas, il s'agit de succession continue d'associations culturales (arachide, manioc, haricot, parfois pois congo ou maïs) sous sarclage, tout en laissant le sol nu dans l'intermède en attendant la plantation et, souvent, sans installer des structures de protection des sols. Ces dispositifs, à l'exception du pois congo et du maïs, constituent tous un ensemble d'agents accélérateurs de l'érosion des sols compte tenu des pratiques culturales utilisées (**Figure 3** : Mont-Organisé (Mélia), 10/11/2018, et Capotille, 15/11/2018).

À titre d'exemple, la récolte de ces cultures, en particulier l'arachide, le haricot, l'igname et le manioc, cultures à récolte souterraine, se fait toujours par éradication des tiges pour pouvoir en extraire les racines. Cette technique de récolte, surtout dans les zones de montagne, engendre la fragilisation et la vulnérabilité du sol par son exposition superficielle aux érosions pluviales et éoliennes. Par conséquent, les couches arables de ces sols sont régulièrement charriées par les eaux de pluies et les cours d'eau attenants pour aller se jeter en mer (Rony, 2015). Les matériaux transportés, en plus de l'effet polluant des fertilisants et des pesticides chimiques qu'ils apportent dans l'eau de mer, vont provoquer l'ensablement et l'envasement des cours d'eau par accumulation. Ensuite, ils vont engendrer la sédimentation (*idem*) et l'eutrophisation des eaux maritimes, d'où une menace flagrante et accrue pour la survie des espèces et des écosystèmes qui s'y trouvent, notamment les récifs coralliens et les mangroves. C'est le cas des espèces coralliennes menacées *Montastraea annularis* et *M. faveolata* au niveau des récifs de Fort Liberté (GEF/MDE/PNUD, 2016).

2.2- Le secteur de l'élevage et les conséquences potentielles sur l'environnement du PN3B

L'élevage est une autre activité économique très importante pratiquée à grande échelle, mais de manière libre, au niveau des bassins versant qui dominent le PN3B. Dans les bassins du Nord-Est, par exemple, l'élevage constitue la principale source de revenus pour les paysans-éleveurs (MARNDR/VETERIMED, 2005). La majeure partie de ce secteur se concentre dans les zones de la plantation Dauphin, dans les limites du Parc des Trois Baies. Cet élevage se conduit en mode libre, dominé par l'élevage des ruminants (bovins

et caprins) à près de 82 % (MARNDR, 2012). *Ipsso facto*, le lessivage des déjections laissées en surface résultant de ce mode d'élevage par les eaux de ruissellement induit une concentration élevée en méthane dans les eaux marines. Étant donné leur rôle d'écran/filtre protecteur à l'égard des écosystèmes sous-jacents, les peuplements de mangrove stoppent au passage une portion de ces substances. La portion atteignant la mer engendre parfois l'eutrophisation du milieu, aussi, elle contribue à l'acidification des eaux à cause de l'augmentation de la concentration initiale en dioxyde de carbone (CO_2) (Québec-Océan, 2018), ce qui constitue une menace considérable pour la survie des espèces qui s'y trouvent.

Figures 3a et 3b – Parcelle de haricot cultivée en pente (à gauche) et parcelle d'arachide sous sarclage (à droite) – Mont-Organisé (Mélia), 10 novembre 2018 & Capotille, 15 novembre 2017 (auteur)

Au fur et à mesure que le CO_2 se dissout dans l'eau de mer, il réagit avec les molécules d'eau (H_2O) pour former de l'acide carbonique (H_2CO_3) ; l'acide carbonique se dissocie alors en bicarbonate (HCO_3^-) et en ions hydrogène (H^+). Cette augmentation d'ions H^+ diminue alors le pH de l'eau de mer et rend l'océan plus acide (Québec-Océan, 2018). Cette situation va particulièrement affecter la survie des organismes marins qui produisent des coquilles ou des squelettes à partir du carbonate de calcium minéral (CaCO_3), à savoir notamment les organismes bio-minéralisateurs : cnidaires, échinodermes, gastéropodes, bivalves, crustacés. *i. e.* les récifs coralliens, les étoiles de mer, moules et les homards (Québec-Océan, 2018).

2.3- Le secteur de la pêche, un pôle économique menaçant la survie des espèces marines

Pratiquée par une très faible proportion de la population active de l'ensemble des quatre bassins versants étudiés (CIAT, 2012), la pêche représente la principale activité économique d'une bonne partie de la population des zones côtières (Rony, 2015). Cependant, les techniques utilisées à cette fin échappent au contrôle des autorités responsables de la gestion efficace et

durable de ce domaine. En fait, les matériels de pêche utilisés ne respectent souvent aucun principe réglementaire, notamment ce qui a trait à la mesure des tailles minimales de ressources halieutiques à exploiter. Cela implique une exploitation anarchique qui entrave la multiplication, la régénération et la pérennisation de certaines espèces au niveau du Parc (Kramer, et al., 2016). Dans ce cas, certaines espèces menacées ou en danger migrent, ou sont livrées à l'exploitation jusqu'à l'extinction (Kramer *et al.*, 2016).

2.4- La fabrication du charbon, l'exploitation des ligneuses et la dégradation des mangroves

La déforestation du pays est souvent présentée comme un phénomène contemporain qui résulterait particulièrement de l'accélération de la coupe de bois pour la production de charbon (MDE/INESA, 2008).

La fabrication du charbon et l'exploitation des combustibles ligneux font partie des activités économiques clés menées dans l'aire du PN3B (**figure 4**). Ces activités reposent sur l'exploitation des forêts sèches constituées en grande partie de cambon (*Acacia farnesiana*), mais aussi de celle des peuplements de palétuviers (GEF/MDE/PNUD, 2016) jouant un rôle de protection majeur, tant pour la biodiversité marine que terrestre. Cette situation entraîne la dégradation progressive mais continue des espèces et d'autres écosystèmes qui dépendent de ces peuplements.

2.5- L'exploitation minière et ses impacts environnementaux potentiellement dangereux

Figure 4 – Pile de tiges de palétuviers pour le charbon – Caracol, 07/06/2018 (auteur)

Le secteur de l'exploitation des mines (or, carrières, etc.) constitue l'une des activités les plus rémunératrices au sein des bassins versants dont les eaux

sont drainées vers le Parc des Trois Baies. Bien qu'elle soit pratiquée par une faible part de la population qui s'y trouve, ses impacts environnementaux sont importants. Les techniques traditionnelles d'une telle activité exigent l'excavation profonde du sol pour pouvoir en extraire soit des métaux précieux (l'or) dans les zones d'altitude, soit des matériaux de construction habituellement dans les lits mineurs des rivières ou des remblais destinés à l'aménagement et à la construction des routes. Dans ce cas, les couches de terre résiduelles vont s'étaler en surface, et s'exposer à l'érosion pendant les périodes de pluies. Charriés par les eaux de ruissellement, ces matériaux vont être transportés dans la mer ou s'accumuler sur le littoral, notamment au niveau des écosystèmes de mangroves qui, souvent, les interceptent au passage (Noel, Renoux & Rakotonavalona, 2011 ; Spalding, Kainuma & Collins, 2010). Cependant, un fort volume de sédiments accumulés suite aux périodes de pluies intenses, notamment causées par les cyclones, peut engendrer l'envasement et l'asphyxie des palétuviers suivie de la destruction des écosystèmes qu'ils constituent (Noel, Renoux & Rakotonavalona, 2011).

2.6- L'extraction saline et les pertes considérables en termes de superficie des mangroves

Comme déjà mentionné, au niveau du littoral, les mangroves sont exploitées pour en tirer du charbon de bois et défrichées pour établir des marais salants, comme visibles sur les clichés de la **figure 5** (GEF/MDE/PNUD, 2016). Selon une étude réalisée (CATEDEL, 2018) dans le cadre du projet « Adaptation basée sur les écosystèmes (ABE/EBA), un effectif de 257 individus exploite un nombre de 797 marais salants dans l'aire du Parc. Ces structures sont, la plupart du temps, installées à l'intérieur de la mangrove, mais le plus souvent dans les endroits les mieux accessibles comme les zones de transition limitrophes aux espaces continentaux. Toutefois, bien que ces installations soient d'une importance capitale pour ceux qui les exploitent, il n'en demeure pas moins qu'elles ont des conséquences très néfastes pour l'environnement littoral et marin, plus particulièrement pour la survie et la préservation de la mangrove. Cela engendre périodiquement des pertes considérables en termes de superficie des mangroves. Cette dégradation de la végétation côtière affaiblit considérablement son rôle protecteur à l'égard des différents types d'écosystèmes mitoyens mais aussi sa qualité de purificateur des eaux de crue et des effluents au profit des espèces et des écosystèmes marins sous-jacents.

Figures 5a et 5b – Coupe de mangrove et aménagement d'espaces pour l'extension des marais salants

Caracol, 7 juin 2018 (auteur).

3- Les écosystèmes littoraux et marins sont-ils menacés ?

Le PN3B constitue un réceptacle des eaux de quatre bassins versants du Nord et du Nord-Est ; l'ensemble des activités entreprises en amont a donc des répercussions considérables sur l'Aire protégée en aval, les menaces sont manifestes.

Il est évident que les écosystèmes côtiers et marins d'Haïti sont en voie de dégradation accélérée, non seulement à cause de la surpêche dans les zones les plus accessibles et de la surexploitation des mangroves, mais aussi en raison de la pollution d'origine tellurique (sédimentation, déchets domestiques et industriels) et des rejets indésirables en provenance des navires et des bateaux (MDE, 2016). En plus de ces catalyseurs de dégradation, des zones de forte diversité de plantes terrestres, présentant un potentiel de rétablissement, continuent d'être menacées par la production de charbon, l'accroissement de l'agriculture à petite et à grande échelle et la propagation de l'espèce « *Acacia farnesiana* » (Kramer *et al.*, 2016), sans omettre l'extraction saline par la destruction des mangroves.

Globalement, toute l'étendue de mangrove incluse dans le Parc est affectée par l'exploitation anarchique et clandestine que ce soit pour la fabrication du charbon ou pour l'extraction des salines. Dans ce cas, les parties de mangrove les plus affectées par le recul s'associent généralement aux zones les plus accessibles, notamment dans les zones de transition, limitrophe à la partie continentale. En sus, le manglier rouge (*Rhizophora mangle*) et le manglier noir (*Avicennia germinans*) sont les espèces les plus répandues au niveau du parc, toutefois le manglier rouge est aussi l'espèce la plus exploitée, notamment pour la fabrication du charbon, car elle fournit de meilleur produit et se vend à meilleur prix que noir et blanc (Aube, 1999). Pourtant elle est l'espèce la plus difficile à régénérer.

Au-delà de ces facteurs directs de la dégradation, la présence de sédiments en quantités excessives dans les eaux côtières entrave la croissance des coraux, pouvant même, à terme, entraîner leur extinction, réduit l'habitat et la diversité de la faune marine et bouleverse les équilibres du milieu (MDE/INESA, 2008).

VI- Analyse diachronique des occupations des sols du PN3B à partir des images Landsat-8

L'un des objectifs de cette étude était de quantifier les superficies de mangroves détectées au fil des années. Basée sur l'analyse diachronique des images satellitaires (Landsat-8) de 1987, 1997 et 2017, elle a permis de mettre en avant les principales tendances d'évolution des peuplements de mangrove au cours de ces trois dernières décennies. Cette initiative permet, entre autres, de révéler les interactions entre un système bioécologique, représenté par le milieu naturel, et un système socio-économique, à travers des résultats issus notamment des activités anthropiques.

L'objectif était de présenter de manière illustrée les différentes occupations des sols constituant l'aire circonscrite du PN3B dans le temps et dans l'espace. Pour ce faire, quatre dates de référence ont été sélectionnées (1987 ; 1997 ; 2007 ; 2017) et une classification en 11 classes (affleurement et sol nu, agroforesterie, récif corallien, culture agricole, eau, forêt sèche/savane, mangrove, marais salants, plage et dune, prairie et zones urbaines) a été réalisée pour chacune des dates de référence. Cela a permis de faire une comparaison multi-dates afin de déceler les changements opérés dans le paysage, notamment dans les espaces occupés par les mangroves. Située entre la partie terrestre et marine du PN3B, la mangrove occupe la deuxième place après l'eau en termes de superficie. Viennent ensuite les forêts sèches, composées en grande partie d'*Acacia Farnesiana*, un arbuste très utilisé dans la fabrication de charbon ou combustible de cuisson et/ou comme énergie dans les blanchisseries et les boulangeries. Mais aussi, et surtout, il faut signaler la présence des classes de pâturages/prairie, de culture agricole, de plage et dunes et des marais salants, faisant l'objet de compétition avec la mangrove pour l'occupation de l'espace. En fait, de 1987 à 2017, la forêt de mangrove maintient visuellement la même allure structurale (voir **figures 1 et 4-8**) pourtant, sur le plan quantitatif, une réduction sensible est constatée. Aussi, on observe une expansion significative des marais salants et de l'espace urbanisé au sein du PN3B. Les tableaux de données 4, 5, 6 et 7 permettent de mieux cerner et mettre en exergue les changements qui s'y opèrent.

Globalement, une réduction considérable des peuplements de mangrove est constatée au cours de ces trois dernières décennies. En fait, de 1987 à 1997, la superficie de mangrove a chuté de 1 675,36 ha, soit 24,89 % de la superficie de référence. De 1997 à 2007 elle a perdu une superficie de 667,66 ha, représentant 15,22 % de la superficie de référence. De 2007 à 2017 elle a décru de 296,83 ha, ce qui équivaut à un taux de 7,26 % de la couverture de référence. Au final, en l'espace de 30 ans, la couverture de mangrove connaît une régression de 2 639,85 ha pour un taux de 39,22 %. Par conséquent, en considérant une régression linéaire de l'ordre de 88 ha par an, dans 46 ans les mangroves seront complètement détruites, si aucun effort n'est fait pour les protéger voire les restaurer à l'urgence.

1- Les changements temporels au sein des mangroves *via* des matrices de transition

Pour mettre en évidence les changements temporels au sein des mangroves, des matrices de transition sont utilisées ; les superficies de mangrove de chaque année de référence sont intersectées aux occupations des sols de chacune des années étudiées (1987-1997 ; 1997-2007 ; 2007-2017) afin d'en déduire la répartition à chacune des autres classes. Ce dispositif permet de détecter la dynamique de changement des mangroves en d'autres occupations de sols pour chaque décennie envisagée, mais aussi de comprendre comment la régression de la couverture de mangrove est répartie dans le temps et de quantifier sa conversion relative à chaque type d'occupation de l'espace observé. Au final, le cumul de toutes les occupations doit coïncider au total de la couverture de mangrove de l'année de référence considérée.

Tableau 1 – Matrice de transition des mangroves en d'autres occupations de sols de 1987-1997

Transition de la forêt de mangrove en d'autres occupations du sol en hectare (ha) et en pourcentage (%)											
Classes	Affleurement et Sol Nu	Agroforesterie	Culture Agricole	Eau	Forêt Sèche	Mangrove	Marais Salants	Plage et Dune	Prairie	Zones Urbaines	Total
(ha)	73,16	89,32	227,36	286,29	246,34	4 658,33	62,11	791,83	272,58	22,38	6 729,7
(%)	1,09	1,33	3,38	4,25	3,66	69,22	0,92	11,77	4,05	0,33	100

Cette matrice de transition (**Tableau 1**) permet de constater que, de 1987 à 1997, la végétation de mangrove du PN3B est passée d'une superficie de

6 729,7 ha à une superficie de 5 054,34 ha. Cette perte de couverture induite est estimée à 1 675,36 ha, soit 24,89 % de la superficie de départ en dix ans, elle est redistribuée à tous les autres types d'occupation du sol avec une forte transformation en « plage et dune », soit une surface de 791,83 ha due possiblement aux aménagements humains. Vient ensuite la classe « prairie » (272,58 ha) composée en majeure partie par le Cambon (*Acacia farnesiana*), espèce xérophile très envahissante (Kramer *et al.*, 2016).

Tableau 2 – Matrice de transition des mangroves en d'autres occupations de sols de 1997-2007

Transition de la forêt de mangrove en d'autres occupations du sol en hectare (ha) et en pourcentage (%)											
Classes	Affleurement et Sol Nu	Agroforesterie	Culture Agricole	Eau	Forêt Sèche	Mangrove	Marais Salants	Plage et Dune	Prairie	Zones Urbaines	Total
(ha)	3,69	17,75	63,66	582,65	34,51	4 070,36	54,17	214,37	9,81	3,38	5 054,34
(%)	0,07	0,35	1,26	11,53	0,68	80,53	1,07	4,24	0,19	0,07	100

Pour la décennie de 1997-2007, la végétation de mangrove, bien que ce soit de manière modérée par rapport à la décennie antérieure, continue de régresser en passant de 5 054,34 ha à 4 386,68 ha. Cette perte de 667,66 ha de mangrove (15,22 % de la superficie de référence) est répartie en différentes autres occupations de sols, particulièrement en surface d'eau.

Tableau 3 – Matrice de transition des mangroves en d'autres occupations de sols de 2007-2017

Transition de la forêt de mangrove en d'autres occupations du Sol en Hectare (ha) et en pourcentage (%)											
Classes	Affleurement et Sol Nu	Agroforesterie	Culture Agricole	Eau	Forêt Sèche	Mangrove	Marais Salants	Plage et Dune	Prairie	Zones Urbaines	Total
(ha)	19,97	0,09	18,12	174,58	8,32	3 963,29	26,03	24,51	146,64	5,13	4 386,68
(%)	0,46	0,00	0,41	3,98	0,19	90,35	0,59	0,56	3,34	0,12	100

À partir de la matrice de transition relative à la décennie de 2007-2017, on constate une diminution considérable de la vitesse de dégradation de la mangrove, même si la régression de cet écosystème se poursuit. Au cours de cette décennie, les mangroves, en passant de 4 386,68 à 4 089,85 ha, ont

perdu une superficie de 296,83 ha, soit un taux de 7,26 % de la superficie de départ (2007). La majorité de cette perte, au même titre que la décennie antérieure, se trouve confondue à la classe « Eau ».

Les deux derniers cas révèlent une forte conversion de superficies de mangrove en eau de mer. Cette situation est le plus souvent engendrée par les hausses du niveau de la mer et des inondations assez fréquentes dans les zones côtières (Yann & Pham, 2015) considérées comme des conséquences manifestes des phénomènes hydrométéorologiques majeurs dans le monde (GIEC, 2014). Ces derniers sont la manifestation des changements climatiques engendrés principalement par les activités humaines (GIEC, 2014). Une part significative des surfaces est aussi transformée en « marais salants », aménagements anthropiques en évolution croissante.

Conclusion et recommandations

L'objectif de cet article était de décrire la dynamique des écosystèmes naturels, notamment les mangroves du PN3B et d'établir le lien existant entre cette dynamique et les activités anthropiques menées autour de cette aire protégée. Pour y parvenir, un état des lieux des écosystèmes de mangrove repérés et recensés a été dressé sur trois décennies (1987-1997 ; 1997-2007 ; 2007-2017) à partir des images Landsat 5, 7 et 8. Par la suite, une analyse se basant sur les occupations de sols réalisées a permis d'évaluer et d'anticiper les impacts écologiques relatifs aux activités anthropiques en cours, potentiellement menaçantes pour la survie des écosystèmes naturels. Ce travail a vite permis de constater une régression, non des moindres, de la végétation de mangrove du Parc National des Trois Baies (PN3B) sur la période 1987-2017. L'analyse et le traitement des données de télédétection utilisées ont permis de révéler que cette végétation de mangrove a connu un recul de l'ordre de 40 % de la superficie de référence (1987). Si force est de constater une diminution progressive de la vitesse de dégradation de la mangrove de décennie en décennie, la dégradation continue. Cette dérive écologique mérite d'être enrayée en urgence en vue de préserver ce patrimoine naturel.

Figure 6 – Les modes d’occupation du sol du Parc National des Trois Baies (PN3B) en 1987 [A] ; en 1997 [B] ; en 2007 [C] et en 2017 [D]

Tableau 4 – Données d’Occupation de Sol du PN3B en 1987

Tableau OS 1987				
ID	Class OS	Superficie en Ha	Superficie en m²	%
1	Affleurement et Sol Nu	2 275,1	22 751 031	3,02
2	Agroforesterie	832,72	8 327 149,5	1,10
3	Band de Corail	953,06	9 530 603,7	1,26
4	Culture Agricole	2 615,23	26 152 263	3,47
5	Eau	53 414,3	534 142 611	70,84
6	Forêt Sèche	4 642,51	46 425 105	6,16
7	Mangrove	6 729,7	67 296 974	8,92
8	Marais Salants	33,2	331 958,29	0,04
9	Plage et Dune	475,54	4 755 411,4	0,63
10	Prairie	3 210,75	32 107 470	4,26
11	Zones Urbaines	223,47	2 234 718,1	0,30
Total		75 405,57	754 055 293,9	100,00

Tableau 5 – Données d’Occupation de Sol du PN3B en 1997

Tableau OS 1997				
ID	Class OS	Superficie en Ha	Superficie en m²	%
1	Affleurement Et Sol Nu	3 427,2	34 272 027	4,55
2	Agroforesterie	779,23	7 792 285,5	1,03
3	Band de Corail	870,89	8 708 882,5	1,15
4	Culture Agricole	3 212,5	32 125 032	4,26
5	Eau	53 512,3	535 123 139	70,97
6	Forêt Sèche	4 845,25	48 452 538	6,43
7	Mangrove	5 054,34	50 543 355	6,7
8	Marais Salants	139,09	1 390 934	0,18
9	Plage Et Dune	1 2275	12 749 974	1,69
10	Prairie	2 099,5	20 995 048	2,78
11	Zones Urbaines	190,21	1 902 078,5	0,25
Total		75 405,51	754 055 293,94	100,00

Tableau 6 – Données d’Occupation de Sol du PN3B en 2007

Tableau OS 2007				
ID	Class OS	Superficie en Ha	Superficie en m²	%
1	Affleurement et Sol Nu	857,73	8 577 334,8	1,14
2	Agroforesterie	459,79	4 597 925,6	0,61
3	Band de Corail	788,45	7 884 536,5	1,05
4	Culture Agricole	3 667,11	36 671 147	4,86
5	Eau	54 233,6	542 335 661	71,92
6	Forêt Sèche	5 421,85	54 218 537	7,19
7	Mangrove	4 386,68	43 866 830	5,82
8	Marais Salants	363,99	3 639 877,2	0,48
9	Plage et Dune	1 576,06	15 760 624	2,09
10	Prairie	3 281,24	32 812 380	4,35
11	Zones Urbaines	369,04	3 690 440,5	0,49
Total		75 405,55	754 055 293,93	100,00

Tableau 7 – Données d’Occupation de Sol du PN3B en 2017

Tableau OS 2017				
ID	Class OS	Superficie en Ha	Superficie en m²	%
1	Affleurement et Sol Nu	983,22	9 832 195,6	1,3
2	Agroforesterie	486,952	4 869 518,9	0,65
3	Band de Corail	725,943	7 259 429,4	0,96
4	Culture Agricole	3 258,3	32 583 007	4,32
5	Eau	54 208,4	542 083 566	71,89
6	Forêt Sèche	4 462,61	44 6626 058	5,92
7	Mangrove	4 089,85	40 898 477	5,42
8	Marais Salants	519,192	5 191 918,1	0,69
9	Plage et Dune	881,045	8 810 451	1,17
10	Prairie	5 1190,95	51 909 514	6,88
11	Zones Urbaines	599,116	5 991 158,9	0,79
Total		75 405,578	754 055 293,88	100,00

Selon nos constats, le déboisement et la déforestation (FAO, 2015) associée à d’autres activités anthropiques, notamment l’agriculture, l’exploitation des ressources naturelles (mines, carrières, sels) et l’installation d’infrastructures artificielles, constituent les facteurs majeurs de la dégradation environnementale en Haïti (MDE, 2015). De telles activités engendrent des phénomènes majeurs comme l’érosion (transport de matériaux) et l’accrétion (accumulation de matériaux) susceptibles de compromettre la survie et le maintien des habitats et écosystèmes côtiers et marins, dont les mangroves et les récifs coralliens ainsi que les espèces qui y abritent. Au final, si les facteurs naturels apportent une contribution à ne pas négliger sur un littoral fortement anthropisé comme celui des Trois Baies, les activités anthropiques ont également un rôle important dans la dégradation des écosystèmes marins et côtiers qui s’y trouvent. En tout cas, les résultats soulignent la nécessité d’examiner le rôle des activités humaines dans le contrôle de la dynamique de la végétation (Zhao *et al.*, 2015) incluant la mangrove.

Préoccupé par cette situation alarmante, un appel est lancé à tous citoyens responsables, mais en particulier aux autorités compétentes et aux acteurs concernés par la gestion de cette Aire, afin de prendre les dispositions nécessaires à la préservation et à la gestion efficace de ce patrimoine naturel en danger. Les facteurs de dégradation étant précisés, les acteurs devraient être à même de mieux appréhender les mesures de prévention envisageables pour le suivi, la protection et la conservation durable de ces milieux particuliers. Voici quelques recommandations à l’endroit des acteurs concernés.

Pour un système de protection et de surveillance efficace, devrait être envisagé :

- de mettre en place un système de suivi régulier des écosystèmes de mangroves au moyen de la télédétection aérospatiale visant à actualiser les informations géospatiales relatives au milieu ;
- d’accompagner la population riveraine dans la recherche et l’utilisation d’autres sources d’énergie visant à réduire la dépendance au charbon de bois et, par le fait même, l’exploitation anarchique de la mangrove ;
- de mettre en place des programmes de régénération et d’extension des peuplements de mangrove le long de la côte au sein du PN3B ;
- de former et de mettre en exercice des agents de surveillance ayant pour mission principale de faire respecter et appliquer les principes de gestion et de protection de la mangrove ;
- de mettre sur pied un système de sensibilisation et d’éducation visant à protéger, gérer les écosystèmes de mangroves, mais aussi

- à mettre en évidence et valoriser les retombées écologiques de ces milieux particuliers ;
- d’accompagner les populations des bassins versant dominants dans l’exercice des activités hautement génératrices de revenus (agriculture, élevage, pêche, exploitation des ressources naturelles etc.), mais considérées comme des menaces importantes pour les écosystèmes (mangrove, récifs coralliens, herbiers marins etc.) et espèces déjà vulnérables du PN3B.

Bibliographie

Aube M., 1999 – *Évaluation sommaire de la situation des mangroves de la côte nord haïtienne*, Faculté des études supérieures et de la recherche Université de Moncton. Moncton, 143 p.

Bouveyron C. & Girard S., 2009 – Classification supervisée et non supervisée des données de grande dimension. *La revue de Modulad*. 2009, n° 40, pp. 81-102.

CATEDEL, 2018 – *Plan d’action pour l’amélioration de la qualité du sel marin produit au niveau de la baie de Caracol/ABE/EBA*, Cellule d’Appui Technique en Développement Local. Caracol, 2018, 51 p.

CIAT, 2012 – *Plan d’aménagement du Nord/Nord-Est : Couloir Cap-Ouanaminthe*, Comité Interministériel d’Aménagement. Port-au-Prince/Haiti, 62 p.

CNIGS, 1998 – *Les différentes occupations des sols d’Haïti*. Port-au-Prince : Centre National d’Information Géo-Spatiale, 1 p.

Dufour V., 2011 – *Haïti : un grand défi pour la coopération internationale et le développement durable*, Centre universitaire de formation en environnement. Québec, Canada : Université de Sherbrooke, pp. 9-12.

Durrieu S. & Deshayes M., 1994 – « Méthode de comparaison d’images satellitaires pour la détection des changements en milieu forestier. Application aux monts de Lacane (Tarn, France) ». *Annales des sciences forestières*, vol. 51, n°2, pp. 147-161.

FAO, 2015. *Évaluation des Ressources Forestières Mondiales : Termes et Définitions, Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture*. Rome, 2015, 33 p.

GEF/MDE/PNUD, 2016 – *Stratégie du Programme Micro Financement (PMF) pour l’utilisation des fonds de la 6^e phase opérationnelle (OP6, 2015-2018)*. Programme Micro Financement (PMF), Global Environment Facility

(GEF)/Ministère de l'Environnement (MDE)/Programme des Nations-Unies (PNUD). Port au Prince, 43 p.

GIEC, 2014 – *Changements climatiques 2014*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. Genève : GIEC, Suisse, 161 p.

IHSI, 2009 – *Projections de population totale, urbaine, rurale et économiquement active*. Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique et Centre Latino-Américain de Démographie (CELADE). Port-au-Prince, 85 p.

IHSI, 2015 – *Population totale, population de 18 ans et plus ménages et densités estimés en 2015*. Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI). Port-Au-Prince. p. 142.

Jadot C., 2016 – *La Mangrove, un écosystème au service de l'homme*. ES Caribbean LLC. 14 p.

Joseph P. & Saffache P., 2003 – La mangrove, un milieu en danger. *Mappemonde*, n° 72, 43 p.

Koohafkan A. & Lilin C., 1989 – *Arbres et arbustes d'Haïti, Utilisation des espèces ligneuses en conservation des sols et en aménagement des bassins versants*, Port-au-Prince : FAO et MARNDR, 132 p.

Kramer P. et al., 2016 – *Inventaire écologique de référence pour le Parc National des Trois Baies, en Haïti*. Banque Interaméricaine de Développement (BID). Port-au-Prince : The Nature Conservancy, 206 p.

MARNDR/VETERIMED, 2005 – *Premier rapport sur la situation des ressources zoo-génétiques en Haïti*. Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR). Port au Prince, 53 p.

MARNDR, 2012 – *Recensement Général de l'Agriculture (RGA) 2008/2009*. Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR). Port-au-Prince, 212 p.

MDE/INESA, 2008 – *Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé*. Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement (PAGE), MDE/CEPALC/PNUD. Port-au-Prince : INESA, 2008, p. 82.

MDE, 2015 – *Programme Aligné d'Action National de Lutte contre la Désertification*. Ministère de l'Environnement (MDE). Port-au-Prince, 104 p.

MDE, 2016 – *Cinquième rapport national de la république d'Haïti sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique*. Agence Nationale des Aires Protégées (ANAP), Ministère de l'Environnement (MDE). Port-au-Prince, 310 p.

Moniteur, 2013 – Arrêté créant un parc national marin dénommé : « Parc des Trois Baies et des Lagons ». *Journal Officiel de la République d'Haïti*, 11 décembre, Issue 230, pp. 1-7.

Moniteur, 2014 – Arrêté déclarant « Aire Protégée de Ressources Naturelles Gérées des Trois Baies ». *Journal officiel de la République d’Haïti*, 21 mars, 169^e année (54), pp. 1-6.

Noel J., Renoux E. & Rakotonavalona D., 2011 – « Les mutations spatiales des mangroves du Nord-Ouest de Madagascar », dans F. Bart. *Natures tropicales : Enjeux actuels et perspectives*. Presses universitaires de Bordeaux, coll. « Espaces Tropicaux », vol. 20, pp. 350-357.

Québec-Océan, 2018 – *L’acidification des océans*. [éd.] Le Groupe Interinstitutionnel de Recherches Océanographiques du Québec. *Québec-Océan*. Janvier, FICHE 4.

Rodriguez-Galiano V. F. et al., 2012 – An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. vol. 67, n° 1, pp. 93-104.

Rony F. J., 2015 – *Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) du programme de modernisation du secteur de la pêche (HA-L1096)*. Ministère de l’Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)/Banque Interaméricaine de Développement (BID). Port-au-Prince, 51 p.

Saffache P., 2002 – « Les mangroves caribéennes : des milieux fragiles nécessitant une politique de gestion et de protection adaptée ». *La Revue Forestière Française*, vol. 4, pp. 329-336.

Spalding M., Kainuma M. & Collins L., 2010 – *World Atlas of Mangroves*, vol. 39 (M. Spalding, M. Kainuma & L. Collins, eds) Londres : Earthscan 2010. pp. 107-109.

Tomlinson P. B., 1986 – *The botany of mangroves*. United Kingdom : Cambridge University Press. Cambridge, 406 p.

UTSIG, 2005 – *Plan d’Actions Départemental pour l’Environnement et le Développement Durable du Nord-Est (PADEDD)*, Unité de Télédétection et de Systèmes d’Information Géographique. Port au Prince, 52 p.

Wiener J., 2014 – *Rapid Assessment of Haiti’s Mangroves*. Fondation pour la Protection de la Biodiversité Marine (FoProBiM). Port-au-Prince, Haïti, 33 p.

Yann R. & Pham V. C., 2015 – « Les mangroves face aux changements climatiques : Le cas à la fois typique et particulier du Vietnam ». *VertigO – la revue électronique en sciences de l’environnement*, pp. 1-14. <https://journals.openedition.org/vertigo/16600>. Dernière consultation le 26/02/2020.

Zhao X. et al., 2015 – « Satellite-indicated long-term vegetation changes and their drivers on the Mongolian Plateau », *Landscape Ecol*, vol. 30, pp. 1599-1611.