IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LES MALADIES HYDRIQUES EN CÔTE D'IVOIRE : CAS DE LA REGION DU N'ZI

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON WATER RESOURCES AND WATERBORNE DISEASES IN CÔTE D'IVOIRE: THE CASE OF THE N'ZI REGION

Kassi Alexis **KOUAME**[1*], Serge Kouakou **DEH**[1], Bi Vami Hermann **N'GUESSAN**[2], Amani Michel **KOUASSI**[3] et Koffi Fernand **KOUAME**[1,2]

[1]*Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (LSSEG), 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire*

[2]*Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), 22 B.P. 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

[3]*Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP HB), Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (SteRMi), B.P. 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire*
* Correspondance, courriel : kassialexiskouame@yahoo.com

RESUME

La région du N'zi est située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire, dans le « V » Baoulé. Elle est traversée par la ligne de contact entre la forêt et la savane. Depuis l'avènement du changement climatique dans les années 1960, on observe une dynamique du front forêt-savane. L'objectif cette étude est de montrer l'impact du changement climatique sur la végétation, les ressources en eau et les maladies hydriques. Pour ce faire, nous avons analysé les paramètres climatiques à partir de la méthode de l'Indice Standardisé de Précipitation (ISP) et de l'Indice pluviométrique de Moral (I_M) ; puis nous avons réalisé les cartes d'occupation du sol à partir des images satellitaires Landsat [TM (1998), ETM+ (2000), OLI 8 (2020)] par la méthode de maximum de vraisemblance. Les paramètres climatiques ont mis en évidence une variabilité interannuelle et saisonnière avec des périodes humides et sèches. Quant aux cartes d'occupation du sol, elles ont mis en évidence quatre (4) classes : la forêt, la savane, l'eau et les localités/sols nus. Les cartes ont permis de voir la dynamique de ces quatre (4) classes au cours des différentes périodes. Ainsi, la période 1988-2000 est une période sèche qui a entrainé une diminution significative de la forêt (de 2375,6373 à 1800,6786 km^2) et une augmentation de la savane (de 1445,8266 à 1707,6429 km^2). La période 2000-2020 est une période humide qui a conduit à la régénérescence de la forêt (de 1800,6786 à 2202,318 km^2) au détriment de la savane (de 1707,6429 à 1630,62 km^2). Les activités anthropiques participent également à la destruction de la forêt au profit des cultures. Quant à la renaissance de la forêt, elle pourrait être due d'une part, à la jachère provoquée par le déplacement massif des populations de l'Est vers Ouest à la recherche de nouvelles terres fertiles et d'autre part, aux nombreuses campagnes de reboisement initiées par l'Etat et les ONG dans la région. Par ailleurs, l'étendue des plans d'eau de surface diminue régulièrement en passant de 38,889 km^2 en 1988 à 15,5313 km^2 en 2000 puis à 9,975 km^2 en 2020 bien que la période 2000-2020 soit une période humide, preuve d'une forte évapotranspiration. Cette diminution des plans d'eau de surface a favorisé la réduction drastique voire l'éradication des maladies hydriques dans la région du N'Zi. En effet, à part le paludisme (24,08% à 23,49%) la majorité des maladies endémiques ont quasiment ou complètement disparu de 2000 à 2020. Il s'agit notamment du pian (5,8% à 0,13%), la bilharziose urinaire (3,7% à 0,8%), l'onchocercose ou cécité des rivières (0,1% à 0%), l'ulcère de Buruli (0,013% à 0%), la dracunculose ou ver de Guinée (0% à 0%). Toutefois, il ne faut pas occulter les nombreuses actions menées par le ministère de la santé et l'hygiène publique à travers les campagnes de vaccination ainsi que l'administration des doses de sérum aux malades qui ont contribué à l'atteinte de ces résultats.

Mots clés : changement climatique, occupation du sol, ressources en eau, maladies hydriques, région du N'zi, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

The N'zi region is located in the centre-east of Côte d'Ivoire, in the Baoulé 'V'. It is crossed by the contact line between forest and savannah. Since the advent of climate change in the 1960s, the forest-savannah front has been undergoing dynamic change. The aim of this study is to show the impact of climate change on vegetation, water resources and water-borne diseases. To do this, we analysed climatic parameters using the Standardised Precipitation Index (SPI) and the Moral Rainfall Index (MRI), and then produced land cover maps from Landsat satellite images [TM (1998), ETM+ (2000), OLI 8 (2020)] using the maximum likelihood method. The climatic parameters showed inter-annual and seasonal variability, with wet and dry periods. As for the land cover maps, they revealed four (4) classes: forest, savannah, water and localities/bare ground. The maps show the dynamics of these four (4) classes over different periods. Thus, the period 1988-2000 is a dry period which led to a significant decrease in forest (from 2375.6373 to 1800.6786 km^2) and an increase in savannah (from 1445.8266 to 1707.6429 km^2). The period 2000-2020 is a wet period which has led to the regeneration of the forest (from 1800.6786 to 2202.318 km^2) at the expense of the savannah (from 1707.6429 to 1630.62 km^2). Human activities are also contributing to the destruction of the forest in favour of crops. The rebirth of the forest may be due, on the one hand, to the fallow caused by the massive movement of people from east to west in search of new fertile land and, on the other hand, to the numerous reforestation campaigns initiated by the government and NGOs in the region. In addition, the area of surface water is decreasing steadily, falling from 38.889 km^2 in 1988 to 15.5313 km^2 in 2000 and then to 9.975 km^2 in 2020, despite the fact that the period 2000-2020 is a wet period, reflecting high evapotranspiration. This reduction in surface water bodies has led to a drastic reduction, or even eradication, of water-borne diseases in the N'Zi region. Indeed, apart from malaria (24.08% to 23.49%), most endemic diseases have virtually or completely disappeared between 2000 and 2020. These include yaws (5.8% to 0.13%), urinary bilharziasis (3.7% to 0.8%), onchocerciasis or river blindness (0.1% to 0%), Buruli ulcer (0.013% to 0%) and dracunculiasis or Guinea worm disease (0% to 0%). However, it is important not to overlook the numerous actions taken by the Ministry of Health and Public Hygiene through vaccination campaigns and the administration of doses of serum to patients, which have contributed to achieving these results.
Key words: climate change, land use, water resources, waterborne diseases, N'zi region, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

L'occupation du sol peut être succinctement définie comme la couverture biophysique de la surface des terres émergées (FAO, 1998). Cette description repose sur la représentation d'une homogénéité de la couverture terrestre. Donc chaque portion du territoire étudié appartient à une classe d'occupation du sol. Dans le temps, l'occupation du sol peut représenter une stabilité qui indique le maintien d'un équilibre entre ses constituants et avec son environnement ou de stade terminal d'évolution ou de stade terminal de succession. Elle peut, au contraire, subir des modifications plus ou moins profondes, brutales ou progressives. Ces modifications présentent une grande importance, car elles touchent à des problèmes économiques et sociaux, tels que l'amélioration de la production agricole et forestière, la conservation des sols, l'urbanisation (KOUAME, 2013). La région du N'zi, en Côte d'Ivoire est une zone favorable à la culture du binôme café-cacao, principaux produits d'exportation du pays. Mais depuis les années 1980, ils connaissent une baisse de production compte tenu de changement climatique.

Le changement climatique désigne une variation durable de températures et des conditions météorologiques à l'échelle mondiale. Même s'il est dû en partie à des processus naturels, ce sont aujourd'hui principalement les activités humaines qui sont en cause. En découlent également des phénomènes météorologiques extrêmes, plus fréquents et intenses, surtout dans certaines régions du monde. Au-delà des problèmes posés par le réchauffement climatique lui-même, les phénomènes météorologiques extrêmes ont des conséquences considérables sur la santé humaine, en particulier pour les populations vulnérables. Dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne, ces phénomènes ont des effets directs (maladies endémiques liées à l'eau) et indirects (famine, malnutrition, déplacements de population) sur les populations. En outre, les répercussions économiques de ces catastrophes naturelles exacerbent leurs vulnérabilités et limitent la capacité des entités publiques à prévenir les menaces sanitaires et à y répondre (Moore et Colwell, 2025). L'objectif cette étude est de montrer l'impact du changement climatique sur l'occupation du sol, les ressources en eau et les maladies hydriques en Côte d'Ivoire et particulièrement dans la région du N'zi.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1.Présentation de la zone d'étude

La Région du N'zi est située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 4° et 5° Ouest et les latitudes 6°5' et 7°5' Nord. Elle est limitée à l'Ouest par la Région des Lacs, au Nord par la Région de l'Iffou, à l'Est par les Régions de l'Iffou et du Moronou et au Sud par la Région du Moronou (*Figure 1*). Le cours d'eau caractéristique de la région est le fleuve N'zi. Il prend sa source au Nord de la Côte d'Ivoire et se jette dans le Bandama. Le régime pluviométrique de la région du N'zi est bimodal. Il y a une alternance de saisons pluvieuses et sèches. La région appartient au secteur mésophile du domaine Guinéen (Kouassi et al., 2012).

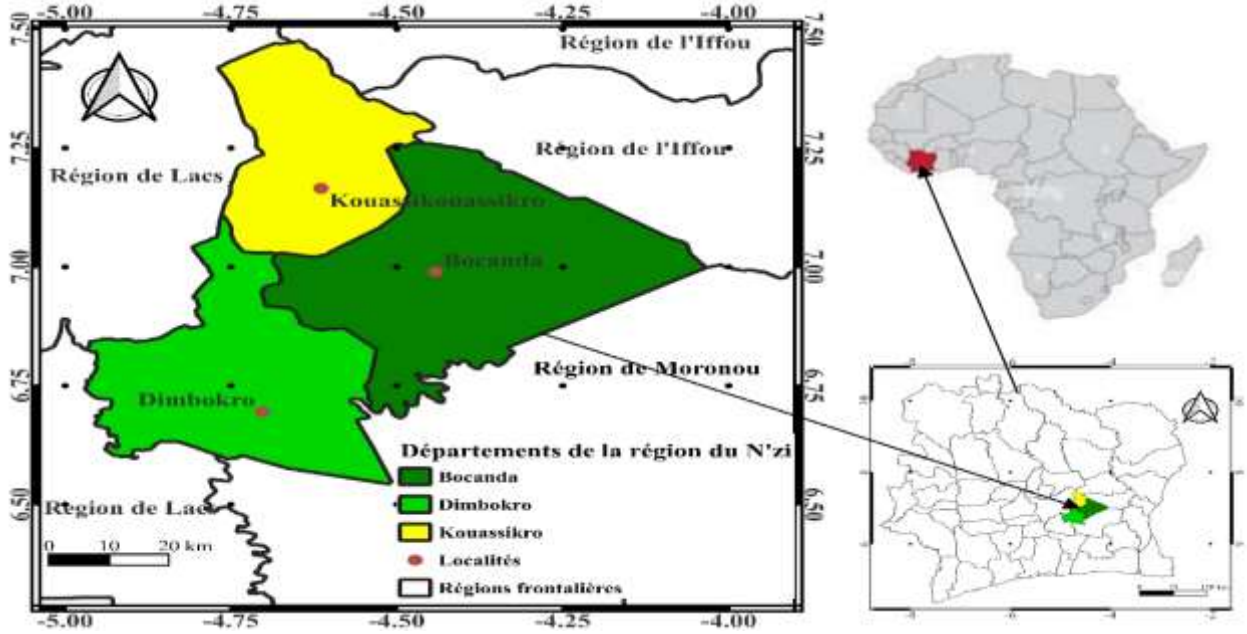


Figure 1 : *Carte de localisation de la région du N'zi*

1. DONNEES ET METHODES

1.1.Données

Les données utilisées pour réaliser cette étude peuvent être regroupées en trois (4) types : il s'agit des données hydroclimatiques (pluies moyennes annuelles de 1981 à 2021), des données démographiques (RGPH, 2000 ; 2009), des données épidémiologiques sur la prévalence de maladies hydriques au sein de la population au cours de la décennie 2000-2009 et des données satellitaires (images Landsat TM 1988, ETM+ 2000 et OLI 8 2020 dont les caractéristiques sont consignées dans le *Tableau 1*.

Tableau I : *Caractéristiques des images satellitaires*

Images	Scènes (Path/Row)	Date d'acquisition
Landsat TM (1988)	196/55-196/56	24/12/1988
Landsat ETM+ (2000)	196/55-196/56	09/02/2000
Landsat OLI 8-9 (2020)	196/55-196/56	02/08/2020

1.2.Méthodes

1.2.1. Méthodes d'étude de la variabilité climatique

- Indice standardisé de précipitation (ISP)

L'indice standardisé de précipitation (McKee *et al*, 1993) a été développé en vue de quantifier le déficit pluviométrique pour des échelles de temps multiples. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$ISP = \frac{(Pi - Pm)}{S}$$

Avec :

P_i = Pluie du mois ou de l'année i ;

P_m = Pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée ;

S : Ecart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

Ainsi, une sécheresse sévit lorsque l'ISP est consécutivement négatif. Elle se termine lorsque l'ISP devient positif. On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs de l'ISP *(Tableau 2)*.

Tableau 2 : *Classification des séquences de sécheresse selon l'ISP (McKee et al., 1993)*

Valeur de l'ISP	Séquence
ISP < -2,00	Extrêmement sèche
-1,99 < ISP < -1,50	Sévèrement sèche
-1,49 < ISP < -1,00	Modérément sèche
-0,99 < ISP < 0,00	Légèrement sèche
0,00 < ISP < 0,99	Légèrement humide
1,00 < ISP < 1,49	Modérément humide
1,50 < ISP < 1,99	Fortement humide
ISP > 2,00	Extrêmement humide

❖ Indice pluviométrique de Moral

Cet indice est bien adapté à la classification des climats dans la zone intertropicale. Sa valeur annuelle (I_M) se calcule, selon la formule suivante (Moral, 1964) :

$$I_M = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$$

Avec :
P = hauteurs annuelles des précipitations en mm ;
T = températures moyennes annuelles en °C.
Le climat est considéré comme sec lorsque $I_M < 1$ et humide lorsque $I_M > 1$.

Moral a aussi proposé un indice pour la classification des mois secs et des mois humides (I_m) au cours d'une même année. Cette classification s'appuie sur la formule suivante :

$$I_m = \frac{P'}{(t^2/10) - t + 20}$$

Avec :
P' = précipitations mensuelles en mm ;
t : température moyenne mensuelle en °C.

Les résultats donnent la classification suivante :

- Mois pluvieux : $P > t^2/10+t+30$;
- Mois humide : $t^2/10+t+30 > P > t^2/10-t+20$;
- Mois sec : $t^2/10-t+20 > P > t^2/20-t+10$;
- Mois aride : $t^2/20-t+10 > P$.

1.2.2. Méthode de cartographie de l'occupation du sol

Les opérations de prétraitement des images Landsat ont consisté à la conversion des comptes numériques calibrés de chaque pixel en radiance et en luminance en utilisant le model FLAASH (Fast Lines Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) (Guo et Zeng, 2012 ; N'guessan, 2021). Ces opérations ont permis de corriger les erreurs dues aux effets de l'atmosphère sur l'image (Oszwald, 2005). Par la suite, une extraction de la zone d'étude de la scène entière a été réalisée sur la base du contour de la région du N'zi à l'aide du logiciel ENVI 5.1. Une composition en fausse couleur a été effectuée en affectant les canaux du Moyen InfraRouge (MIR), du Proche InfraRouge (PIR) et du Bleu (B) respectivement aux couleurs Rouge, Vert et Bleu. Ensuite, une amélioration des contrastes a été réalisée pour accroître la netteté des images à l'effet de faciliter la détection des changements (Tabopda et Fotsing, 2010). Son principe est de redistribuer plus uniformément les valeurs des pixels présentes dans l'image. L'analyse combinée des bandes multispectrales et des compositions colorées a permis d'identifier et

cartographier cinq (5) classes d'occupation du sol par une approche de classification dirigée. Cette approche consiste à définir des parcelles d'entraînement sous forme de polygones de pixels sur lesquels s'appuie l'algorithme du maximum de vraisemblance (Kouamé et al., 2015). L'évaluation de la précision des cartes a été réalisée dans le logiciel ENVI 5.1 par la comparaison de l'image classifiée avec les données de terrain. Pour chaque occupation du sol, au moins 70 points ont été utilisés pour cette évaluation. Cette comparaison est basée sur la matrice de confusion qui indique les commodités et les incommodités entre les ensembles de données (Koné et al., 2020). De la matrice de confusion sont déduits la précision globale et le coefficient de kappa (N'guessan et al, 2019). Les valeurs de kappa inférieures à 50 %, comprises entre 50 - 75 % et supérieures à 75 %, indiquent respectivement une classification médiocre, acceptable et excellente (Abdou et al., 2019). L'application du filtre 3 x 3 de Sobel à l'image classifiée a permis d'éliminer les pixels isolés et homogénéiser la classification thématique. Ensuite, la vectorisation de l'image classifiée a été réalisée. Enfin, le fichier est exporté en shapefile pour être utilisable dans le logiciel QGIS 2.12. Le fichier ainsi obtenu a été édité pour générer la carte d'occupation du sol de la région du N'zi en 1998, 2000 et 2020 (*Figure 2*).

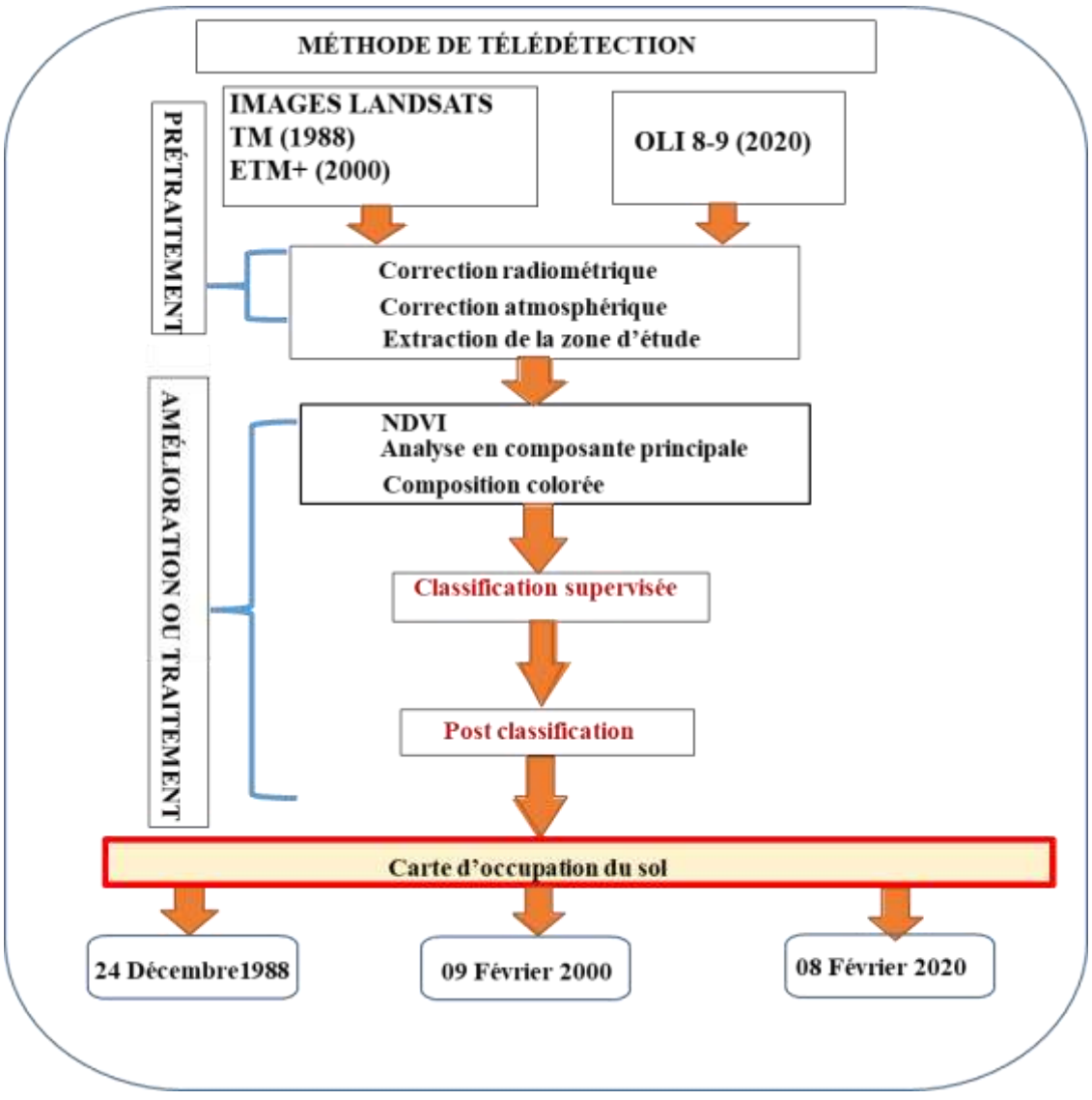


Figure 2 : *Organigramme d'établissement de la carte d'occupation du sol*

1.2.3. Méthode d'étude de l'évolution des maladies hydriques

Il existe quatre grands groupes de maladies liées à la disponibilité et à la qualité de l'eau, ainsi qu'à la gestion efficace des ressources hydriques : les maladies en rapport avec une carence aiguë ou chronique en eau propre, les maladies liées à la contamination de l'eau, les maladies liées à la contamination de l'eau par des toxiques et les maladies à transmission dite vectorielle dont le paludisme, la dracunculose, l'ulcère de Buruli, l'onchocercose, la bilharziose, etc. Le paludisme est une maladie tropicale à forte prévalence qui se manifeste par une forte fièvre suite à une piqûre infectante d'un moustique (l'Anophèle femelle) qui transmet un parasite, *le Plasmodium*. Le paludisme est encore la cause majeure de morbidité et de mortalité dans plusieurs pays africains. En Côte d'Ivoire, cette affection est quasi-endémique, elle constitue 57% des états morbides, c'est le premier motif de consultation dans les formations sanitaires. Le paludisme est responsable d'un tiers des décès dans les structures sanitaires (PNLP, 2008). La dracunculose ou dracontiase ou filaire de Médine ou dragonneau ou ver de Guinée est une helminthiase afro-asiatique cutanéo-dermique à transmission hydrique grâce à un nématode vivipare de la famille des *Dracunculoidea* appelé *Dracunculus Medinensis*. Elle est responsable de longues immobilisations et frappe sans distinction enfants, femmes et hommes, handicapant les cultivateurs au moment des travaux agricoles, empêchant les mères de famille à vaquer à leurs tâches quotidiennes et perturbant la scolarisation des enfants (OMS, 1998). L'ulcère de Buruli est une maladie infectieuse provoquée par *Mycobacterium ulcerans*. C'est la troisième mycobactériose humaine après la tuberculose et la lèpre. Il sévit à l'état endémique surtout dans les populations rurales. L'onchocercose est une maladie parasitaire due à Onchocerca volvulus et transmise par une simulie (petite mouche noire). L'onchocercose est la deuxième cause infectieuse majeure de cécité dans le monde (INHP, 2008). La bilharziose est une maladie parasitaire qui existe sous deux formes en Côte d'Ivoire. La forme intestinale qu'on retrouve essentiellement dans la région des Montagnes (Man et Danané) et la forme urinaire avec une distribution géographique plus étalée dans les zones suivantes : Tiassalé, Agboville, Adzopé, Bouaké et Korhogo (INHP, 2008).

L'étude de l'évolution des maladies hydriques a consisté à établir la variation moyenne annuelle du taux d'incidence ($^0/_0$) de chaque maladie sur la population de la région du N'zi au cours de la décennie 2000-2009. Cette variation est ensuite mise en rapport avec la variabilité climatique et la dynamique de l'étendue des eaux de surface.

2. RESULTATS

2.1.Caractérisation des régimes pluviométriques

2.1.1. Indice Standardisé de Précipitation (ISP)

Sur toute la période d'étude, il y a une alternance climatique entre période sèche et période humide. Au vu de cette alternance, la période d'étude peut être subdivisée en trois périodes (*Figure 3*) :

- ✓ une période humide de 1981 à 1989 ;
- ✓ une période sèche de 1989 à 2009 ;
- ✓ une période humide de 2009 à 2021.

L'intensité de séquence sèche la plus remarquable est en 2002 avec une valeur de -2,14 et celle de la séquence humide est en 2014 avec une valeur de 2,57.

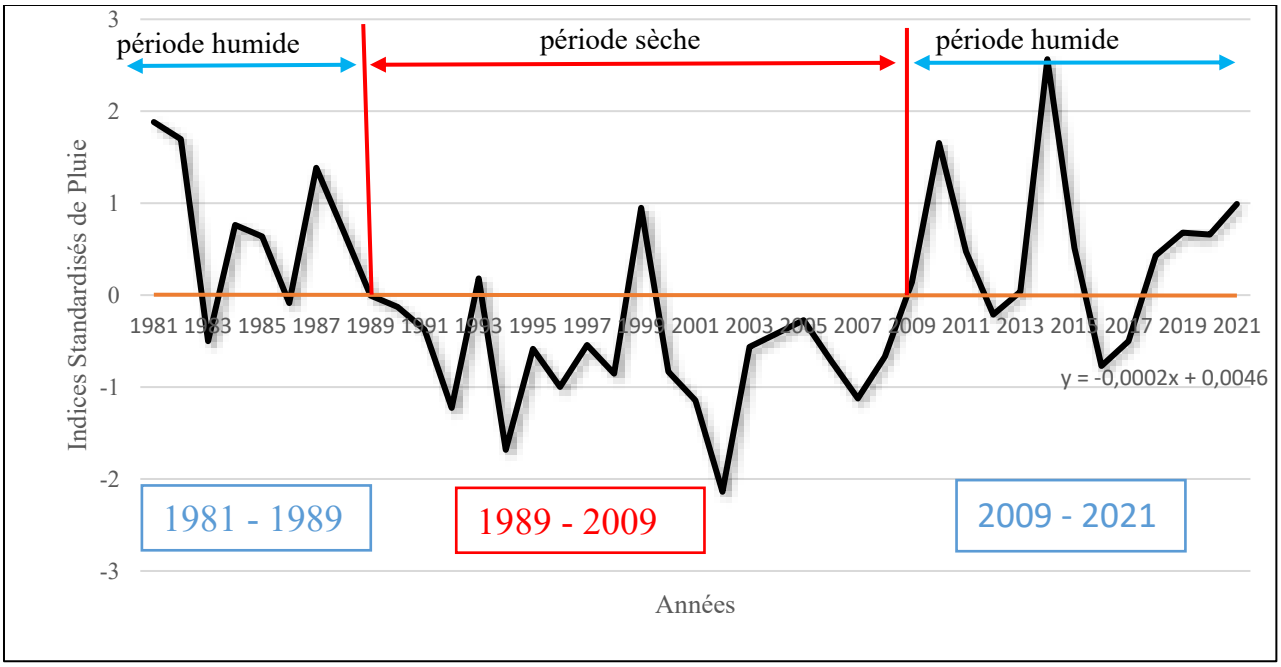


Figure 3 : *La Courbe d'évolution de l'ISP (1981-2021)*

2.1.2. Indice pluviométrique de Moral (I_M)

L'indice pluviométrique de Moral évolue en dents de scie avec des valeurs supérieures à 1. La période d'étude peut être également subdivisée en trois périodes (*Figure 4*) :

- ✓ une période humide de 1981 à 1991 ;
- ✓ une période sèche de 1991 à 2008 ;
- ✓ une période humide de 2008 à 2021.

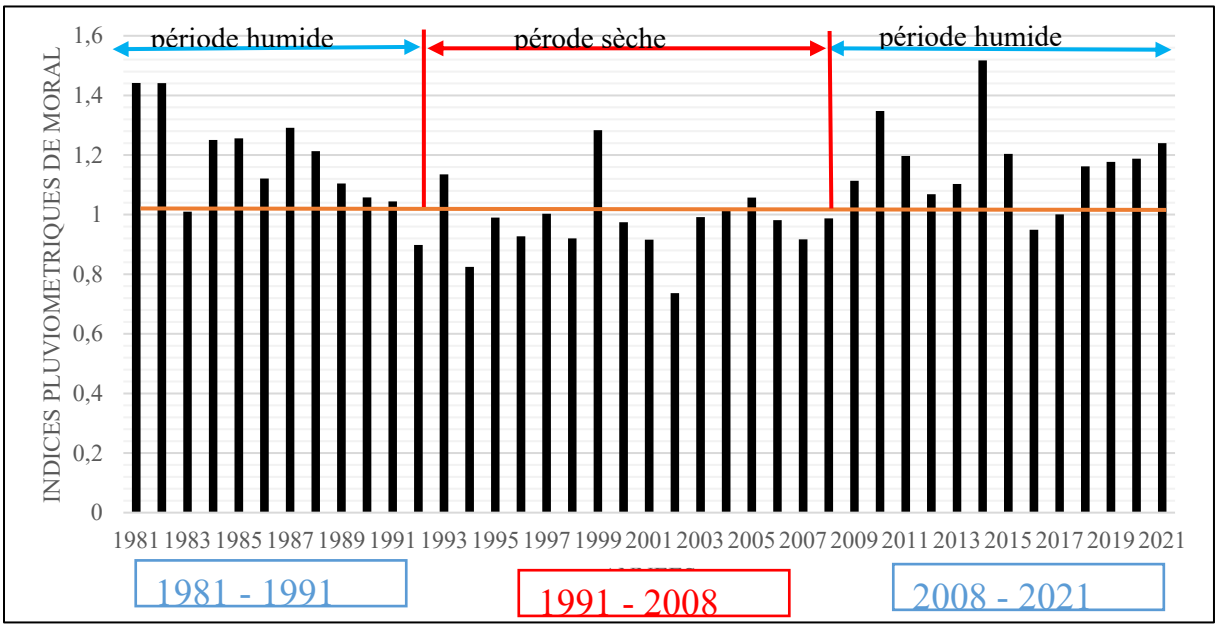


Figure 4*: Diagramme de l'indice de Moral (1981 à 2021)*

La courbe de tendance est la droite d'équation y = ax+b, avec a = -0,002 et b = 2,061. La valeur de la pente (-0,002) montre que l'évolution est descendante dans le temps. Pendant ces quarante

dernières années, la zone d'étude est restée humide de façon générale. Mais en suivant la courbe de tendance, l'humidité baisse au fil des années (*Figure 5*).

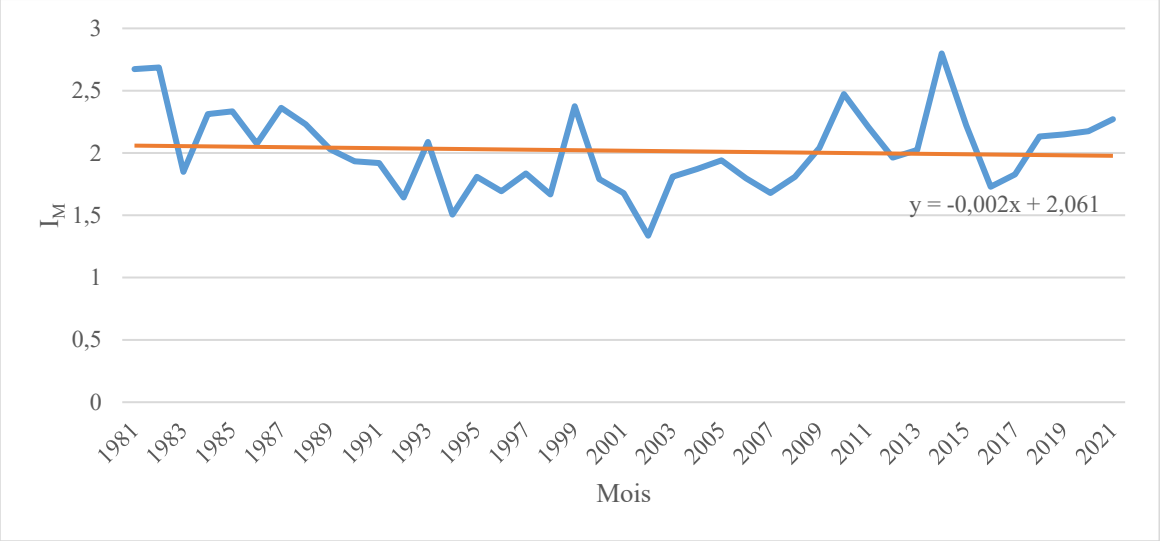


Figure 5 *: Courbe de l'indice de Moral et sa courbe de tendance (1981 à 2021)*

2.2.Dynamique de l'occupation du sol

Les différents traitements appliqués aux images Landsat TM 1988, ETM+ 2000 et OLI 2020 ont mis en évidence quatre (4) classes d'occupation du sol qui sont (Figure 6) : Forêt, Savane, Sol nu ou localité, Eau. La classe « Forêt » regroupe la forêt dense, la forêt claire et les plantations industrielles. La classe « Savane » regroupe la savane herbeuse, la savane arborée, la mosaïque des cultures. La classe « Sol nu ou localité » regroupe les habitats, les routes et les sols sans végétation. La classe « Eau » regroupe toutes les eaux de surface (lacs, rivières, fleuves). La période 1988-2000 est une période sèche qui a entrainé une diminution significative de la forêt (de 2375,6373 à 1800,6786 km^2) et une augmentation de la savane (de 1445,8266 à 1707,6429 km^2). La période 2000-2020 est une période humide qui a conduit à la régénérescence de la forêt (de 1800,6786 à 2202,318 km^2) au détriment de la savane (de 1707,6429 à 1630,62 km^2). Les étendues d'eau de surface ont diminué régulièrement sur toute la période en passant de 38,89 km^2 en 1988 à 15,53 km^2 en 2000 puis à 9,67 km^2 en 2020.

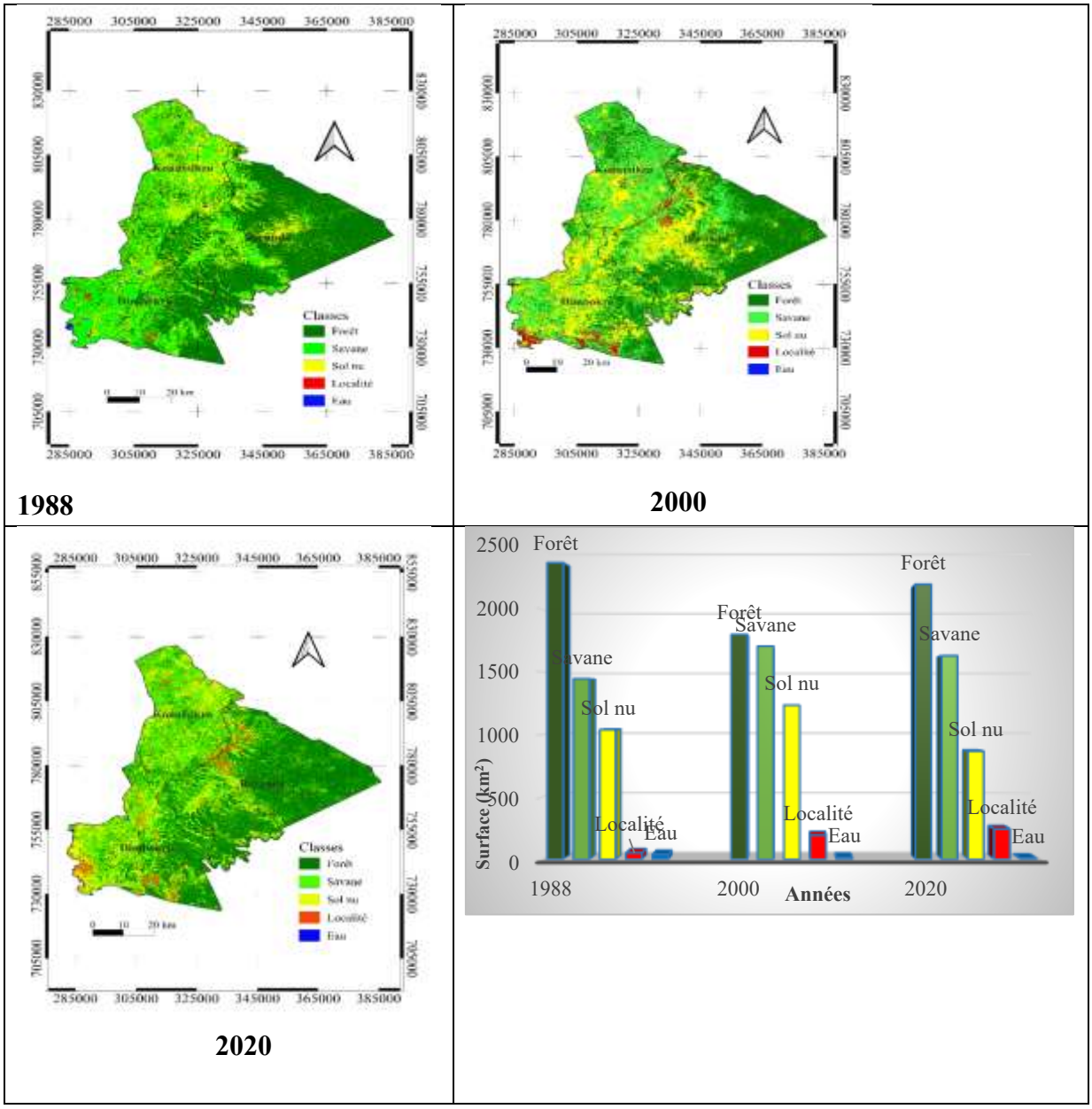


Figure 6 *: Dynamique d'occupation du sol de la région du N'zi de 1988 à 2020*

2.3.Dynamique temporelle des maladies hydriques

2.3.1. Paludisme

La courbe représentant l'évolution de paludisme dans la population de 2000 à 2009 (*Figure 7*) a une allure uniforme avec une incidence oscillant entre 70 et 90‰. Pour les trois (3) années consécutives 2007, 2008 et 2009, la tendance évolutive du paludisme est à la hausse passant respectivement de 76,08 à 84,16‰et à 89,5‰.

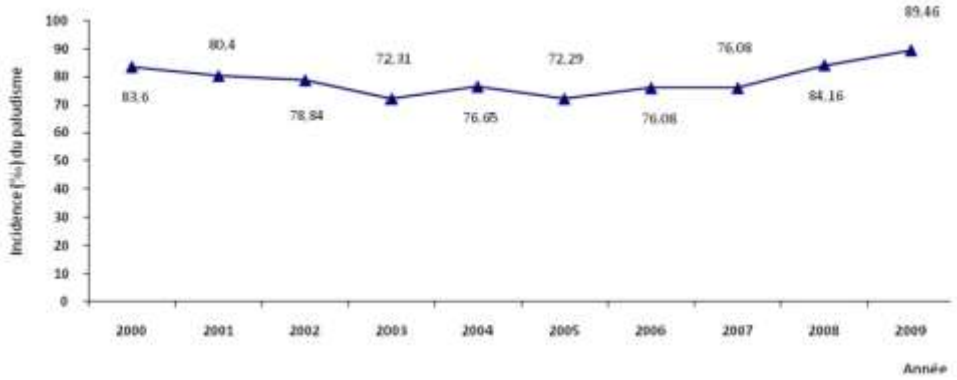


Figure 7 : *Evolution de l'incidence du paludisme dans la population du N'zi (2000-2009)*

2.3.2. Ver de Guinée (Dracunculose)

La transmission du parasite est normalement à son niveau le plus élevé pendant les périodes sèches car les sources d'eau deviennent plus souillées et plus concentrées. Cependant, le nombre de villages endémiques de ver de Guinée a quasiment doublé entre 1992 et 1993 avant de décroître de façon drastique, passant de 1014 en 1993 à 0 en 2008 ; et cela en dépit de la tendance à la remontée observée en 1997 avec 491 villages endémiques alors qu'on notait 480 en 1996 (***Figure 8***).

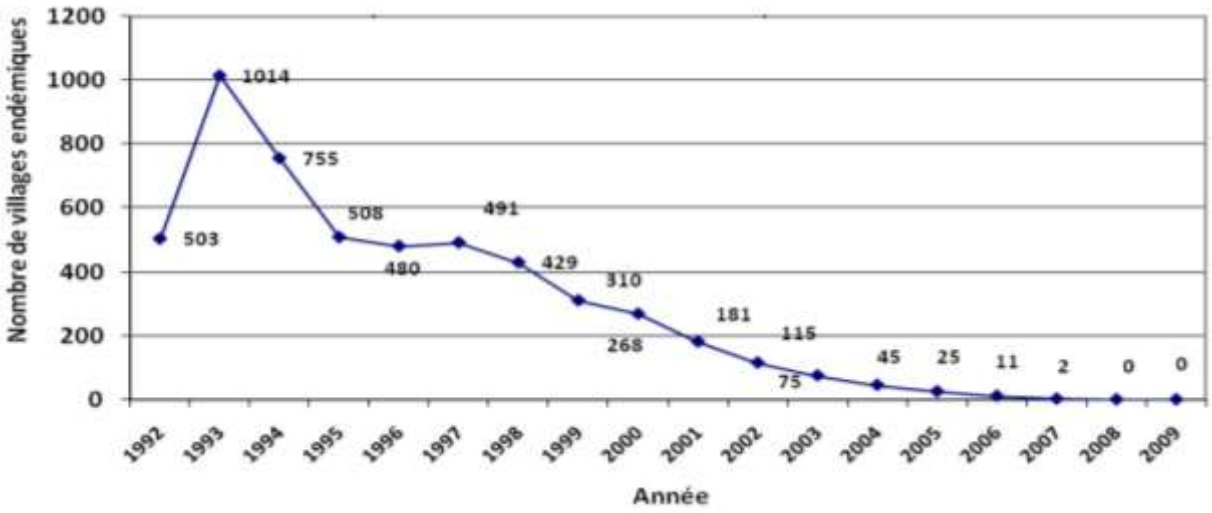


Figure 8 : *Evolution des villages endémiques du ver de Guinée dans la région du N'zi (1992-2009)*

2.3.3. Ulcère de Buruli

La courbe évolutive de l'ulcère de Buruli de 2000 à 2009 (***Figure 9***) présente un aspect en dents de scie marquée par une incidence autour de 0,1‰. Partant de là, on peut dire que la maladie a été stabilisée pendant les dix (10) dernières années.

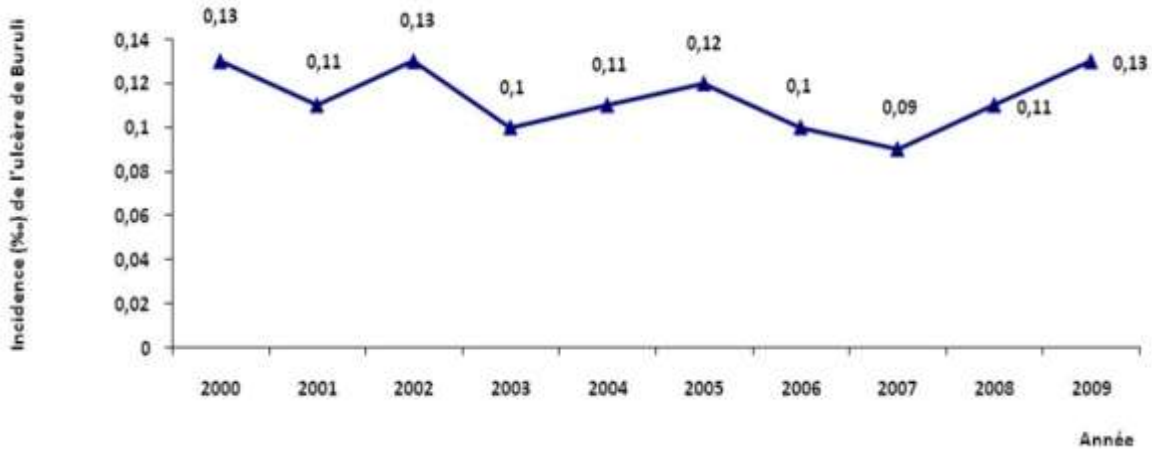


Figure 9 : *Evolution de l'incidence de l'ulcère de Buruli dans la région du N'zi (2000-2009)*

2.3.4. Onchocercose

La courbe évolutive de l'onchocercose (***Figure 10***) présente une chute brutale entre les années 2000 et 2001. A partir de 2001, elle évolue en dents de scie jusqu'en 2009.

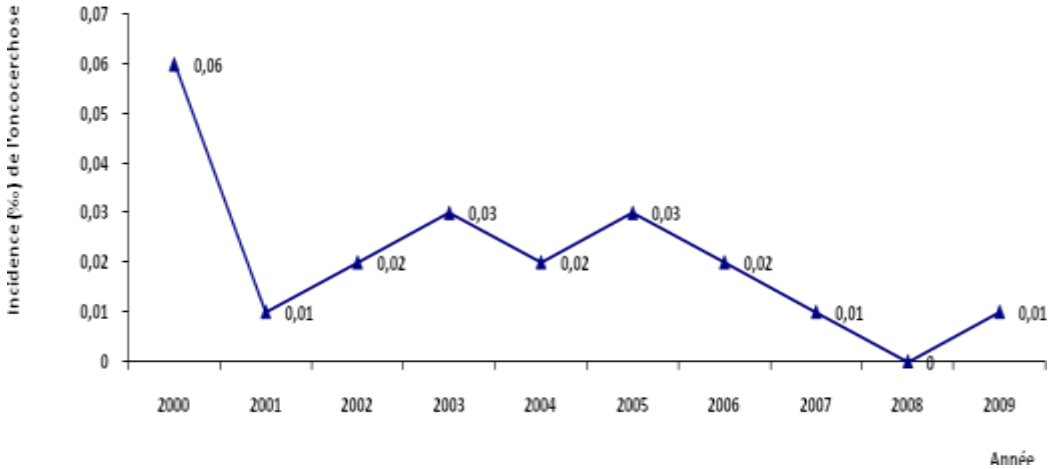


Figure 10 : *Evolution de l'incidence de l'onchocercose dans la région du N'Zi (2000-2009)*

2.3.5. Bilharziose urinaire

La courbe évolutive de l'incidence de la bilharziose urinaire (***Figure 11***) présente une décroissance progressive. En effet, elle est passée de 0,40‰ en 2000 à 0,20‰ en 2009. Au cours des trois dernières années, l'incidence est à 0,21‰ en 2007, elle baisse à 0,17‰ en 2008 pour remonter à 0,20‰ en 2009. On peut retenir à partir de la tendance évolutive qu'on est arrivé au bout de dix ans à réduire l'incidence de la bilharziose urinaire de 50% ; l'objectif du PNDS aura donc été atteint. Il serait donc intéressant de stabiliser cette tendance afin d'éviter de nouvelles recrudescences.

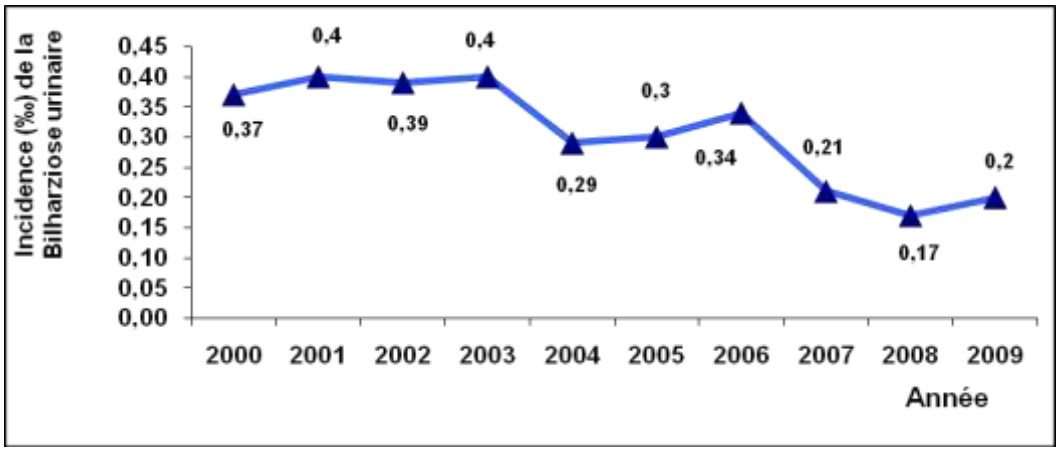


Figure 11 : *Evolution de l'incidence de la bilharziose urinaire dans la région du N'zi (2000-2009)*

3. DISCUSSION

3.1 Relation entre variabilité climatique et occupation du sol

L'étude de la variabilité climatique dans la région du N'zi sur la période 1981-2020 a permis de mettre en évidence une régression de la pluviométrie. Cependant cette régression semble être atténuée entre 2011 et 2020 avec une tentative de reprise des précipitations dans la zone. L'évolution du couvert végétal semble être proportionnelle à l'évolution climatique dans la région du N'zi. En effet l'étude de la dynamique du front forêt-savane dans la région du N'zi révèle que les surfaces forestières ont connu : un recul entre 1988 et 2000 et une avancée entre 2000 et 2020. En outre, l'analyse de la corrélation entre variabilité climatique et dynamique du front forêt-savane met en avant un recul des surfaces forestières et une avancée des zones savanicoles lorsque les précipitations diminuent.

Les présents résultats s'inscrivent dans la logique de la récession pluviométrique qui touche généralement l'Afrique de l'Ouest et particulièrement la Côte d'Ivoire depuis maintenant plusieurs décennies. Ainsi, sur la période allant de 1981 à 2020, la baisse pluviométrique observée à la fin de la décennie 1981-1990 a entrainé des modifications dans les différentes zones agro-climatiques de la région du N'zi et marque le début du stress hydrique pour la végétation. Ce phénomène est mis en relief sur le bassin versant du N'zi-Bandama depuis la fin de la décennie 1960, décennie qui marque une diminution de la pluviométrie avec une succession de période sèche comme l'attestent les travaux de Savane et al., (2002).

Il a été observé de façon générale en Afrique de l'Ouest et centrale. En effet, une année isolée de sécheresse, même extrême peut être moins dramatique qu'une suite de deux années (ou plus) de sécheresse modérée. De telles sécheresses ont pour conséquences la réduction en eau utile et en nutriment limitant le fonctionnement physiologique des végétaux (Diallo *et al.,* 2011). Outre la sévérité, c'est dans la persistance que réside le risque majeur (Kouassi *et al.,* 2012). La contrainte climatique principale n'est pas simplement la rareté des précipitations, mais la variabilité dans la distribution et l'imprévisibilité qui augmentent du Sud vers le Nord, et constituent des facteurs de contrôles déterminants des écosystèmes et de la modification de la végétation. Plusieurs études ont montré les impacts de la sécheresse sur la flore. Certains ont mis révélé que les sécheresses répétées des années 1970 et 1980 ont eu directement pour effet, notamment en Afrique, l'augmentation de la mortalité des espèces ligneuses des écosystèmes sensibles (Diallo *et al.,* 2011).

D'autres études ont montré que les sécheresses récurrentes ont rendu plus difficile la capacité de régénération naturelle, en particulier du tapis graminéen. Indirectement le prolongement des périodes de chaleur et l'assèchement des milieux humides induisent une activation du stress physiologique pour l'arbre qui pourrait réduire ses systèmes de défenses contre les attaques pathologiques. Les années de faible production de biomasse correspondent aux années déficitaires sur le plan pluviométriques (Brou, 2005).

3.2. Relation entre variabilité climatique et maladies hydriques

Malgré les effets de la variabilité climatique marqués par la période sèche, l'objectif du gouvernement de réduire l'incidence du paludisme de 70‰ à 35‰ n'a pu être atteint au cours de la décennie 2000-2009 (DC-PEV, 2010 ; DGP/MPD, 2009). Cela pourrait s'expliquer par :

- la dégradation de l'environnement et les conditions d'hygiène déplorable dans nos villes qui constituent des facteurs favorisant le développement des gîtes larvaires, condition pour la survie de l'agent vecteur (l'Anophèle femelle).
- les difficultés dans l'approvisionnement des moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action (MILDA) et leur faible utilisation par les ménages ;
- la paupérisation qui constitue un frein à l'accès aux médicaments efficaces, cependant chers.

L'évolution positive du ver de Guinée s'explique d'une part, par la maîtrise de la chaîne de transmission de la maladie, essentiellement basée sur la consommation d'eau de surface contaminée par des cyclops infestés de larves et d'autre part, par l'observance communautaire des mesures de prévention enseignées par la coordination du PNEVG/EA avec l'appui des partenaires (PNEVG/EA/MSHP, 2009). Les derniers cas de ver de Guinée ont été notifiés en 2006. La Côte d'Ivoire marque ainsi la fin de la transmission de la maladie sur l'ensemble du territoire national.

L'émergence de l'ulcère de Buruli est liée à la modification de l'environnement avec la présence de lacs, mares, marais et marécages. Le dépistage est très souvent tardif avec des ulcérations qui donnent des séquelles invalidantes (INHP / MSHP, 2008). Initialement, l'aire géographique de l'onchocercose était située au-dessus du 8ème parallèle passant par Dabakala, d'où le nom d'onchocercose de savane. En 1974, date de création du Programme ouest africain de lutte contre l'onchocercose (OMS/OCP), la prévalence de l'Onchocercose de savane était supérieure à 65% et le taux de cécité était de 10%. L'aire d'extension sud est la partie située entre le parallèle passant par Dabakala et la pointe du « V baoulé » au sud où la prévalence est comprise entre 5 et 15% et un taux de cécité proche de zéro (PNLO, 2004). Après plus de 30 ans de lutte anti vectorielle (femelle de la simulie ou « mouche noire ») et chimique contre l'onchocercose, on remarque un inversement vers l'onchocercose de forêt plus présente dans le pays. Il serait donc intéressant que les mêmes stratégies de lutte (traitement communautaire par l'Ivermectine) qui ont permis de stabiliser la maladie en savane soient appliquées en zone forestière. De même la surveillance épidémiologique gagnerait à être renforcée en zone forestière si on veut arriver à maîtriser la recrudescence de cette affection invalidante.

Malgré la tendance générale à la baisse de la bilharziose urinaire, certains foyers sont restés endémiques. Cela pourrait relever du fait que le traitement de masse des enfants d'âge scolaire

reste faible compte tenu d'une part, de l'insuffisance du financement pour l'achat du Praziquantel et d'autre part, de la faible mobilisation des ressources des partenaires internationaux (OMS, Schistosomiasis Control Initiative). En attendant de disposer de suffisamment de moyens financiers, il importe donc de rehausser la formation des acteurs du niveau périphérique au diagnostic clinique, mais également à l'éducation pour le changement de comportement, l'hygiène urinaire et le danger des bains en marigots infectés.

CONCLUSION

La présente étude montre qu'il y a effectivement une variabilité climatique dans la région du N'zi. Cette variabilité a été mise en évidence par trois grandes périodes à l'échelle annuelle que sont 1981-1989 (période humide), 1990-2008 (période sèche) et 2009-2021 (période humide). L'effet de cette variabilité climatique s'est fait ressentir sur l'évolution de l'occupation du sol d'une part, et les maladies hydriques d'autre part. En effet, le changement climatique a un impact sur la couverture végétale qui se traduit par une régénérescence de la forêt ces dernières années. Les plans d'eau de surface subissent une diminution drastique de leur étendue sous l'effet d'une température de plus en plus élevée. L'objectif de réduction de l'incidence du paludisme de 70‰ à 35‰ n'a pas été atteint dans la région du N'zi. La dracunculose a été maîtrisées de 2007 à 2009. Le traitement communautaire de l'onchocercose par l'ivermectine a permis de réduire considérablement son incidence en savane tandis qu'en zone forestière, il persiste des zones fortement endémiques. L'incidence de la bilharziose urinaire a connu une tendance générale à la baisse pendant les dix dernières années. Le contrôle des maladies endémiques s'inscrit dans l'objectif 6 des OMD. En regard des OMD et des objectifs du PNDS, les résultats sont intéressants pour la dracunculose. Ils le sont en partie pour l'onchocercose. Des efforts restent encore à faire pour la lutte contre le paludisme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDOU I. K., ABASSE T., MASSAOUDOU M., RABIOU H., SOUMANA I.et BOGAERT J. Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Reserve Partielle de Faune de Dosso (Niger), International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13 (2) (2019) 1094 - 1108

BROU Y. T. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Techniques de Lille, France, (2005) 212 p.

DC-PEV/AMP/OMS/UNICEF. Revue Externe du Programme Elargi de Vaccination (2010).

DGP/MPD. Document de Stratégie de Relance du Développement et de Réduction de la Pauvreté (DSRP). Janvier (2009).

DIALLO H., BAMBA I., BARIMA Y. S. S., VISSER M., BALLO A., MAMA A., VRANKEN I., MAIGA M., BOGAERT J. 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). Science et changements planétaires/Sécheresse, vol. 22, n°2 (2011) pp. 97-107

FAO. Forest resources assessment 1990 - Survey tropical forest cover studies of change processes. FAO Forestry Paper 130, Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italie, (1996) 176 p.

GUO Y. and ZENG F. "Atmospheric correction comparison of SPOT-5 image based on model FLAASH and model QUAC", International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7, XXII ISPRS (2012) Congress, 25 August - 01 September 2012, Melbourne, Australia, (2012) .

INHP / MSHP. Institut National de l'Hygiène Publique / Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique. Guide technique pour la Surveillance Intégrée de la Maladie et la Riposte en Côte d'Ivoire (SIMR). Juillet 2008.

KONE M., DOUFFI K. G. C., SILUE S. S., SORO F. A., N'GUESSAN Y. J., KOFFI I.et COULIBALY L. Cartographie de l'occupation du sol et dynamique des anacardiers de la sous-préfecture de Napié, au Nord de la Côte d'Ivoire, Quest Journals - Journal of Research in Environmental and Earth Sciences, 2 (6) (2020) 35 - 46

KOUAME K.A. Application du modèle hydrologique distribué HYDROTEL à la stimulation des écoulements des eaux en milieu tropicale humide soumis aux pressions anthropiques : cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire, Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, (2013) 185 p.

KOUAME K. A., KOUDOU A., KOUAME K. F., KOUASSI A. M., OULARE S.et ADON G. C. R. Evolution de l'occupation du sol et rythme saisonnier de la végétation du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire, Rev. Ivoir. Sci. Technol., 26 (2015) 173 - 193

KOUASSI A. M., KOUAME K. F., AHOUSSI K. E., OULARE S., BIEMI J. « Impacts conjugués des changements climatiques et des pressions anthropiques sur les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'zi-Bandama (Côte d'Ivoire) », Revue Ivoirienne de Science et Technologie, N° 20 (2012) pp.124 – 146

MCKEE T. B., DOESKEN N. J., KLEIST J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the 8th conference on applied climatology, vol. 17, no. 22, (1993) pp. 179-183

OMS. Organisation Mondiale de la Santé. Rapport sur la santé dans le monde (1998).

PNLO. Rapport du Programme National de Lutte contre l'Onchocercose, la THA, la Bilharziose et la Filariose Lymphatique, (2004) 32p.

PNLP / MSHP. Programme National de Lutte contre le Paludisme / Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique. Rapport d'analyse situationnelle (2008).

PNEVG/EA/MSHP. Rapport sur la situation du ver de Guinée (2009).

SAVANE I., COULIBALY K. M., GIOAN P. Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. Science et changements planétaires/Sécheresse, vol. 12, n°4 (2002) pp. 231-237

MOORE S. et COLWELL R. Changement climatique et résurgence des maladies d'origine hydrique : Focus sur l'Afrique subsaharienne, Revue de l'Institut VEOLIA - *FACTS REPORTS N° 27* - Sante et environnement : comprendre, anticiper, agir face au dérèglement climatique (2025), pp. 66-70

MORAL P. Essai sur les régions pluviothermiques de l'Afrique de l'Ouest, Annales de Géographie, 73e Année, No. 400 (Novembre-Décembre 1964), pp. 660-686

N'GUESSAN Y. J. Flore, structure de la végétation et dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire des forêts classées de la Téné, de la Sangoué et de Laouda, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat. Université NANGUI ABROGOUA (Abidjan), (2021) 240 p.

N'GUESSAN Y. J., KONE M., DOUFFI K. G. C. et GNAHORE E. Impact des Intrusions paysannes sur la physionomie et la dynamique de la végétation de la forêt classée de Laouda au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, European Scientific Journal, 24 (15) (2019) 360 - 383

OSZWALD J. Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000), télédétection et développement d'une approche cartographique, Thèse de Doctorat : Université des Sciences et Technologies de Lille, France, (2005) 304 p.

RGPH / INS. Recensement Général de la Population, Institut National de la Statistique (2000).

RGPH / INS. Recensement Général de la Population, Institut National de la Statistique (2009).

TABOPDA W. G. et FOTSING J. M. Quantification de l'évolution du couvert végétal dans la réserve forestière de Laf-Madjam au nord du Cameroun par télédétection satellitale, Sécheresse, 21 (3) (2010) 169-178