

## **Dynamique forestière à l'ouest de la Côte d'Ivoire de 1990 à 2015 : cas du bassin versant du Niébé**

**Amidou DAO\* , Vamoryba FADIKA, Gneneyougo Emile SORO et Bamory KAMAGATE**

*Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire de Géosciences et Environnement, 02 BP 801 Abidjan 01, Côte d'Ivoire*

---

\* Correspondance, courriel : [daoamidou@hotmail.fr](mailto:daoamidou@hotmail.fr)

### **Résumé**

Cet article a pour objectif de caractériser la dynamique forestière du bassin versant du NIEBE de 1990 à 2015, période pendant laquelle cette zone située à l'Ouest de la Côte d'Ivoire, a connu une forte migration des populations. Pour y parvenir, des images satellitaires LANDSAT aux dates 1990, 2003 et 2015 ont été traitées par la méthode du maximum de vraisemblance à l'aide du logiciel ENVI 4.7. Les résultats ont fourni une proportion de 47,7 % de couverture de la classe « culture et jachère » contre 36,8 % de la classe « forêt dense » et 6,1% de « forêt dégradée » pour une superficie du bassin estimée à 4256 km<sup>2</sup> en 1990. En 2003, les mêmes classes ont occupé respectivement 47,8 % ; 25,2 % et 22,2 % de la superficie du bassin. En 2015, elles sont passées respectivement à 48,1 % ; 28,0 % et 19,3 %. Ainsi, la diminution de la forêt dense observée entre 1990 et 2003 (de 36,8 % à 25,2 %) peut être attribuée à une arrivée massive des populations liée à la dynamique cacaoyère d'Est en Ouest du pays. En revanche, son augmentation de 2003 à 2015, synonyme d'une régénérescence de la forêt, semble être le fait de la crise militaro-politique qui a occasionné un exode massif des populations. Afin, l'impact de la dynamique forestière sur les eaux de surface s'est matérialisé par une augmentation de leur superficie de 0,25 % en 1990 à 1,36 % en 2015.

**Mots-clés :** *dynamique forestière, bassin versant du Niébé, Ouest Côte d'Ivoire.*

### **Abstract**

#### **Forest dynamics in west of Côte d'Ivoire from 1990 to 2015 : case of the Niebe basin**

This article aims to characterize the forest dynamics of the NIEBE watershed from 1990 to 2015, during which time this area located in western Côte d'Ivoire, experienced a large population migration. To achieve this, LANDSAT satellite images at dates 1990, 2003 and 2015 were processed by the maximum likelihood method using the ENVI 4.7 software. The results provided 47.7 % coverage of the "crop and fallow" class against 36.8 % of the "dense forest" class and 6.1 % of "degraded forest" for an area of the basin estimated at 4256 km<sup>2</sup> in 1990. In 2003, the same classes occupied respectively 47.8 %; 25.2 % and 22.2 % of the basin area. In 2015, they increased to 48.1 % respectively; 28.0 % and 19.3 %. Thus, the decline in dense forest observed between 1990 and 2003 (from 36.8 % to 25.2 %) can be attributed to a massive influx of people linked to the cocoa dynamics of East to West of the country. On the other hand, its increase from 2003 to 2015, synonymous with a regeneration of the forest, seems to be the result of the military-political crisis which caused a mass exodus of populations. In order to achieve this, the impact of forest dynamics on surface waters has increased in size from 0.25 % in 1990 to 1.36 % in 2015.

**Keywords :** *forest dynamics, Niebe watershed, western Côte d'Ivoire.*

## 1. Introduction

Les changements d'occupation et d'utilisation des sols constituent un des processus à comprendre en préalable à des mesures au profit d'un développement durable. Ils sont à la base de modifications constantes de l'interaction entre les climats et les écosystèmes [1]. En même temps, ces changements d'état de surface influencent la biodiversité et les cycles biogéochimiques, et peuvent dégrader la qualité de l'eau. Ils jouent aussi un rôle dans l'évolution des climats, comme le montrent les études évaluant les incidences de l'usage des terres sur les modèles de circulation générale [2]. Ces perturbations de l'environnement sont occasionnées par les phénomènes naturels et les activités anthropiques. Ces activités dépendent du contexte socio-économique et politique et des atouts et contraintes géologiques, pédologiques et climatiques [3]. La déforestation tropicale fait partie des changements d'occupation du sol les plus préoccupants, puisqu'ils affectent le principal réservoir de biodiversité terrestre et certainement bien d'autres ressources. Le taux mondial de déforestation qui était de 6,11 millions Ha/an au cours de la période 1976-1980, est passé à 8,10 millions Ha/an entre 1990 et 1997 [4]. Selon la FAO, en 1990, la planète comptait 4,128 milliards d'ha de forêt, contre 3,9 milliards d'ha en 2015. Ainsi, entre 1990 et 2015, l'étendue totale des forêts est passée de 31,6 % à 30,6 % de la superficie terrestre mondiale dont 2,8 millions d'hectares en Afrique. En Afrique de l'Ouest, plus des 2/3 des surfaces boisées ont disparu entre 1980 et 1990, soit une superficie de 4,1 Millions d'Ha par an [5].

Dans ce sombre schéma, les forêts denses d'Afrique ont été les plus touchées. Elles ont perdu près de 16 % de leur superficie au profit de formations végétales herbacées ou arbustives de substitution, de forêts fragmentées (19 %), de forêts dégradées ou claires (25 %) et d'espaces agricoles à jachère longue (5,4 %) ou courte (34 %). Les superficies des forêts denses sont passées de 24 à 22,6 % de la surface totale des terres [6]. En Côte d'Ivoire, le patrimoine forestier a considérablement régressé du fait des activités agricoles. Il est passé de près de 15.000.000 Ha depuis la décennie 1950 à environ 1.500.000 Ha dans un passé récent [7] et cela au nom de l'économie du pays. Ce choix de bâtir l'économie du pays sur l'agriculture a mis en mal les ressources forestières. On a encore peu de certitudes sur les liens entre couvertures forestières et climat mais on peut déjà constater que la pluviométrie y a considérablement baissé ces dernières décennies à l'instar de l'Afrique de l'Ouest et ce, à des intensités variables [8]. Les études menées en Côte d'Ivoire sur les tendances pluviométriques ont mis en évidence une baisse généralisée des précipitations dans les zones savanicoles, forestières et même côtières [9]. Il existe une étroite corrélation entre la dynamique de la modification du couvert végétal et la baisse pluviométrique. Cette baisse pluviométrique est en étroite relation avec le début de la déforestation massive en Côte d'Ivoire [3, 10].

Ainsi, à cause notamment des liens potentiels avec le climat local et l'hydrologie, le recul de la forêt sur les grands bassins versants en général appelle à la réflexion. Le cas de l'Ouest ivoirien, et notamment le bassin-versant de la rivière NIEBE, affluent du fleuve Cavally est le plus préoccupant. En effet ce bassin versant représente l'essentiel (60 %) de la forêt classée de Taï, patrimoine mondial et dernière forêt de vaste étendue de la Côte d'Ivoire. L'Ouest ivoirien est aujourd'hui une zone de forte production du cacao dont la Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial. Cette culture de rente très consommatrice de ressources forestières a dévasté toute la forêt dense de l'Est du pays jusqu'à la fin de la décennie 1980. Elle s'est vue ajouter de nouvelles cultures de rente telles que l'hévéa et le palmier à huile non moins gourmandes en forêts. Par ailleurs, à partir des années 90, cette partie du pays a enregistré un flux migratoire important suite à la guerre du Libéria. En 2003, la crise militaro-politique qu'a connue la Côte d'Ivoire a contraint à son tour, les populations à un exode massif vers le Libéria ou d'autres contrées, occasionnant un grand désordre dans la gestion des ressources naturelles. Face à cette dynamique agricole et aux différents flux migratoires, on peut faire l'hypothèse d'impacts écologiques importants à l'échelle du bassin-versant : impacts sur le couvert végétal d'abord, et par ricochet la biodiversité terrestre et les ressources en eau, quantitativement et

qualitativement. Cette recherche s'inscrit dans l'étude plus générale des interactions entre écosystèmes, climats et sociétés en zone ouest de Côte d'Ivoire. Plus particulièrement, cet article a pour objectif de caractériser la dynamique forestière pendant la période 1990-2015, marquée chronologiquement par le déplacement de la ceinture cacaoyère d'Est vers l'Ouest du pays et par la crise militaro-politique ivoirienne. Pour parvenir à une cartographie de la dynamique forestière, nous avons fait recours aux images satellitaires LANDSAT.

## 2. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant du NIEBE d'une superficie de 4256 km<sup>2</sup>, est situé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°08' et 6°24' Nord et les longitudes 6°47' et 7°25' Ouest (*Figure 1*). Le relief est accidenté sur le 1/3 de la superficie avec des altitudes dépassant parfois les 1000 m dans ses parties Nord et Centre. Il présente d'immenses plaines et de nombreux et larges bas-fonds dans sa partie Sud. Le climat est de type subéquatorial caractérisé par une forte pluviométrie atteignant et dépassant parfois les 2000 mm. La végétation est constituée de forêt dense humide sempervirente ou forêt ombrophile. Les principaux cours d'eau sont la rivière Hana et la rivière Mémo. L'économie de la région est basée sur l'agriculture, l'agro-industrie, la pêche, l'artisanal, l'élevage et le commerce. Les formations géologiques appartiennent au socle primaire précambrien et correspondent aux deux grands cycles orogéniques successifs libérien et éburnéen. Les sols dominants sont ferrallitiques fortement désaturés, de type « remanié modal » en amont du bassin, ou de type « faiblement rajeuni » en aval. La population est estimée à 508733 habitants dans le département de Taï auquel est rattaché le bassin versant du NIEBE [11]. Les principaux produits agricoles sont le café (environ 11200 tonnes par an), le cacao (41300 tonnes par an), le palmier à huile l'hévéa, le manioc, l'igname [12].

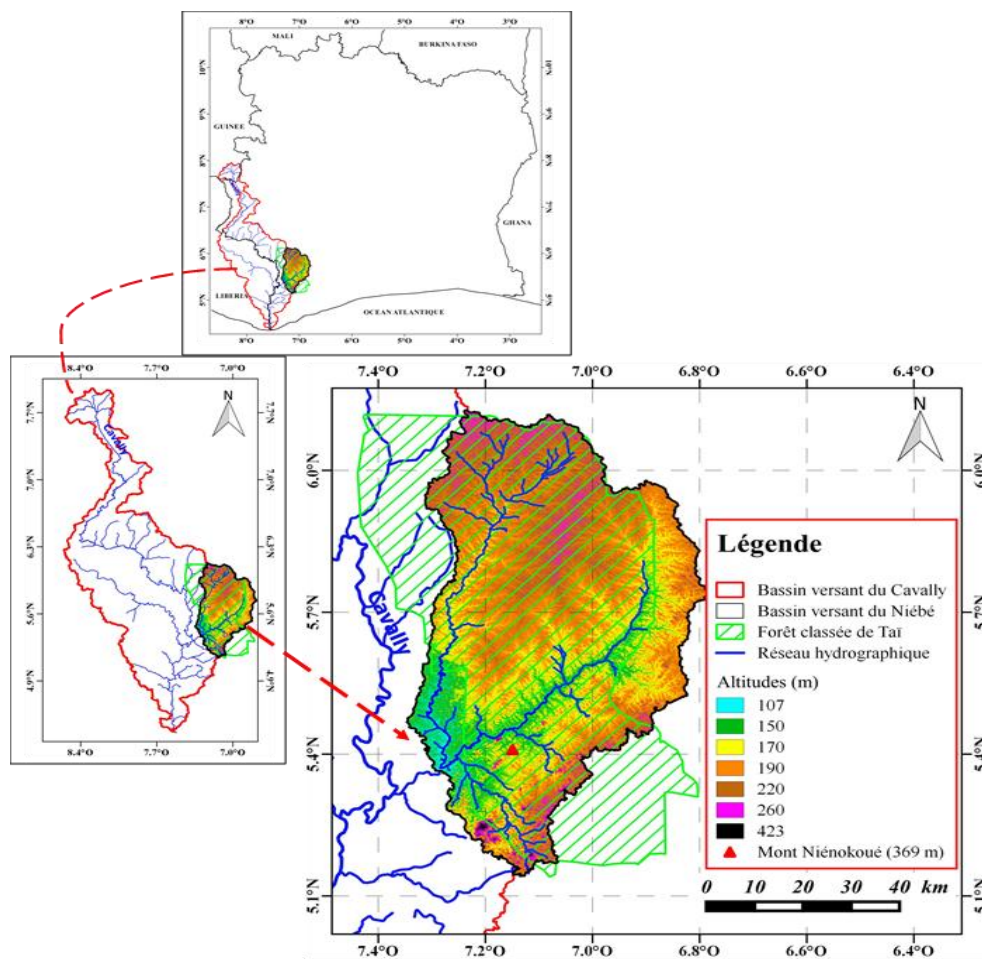


Figure 1 : Localisation du bassin versant du NIEBE en Côte d'Ivoire

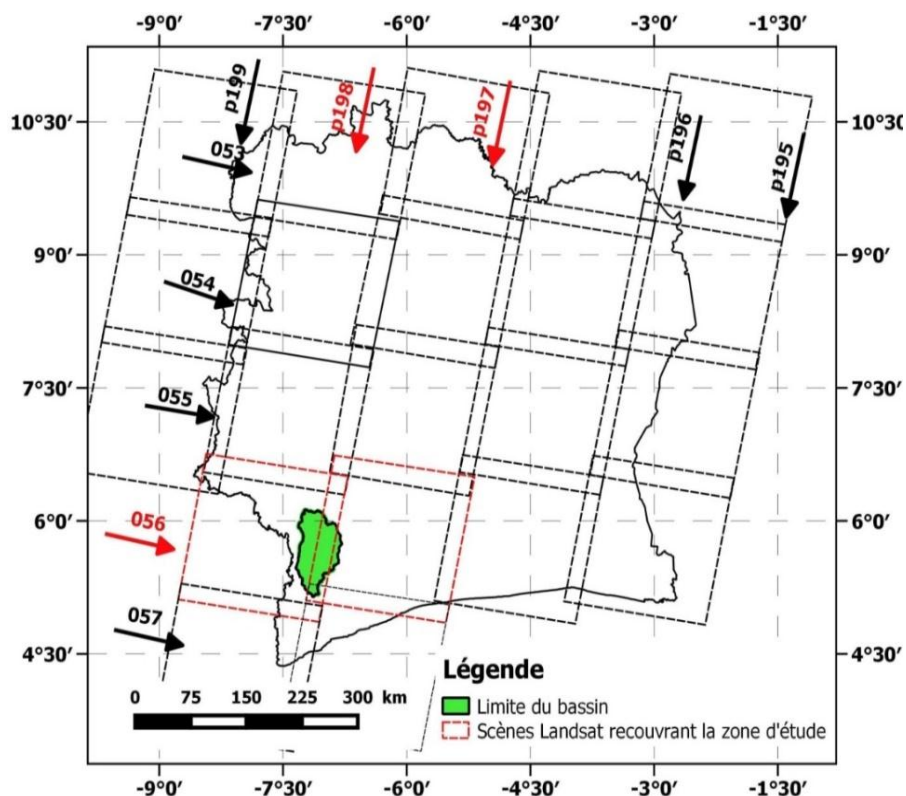
### 3. Données et méthodes

#### 3-1. Données

Ce sont des scènes TM (Thematic Mapper), ETM (Enhanced Thematic Mapper) et d'OLI (Operational Land Imager) de LANDSAT dont deux couvrent la totalité du bassin (**Figure 2**). Ces images sont enregistrées et corrigées radiométriquement et géométriquement. La projection est en format Universal Transversal Mercator (UTM) dans le référentiel géodésique WGS84. Les scènes LANDSAT (197-56 et 198-56) couvrant le bassin ont les caractéristiques suivantes :

- images TM acquises en décembre 1990. Elle comporte sept bandes spectrales. Elles sont téléchargées sur le site de l'université du Maryland : Type de fichier : GEOTIFF, Capteur : TM, Projection : UTM, zone 30 nord ; Ellipsoïde : WGS-84, Résolution : 30 mètres, Description : GEO-TIFF Orthorectifiée ;
- images ETM+ acquises en janvier 2003. Elles comportent huit bandes spectrales, soit une bande panchromatique, six bandes multi-spectrales et une bande Infrarouge thermique ;
- images OLI acquises en décembre 2015. Elle comporte onze bandes spectrales, soit une bande panchromatique, huit bandes multi spectrales et deux bandes Infrarouges Thermiques.

Toutes ces images ont été choisies pour des prises de vues entre février et avril, période correspondant à la saison sèche, dans le but de minimiser l'effet des nuages.



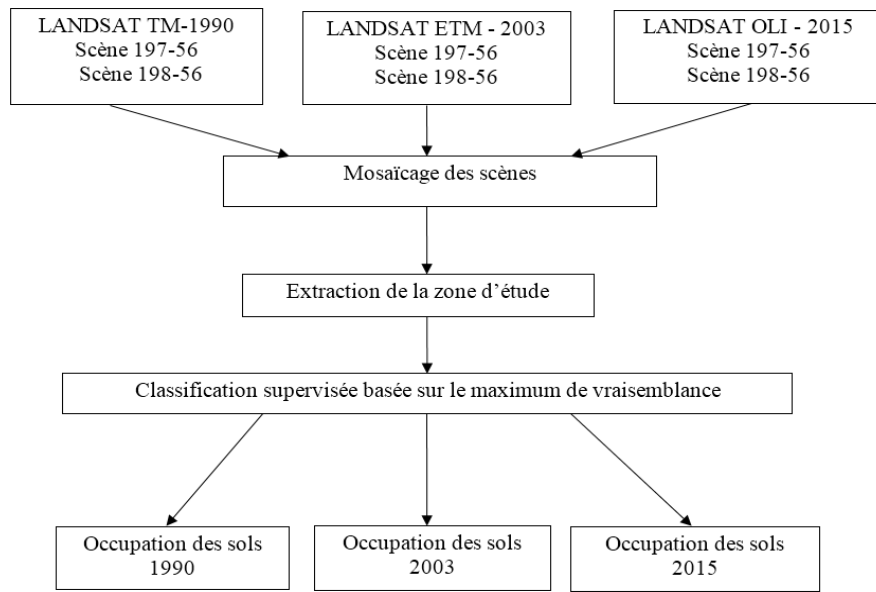
**Figure 2 :** Coordonnées des scènes Landsat couvrant le bassin versant du NIEBE

#### 3-2. Méthodes

Le traitement des scènes en vue de l'obtention des cartes de l'occupation des sols aux dates : 1990, 2003 et 2015 est effectué selon l'organigramme de la **Figure 3**.

**3-2-1. Mosaïcage des scènes et extraction de la zone d'étude**

Le bassin étant couvert par deux scènes de coordonnées (p198/056) et (p197/056), il est impératif de procéder à leur mosaïque afin d'obtenir une image unique. Pour ce faire, il faut des scènes d'une même date et d'une même période climatique car deux scènes d'un même lieu et de différentes saisons n'ont pas la même réflectance vis-à-vis des capteurs [13]. Une image unique des deux scènes est obtenue à l'aide du logiciel ENVI 4.7. Cela a permis de délimiter la zone d'étude à laquelle est appliquée la méthode de classification supervisée basée sur le maximum de vraisemblance.



**Figure 3 : Organigramme de traitement des scènes LANDSAT**

**3-2-2. Classification supervisée**

La méthode de classification choisie est la classification supervisée (ou "classification dirigée"). En se basant sur la signature spectrale, on a défini pour chaque pixel de l'image, sa classe d'appartenance. L'algorithme utilisé est celui du maximum de vraisemblance qui repose sur la règle de Bayes et permet de calculer pour chaque pixel sa probabilité d'appartenir à une classe plutôt qu'une autre. Il est considéré comme le plus performant des algorithmes dans la production des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol [14]. Dans cette méthode, le pixel est affecté à la classe dont la probabilité d'appartenance est la plus élevée. La démarche suivie se résume en trois étapes : l'interprétation visuelle des images satellitaires en se basant à la fois sur les caractéristiques des classes d'occupation du sol ; la sélection d'un nombre de zone d'entraînement pour les classes voulues et l'évaluation de la fiabilité de la classification et le contrôle du résultat obtenu.

**3-2-3. Elaboration des cartes d'occupation du sol**

Les types d'occupations des sols représentatifs de l'espace étudié sont : forêts denses, forêts dégradés, cultures/jachères, eaux et habitats/sols nus. Pour évaluer la qualité statistique des noyaux élaborés, une matrice de confusion entre les pixels de référence (terrain) et des pixels affectés (classification) a été créée avec le module « confusion matrix » sous le logiciel ENVI 4.7. Pour vérifier l'excellence de la correspondance entre la cartographie et les observations sur le terrain, deux paramètres ont été définis :

- la précision globale du traitement qui exprime la validité du traitement de pixel. Elle est satisfaisante si sa valeur se rapproche de 100 % et plus le traitement est jugé valide ;

- le coefficient Kappa, mesure la précision de la classification, il tient compte des erreurs de commission et d'omission. Il varie de 0 à 1. Ainsi, la classification est d'autant plus valide que cette valeur tend vers 1.

Ces deux paramètres permettent de mieux apprécier la classification effectuée selon [15]. Enfin, les couches thématiques des types d'occupation sont habillées sous le logiciel QUANTUM GIS 2.12 pour l'élaboration des cartes d'occupation des sols.

## 4. Résultats et discussion

### 4-1. Résultats

#### 4-1-1. Classification des composantes de la dynamique

La variété des canaux Landsat TM et ETM+ nous offre une multitude de choix pour réaliser les combinaisons tertiaires RGB. Cependant, il arrive que ces combinaisons soient très corrélables, c'est-à-dire que l'information portée se répète dans plusieurs bandes. Pour échapper à cette répétitivité et choisir les compositions RVB les plus importantes, une étude statistique pour les six bandes de même résolution spatiale (1, 2, 3, 4, 5 et 6) est effectuée. Ainsi, le coefficient de corrélation des six bandes et leurs déviations standards sont calculés. Les meilleures compositions colorées obtenues correspondent aux combinaisons de trois bandes les moins corrélées entre elles. Elle calcule la matrice de corrélation [16]. Pour ce travail, la précision de traitement obtenue par la matrice de corrélation est de l'ordre de 98,54 % en 1990, 99,20 % en 2003 et de 99,55 % en 2015. Cela signifie que sur 100 pixels terrain, au moins 90 sont effectivement affectés à leur thème. Le reste est mal classé à cause de, soit des erreurs d'omission, soit des erreurs de commissions. Le coefficient Kappa est de 0,97 en 1990, 0,98 en 2003 et de 0,99 en 2015. Dans ces conditions, le traitement des images est jugé satisfaisant.

#### 4-1-2. Cartographie de la dynamique forestière

Sur la base des types d'occupations de sols représentatifs de l'espace étudié que sont : les forêts denses, les forêts dégradées, les cultures/jachères, les eaux et les habitats/sols nus, une analyse des cartes obtenues sur les trois dates sélectionnées (1990, 2003 et 2015) a été faite (*Figure 4*). La carte de 1990 considérée comme référence, montre une forte dominance de la forêt dense représentée par la couleur vert-foncée sur l'ensemble du bassin versant. Cette partie semble représenter la forêt primitive de Taï qui occupe près de 60 % la superficie du bassin (*cf. Figure 1*). Ce vert-foncé est dégradé en vert-clair dans la partie Nord du bassin versant en relation avec une forêt dégradée. La couleur rouge associée aux cultures est entremêlée majoritairement à la couleur grise représentant les sols nus. En 2003, on observe une diminution de la couleur vert-foncée de près de la moitié. Cela matérialise un recul assez important de la forêt dense. On peut aussi observer une apparition de lignes bleues correspondant aux cours d'eau tandis que la couleur rouge à l'intérieur du périmètre de la forêt de Taï a disparu. En 2015, la couleur vert-foncée a tendance à repousser le vert clair. Cela met en évidence une régénérescence de la forêt.



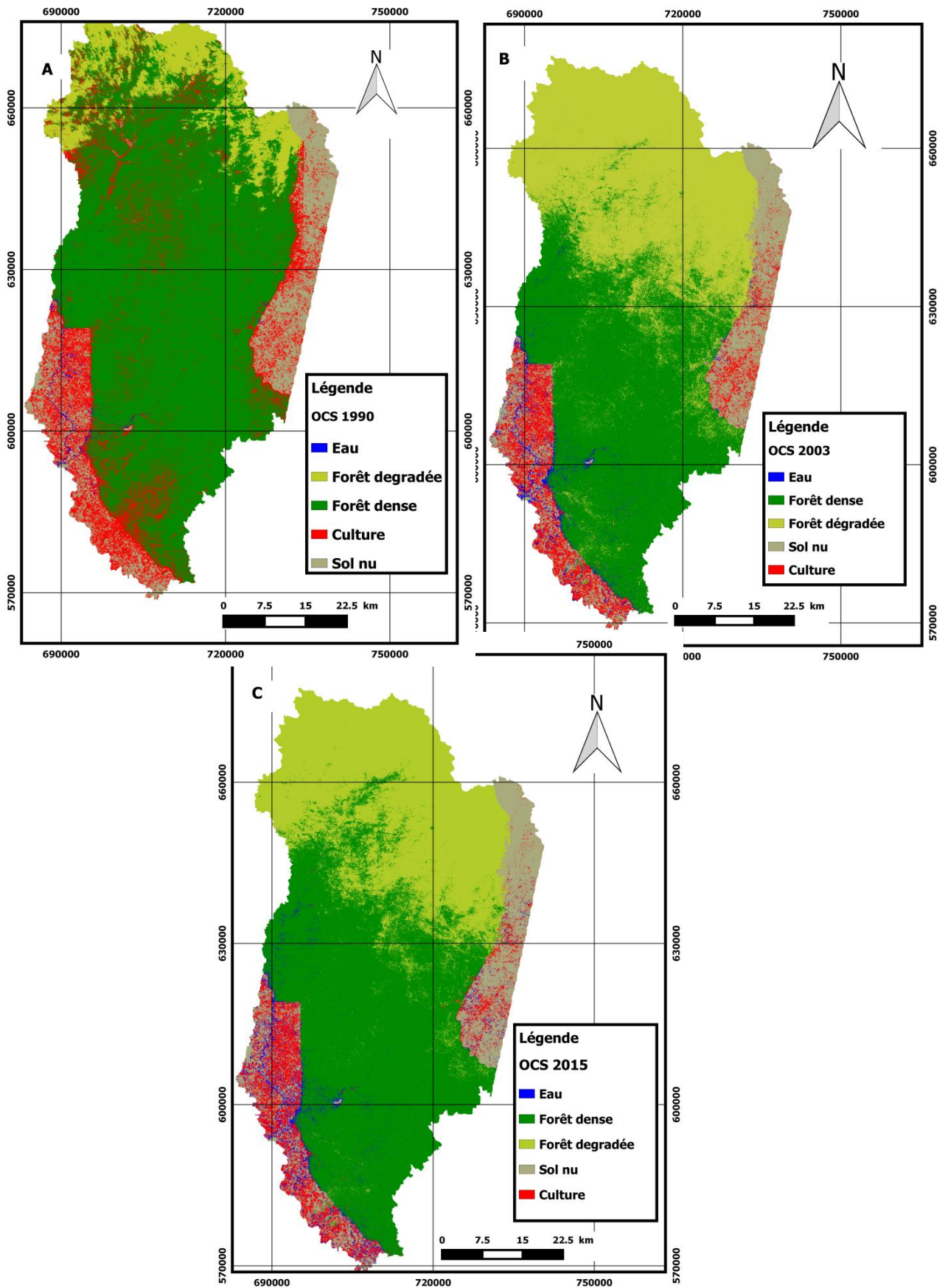


Figure 4 : Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant du Niébé : A (1990), B (2003), C (2015)

### 4-1-3. Statistiques des composantes de l'occupation du sol

Le **Tableau 1** présente les proportions des types d'occupation en 1990, 2003 et 2015 par rapport à la superficie totale du bassin. En effet, en 1990, la proportion culture/jachère est dominante et évaluée à 47,7 % de la superficie totale du bassin. A cette même date, la proportion de forêt dense et forêt dégradé est évaluée à environ 40 %. Les sols nus et habitats sont estimés autour de 9 % tandis que la proportion des cours est très négligeable (0,2 %). En 2003, la proportion de culture/jachère a très peu variée pour une forte diminution de la forêt dense. On peut observer que cette forêt dense est passée de 36,8 % en 1990 à 25,2 % en 2003 alors que la forêt dégradée a augmenté. Les sols nus et habitats ont aussi beaucoup diminué (9,2 à 3,8 %). Les statistiques de 2015 montrent une légère reprise de la forêt dense dont les proportions sont évaluées à 28 %. Pendant ce temps on assiste à une diminution de la forêt dégradée. Les cultures et les jachères ont légèrement augmenté (47,8 à 48,1 %) tandis que les sols nus et habitats sont en recul (3,8 à 3,3 %). A l'opposé des autres types d'occupation qui ont vu leur proportion évoluée en dents de scie, celle des cours d'eau a progressé de façon linéaire de 1990 à 2015.

**Tableau 1** : Proportions des composantes de l'occupation du sol dans le bassin versant du Niébé

Occupation du sol	Proportion par année en %		
	1990	2003	2015
Forêt dense	36,8	25,2	28,0
Forêt dégradée	6,1	22,2	19,3
Culture / jachère	47,7	47,8	48,1
Sol nu / habitat	9,2	3,8	3,3
Cours d'eau	0,2	1,0	1,4
Total		100	

### 4-2. Discussion

La cartographie de l'occupation du sol réalisée à partir de la classification supervisée par Maximum de vraisemblance a donné une précision globale avoisinant les 100 %. Ainsi, le traitement des scènes TM pour l'année 1990 a permis d'obtenir une précision de 98,54 % pour un coefficient de Kappa de 0,97. Les scènes ETM ont décliné une précision de 99,20 % pour un coefficient de Kappa de 0,98 en 2003. Les capteurs OLI ont restitué les images avec une précision de 99,55 % pour un Kappa de 0,99. Comme on peut le constater, la précision du traitement semble être fonction de la génération des capteurs du satellite Landsat. Ce constat est fait par [16] dans leur cartographie linéaires au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Ces valeurs sont comparables à celles de [17] et de [18] respectivement dans leurs travaux au Sud de la Côte d'Ivoire sur la prévention et étude des risques d'inondation en milieu urbain par Télédétection et Systèmes d'informations géographiques d'une part et sur la cartographie des zones soumises aux inondations et éboulements de terrain dans la commune d'Abobo d'autre part. En revanche, [19] a obtenu des valeurs de précisions nettement en deçà et autour de 80 % dans ses travaux sur l'apport de la télédétection à la caractérisation des formations superficielles sous forêt tropicale dense dans le parc national de la Marahoué au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Par ailleurs, les pertes de précision sur le traitement des images autour de 3 % peuvent être attribuées à la résolution des pixels des capteurs des satellites [20] car pour ce travail, les bandes des capteurs TM, ETM et OLI utilisées ont une résolution moyenne de 30 m x 30 m. Le croisement des résultats de la cartographie et de la statistique des composantes de l'occupation du sol permettent de dégager deux moments précis dans de la dynamique forestière dans le bassin versant du Niébé entre 1990 et 2015. La première période correspond à une diminution de la forêt dense de 1990 à 2003 tandis que la seconde



(2003-2015) montre une tendance à sa régénérescence. En effet, entre 1990 à 2003, il a eu une ruée des populations ivoiriennes vers les zones forestières de l'Ouest de la Côte d'Ivoire car les terres de l'Est devenaient de plus en plus pauvres et non propices à la culture du cacao, produit de rente permettant aux paysans de faire des économies afin de survenir à leurs besoins [21]. Cela semble se matérialiser par une augmentation de la forêt dégradée dans une proportion du simple au quadruple. Cela intègre bien la forte régression la forêt ivoirienne observée par [6, 16, 21 - 24] dans leurs travaux de recherche sur la dynamique de l'occupation du sol. La baisse de la proportion des sols nus/ habitats peut s'expliquer par une couverture des sols par les cultures et les éventuels reboisements. L'augmentation de la forêt dense après 2003, peut être le fait de la crise militaro-politique qui a occasionné un exode massif des populations. Cela est matérialisé par une diminution de la forêt dégradée au profil d'une légère augmentation des jachères. Beaucoup de plantations ont dû être abandonnées par leurs propriétaires à cet effet [25]. Aussi, les nouvelles cultures telles que l'hévéa et le palmier à huile introduites en masse dans l'économie à partir de la décennie 2000 ont dû grandir et donné l'allure de forêt une quinzaine plus tard [26]. Cette recherche s'inscrit dans l'étude plus générale des interactions entre écosystèmes, climats et sociétés en zone Ouest de la Côte d'Ivoire. Ainsi, l'augmentation linéaire de la proportion des cours d'eau de 1990 à 2015, pourrait être causée par la destruction des forêts galeries le long des cours d'eau [27, 28].

## 5. Conclusion

L'objectif de ce travail est de caractériser la dynamique forestière dans le bassin versant du NIEBE. Cette dynamique a été caractérisée sur la base des types d'occupations de sol représentatifs de l'espace étudié (les forêts denses, les forêts dégradées, les cultures/jachères, les cours d'eau et les habitats/sols nus) sur la période 1990-2015. Les statistiques issues de la cartographie en 1990 ont donné une proportion de cultures/jachères, évaluée à 47,70 % contre 36,76 % de forêt dense sur l'ensemble de la superficie du bassin. Cette dominance de la classe culture/jachère semble confirmer une forte intrusion humaine dans la forêt. Cette même tendance entre forêt dense et culture/ jachère est observée en 2003 avec des proportions respectives de 48,8 % et 25,2 %. En 2015, on a assisté à une légère augmentation de la forêt dense contre un recul de la forêt dégradée dans les proportions respectives de 28,0 % et 19,3 %. L'impact de la dynamique forestière sur les eaux de surface s'est matérialisé par une augmentation de leur superficie de 0,25 % en 1990 à 1,36 % en 2015. Tous ces résultats montrent qu'il existe une forte interaction entre l'homme, la forêt et les cours d'eau dans le bassin versant du NIEBE. Cela consolide notre problématique de recherche sur les interactions entre écosystèmes, climat et sociétés dans le bassin versant transfrontalier du CAVALLY.

## Références

- [1] - L. HUBERT-MOY, Occupation du sol : De l'inventaire à la modélisation prédictive. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université de Rennes2, Haute Bretagne, COSTEL UMR CNRS 6554 LETG, (2004) 278 p.
- [2] - S. CORGNE, Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 2-Hantes-Bretgne (France) -Option : Géographie, (2004) 230 p.
- [3] - Y. T. BROU, Climat, mutation, socio-économique et paysage en côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités Scientifiques (mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches). Université des Sciences et Technologies de Lille (USTL), (2005) 226 p.

- [4] - F. ACHARD, H. D. EVA, H. J. STIBIG, P. MAYAUX, J. GALLEGRO, T. RICHARD et J. P. MALINGERED, Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forest. *Science*, 297 (5583) (2000) 41 - 62
- [5] - P. HUBERT et J. P. CARBONNEL, Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 95 (1987) 165 - 183
- [6] - K. D. SINGH, Évaluation des ressources forestières : pays tropicaux. *Unasyva*, 44 (174) (1993) 10 - 19
- [7] - C. NOUFOU, Déforestation et activités agricoles en Côte d'Ivoire : recherche d'un nouvel équilibre. Thèse de Doctorat, Faculté des études supérieures de l'Université Laval, (1998) 159 p.
- [8] - A. DAO, B. KAMAGATE, A. MARIKO, B. T. A GOULA., L. SEGUIS, H. B. MAIGA, I. SAVANE, "Impact de la variabilité climatique et réponse hydrologique du bassin versant transfrontalier de Kolondiba au Sud du Mali" *European Journal of Scientific Research*, (43) 4 (2010) 434 - 444
- [9] - E. SERVAT, J. E. PATUREL, H. LUBÈS, B. KOUAMÉ, M. OUEDRAOGO ET J. M. MASSON. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part I : detailed analysis of the phenomenon in Côte d'Ivoire. *Journal of Hydrology*, 191 (1997) 1 - 15
- [10] - C. CHATELAIN, Possibilités d'application de l'imagerie satellitaire à haute résolution pour l'étude des transformations de la végétation en Côte d'Ivoire forestière. Thèse de l'Université de Genève, (1996) 245 p.
- [11] - RGPH, Recensement Général de la Population et de l'Habitat en Côte d'Ivoire, (2014)
- [12] - OIPR, Plan d'aménagement et de gestion du parc national de Taï. Manuel version actualisée, (2006) 99 p.
- [13] - L. SEBASTIEN, L. MANCEAU, Potentialités des images Landsat pour l'identification et la délimitation de zones humides à l'échelle régionale : l'exemple de l'Est de la France, *Physio-Géo*, Vol. 9, 1 (2015) 125 - 140
- [14] - A. KANGAH, Utilisation de la télédétection et d'un système d'information géographique (SIG) pour l'étude des pressions anthropiques sur les paysages géomorphologiques des savanes subsahariennes : exemple du degré carré de Katiola (centre-Nord ivoirien). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (2006) 186 p.
- [15] - S. CHALIFOUX, M. NASTEV, C. LAMONTAGNE, R. LATIFOVIC et R. FERNANDES, Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie, *Télédétection*, (6) (2006) 9 - 17
- [16] - V. M. SOROKOBY, M. B. SALEY, K. KOUAME, M. DJAGOUA, M. BERNIER, K. AFFIAN et J. BIEMI, Utilisation des images Landsat ETM+ et du SIRS pour la cartographie linéaire et thématique de Soubré-Meagui (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) : contribution à la gestion des ressources en eau souterraine. *Revue Télédétection*, 9 (3-4) (2010) 209 - 223
- [17] - K. M. KOUAME, Prévention et étude des risques d'inondation en milieu urbain par Télédétection et Système d'information géographique (SIG) : cas de la commune de Cocody-Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université de Cocody-Abidjan, (2013) 83 p.
- [18] - A. J. P. DEGUY, Cartographie des zones soumises aux inondations et éboulements de terrain dans la commune d'Abobo (*Côte d'Ivoire*). Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua, (2013) 81 p.
- [19] - A. B. H. MOBIO, Apport de la télédétection à la caractérisation des formations superficielles sous forêt tropicale dense : Cas du parc national de la Marahoué (CI). Mémoire de DEA, Télédétection et SIG option Sciences de la terre. Université de Cocody (Côte d'Ivoire), (2004) 69 p.
- [20] - FAO, Elaboration d'une base de données sur l'occupation du sol grâce à la télédétection et à un système d'informations géographiques, Série Télédétection pour décideurs, (21) (2014) 6 p.
- [21] - R. BALAC, Dynamiques migratoires et économie de plantation in "La Côte d'Ivoire à l'aube du XXI<sup>e</sup> Siècle" Eds Tapinos, G. P., Hugon, P., Vimard, P., Karthala, Paris, (2002) 195 - 231
- [22] - M. KONÉ, A. AMAN, A. C. Y. YAO, Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Revue de Télédétection*, 7 (1-2-3-4) (2007) 433 - 446
- [23] - K. S. YERO, Evolution de l'occupation des sols dans l'Ouest du Niger : Influence sur le cycle de l'eau. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, France, (2012) 231 p.

- [24] - E. N'GUESSAN, H. D. N'DA, M-F BELLAN, Pression anthropique sur une réserve forestière en côte d'ivoire : apport de la télédétection, *Télédétection*, 2006, 5 (4) (2006) 307 - 323
- [25] - V. BRUZON, Les pratiques du feu en Afrique subhumide : Exemples des milieux savaniques de la Centrafrique et de la Côte d'Ivoire in : Dynamique des systèmes agraires à la croisée des parcours Pasteurs, éleveurs, cultivateurs. *Mémoire ORSTOM*, (1994) 147 - 163
- [26] - F. RUF, L'adoption de l'hévéa en Côte d'Ivoire. Prix, mimétisme, changement écologique et social, *Économie rurale*, (2012) 330 - 331 p.
- [27] - H. ABDALLAH, H. SOUILMI, Analyse des changements d'occupation du sol et des transformations socio-économiques au cours du XX<sup>ème</sup> siècle dans les marges arides du Tell oriental (Dorsale centrale, environs d'Es Sarrassif, Tunisie), *Physio-Géo*, Vol. 9, 1 (2015) 81 - 109
- [28] - F. ABABACAR, Du Ferlo au Bassin arachidier (Sénégal) : analyse de la composition floristique de la végétation envisagée comme ressource et comme indicatrice des changements socio-environnementaux, *Physio-Géo*, Vol. 11, 1 (2017) 65 - 91