

## **INFLUENCE DES FACTEURS HYDRO-MORPHOSTRUCTURAUX SUR LES INONDATIONS DU BASSIN VERSANT DU FLEUVE SAN-PEDRO, CÔTE D'IVOIRE**

**N'Da Jean Claude KONIN<sup>1\*</sup>, Yao Alexis N'GO<sup>1</sup>, Gneneyougo  
Emile SORO<sup>1</sup>, Kouakou Firmin YA<sup>1,2</sup> et Bi Tié Albert GOULA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Université NANGUI ABROGOUA, Laboratoire Géosciences et  
Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

<sup>2</sup>*Direction de la Météorologie nationale SODEXAM, 15 BP 990 Abidjan 15,  
Côte d'Ivoire*

(reçu le 02 Avril 2021 ; accepté le 07 Mai 2021)

---

\* Correspondance, e-mail : [koninjeanclaude@gmail.com](mailto:koninjeanclaude@gmail.com)

### **RÉSUMÉ**

Cette étude porte sur l'influence des facteurs hydro-morphostructuraux sur les inondations du bassin versant du fleuve San-Pedro. Les données pluviométriques de 1976 à 2015 et images satellitaires de 1986 et 2015 ont été utilisées. Des outils de traitement d'images et de traitements statistiques ont permis de réaliser cette étude. Les résultats montrent une hausse pluviométrique de 1976 à 1995 avec des hauteurs comprises entre 1300 et 1900 mm. La décennie 1996-2005 enregistre des hauteurs pluviométriques inférieures à 1400 mm pendant que la décennie 2006- 2015 présente une reprise de la pluviométrie. La dynamique de l'occupation du sol montre une régression des formations naturelles au profit des formations anthropiques, avec une augmentation des proportions 51,01 et 1,90 % observée respectivement au niveau des classes cultures et jachères et sols nus et habitats. Les classes forêt dense, forêt défrichée et l'eau ont subi une régression avec des proportions : 24,06, 22,90 et 0,12 %. Le bassin versant appartient à la classe des grands bassins avec une forme allongée illustrée par un indice de compacité de 1,40. Son relief est fort avec un indice de pente globale estimé à 4,10 %. Les zones à fortes et très fortes vulnérabilités aux inondations sont passées de 38,48 % en 1986 à 55,81% en 2015. Les aspects étudiés montrent l'exposition du bassin versant aux inondations malgré la baisse pluviométrique.

**Mots-clés :** *influence, facteurs hydro-morphostructuraux, inondations, bassin versant, San-Pedro.*

**ABSTRAT****Influence of hydro-morphostructural factors on flooding in the San-Pedro river watershed, Ivory Coast**

This study investigates the influence of hydro-morphostructural factors on flooding in the San-Pedro River watershed. Rainfall data from 1976 to 2015 and satellite images from 1986 and 2015 were used. Image processing and statistical tools were used to carry out this study. The results show an increase in rainfall from 1976 to 1995 with rainfall amounts between 1300 and 1900 mm. The decade 1996-2005 records rainfall amounts below 1400 mm, while the decade 2006-2015 shows a recovery in rainfall. The dynamics of land use show a regression of natural formations in favour of anthropogenic formations, with an increase in the proportions of 51.01 and 1.90 % observed respectively in the classes of crops and fallow land and bare soil and habitats. The dense forest, cleared forest and water classes have suffered a regression with proportions: 24.06; 22.90 and 0.12 %. The watershed area belongs to the large watershed class with an elongated shape illustrated by a compactness index of 1.40. It has a strong relief with a compactness index of 1.40. Its relief is strong with an overall slope index estimated at 4.10 %. The areas with high and very high vulnerability to flooding have increased from 38.48 % in 1986 to 55.81 % in 2015. The aspects studied show the exposure of the watershed to flooding despite the decrease in rainfall.

**Keywords :** *influence, hydro-morphostructural factors, flooding, watershed, San-Pedro.*

**I - INTRODUCTION**

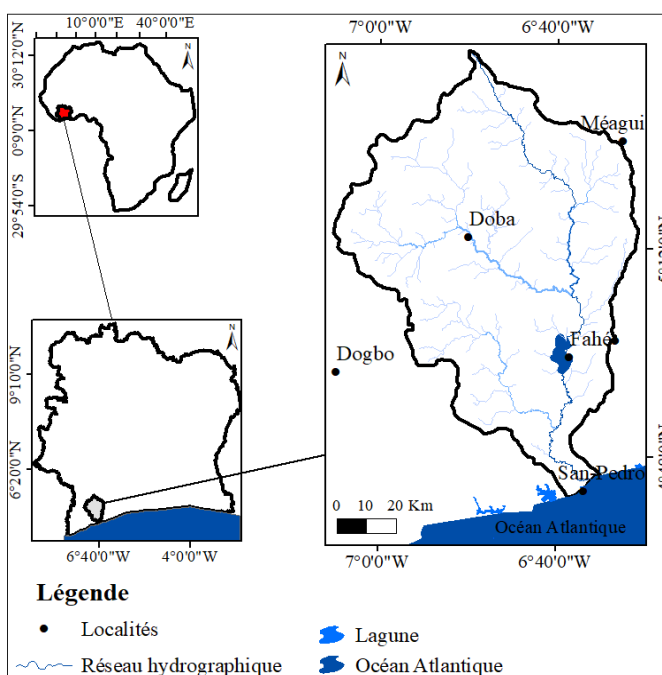
Les catastrophes naturelles causent des pertes en vie humaine [1] et des dommages matériels dans le monde [2]. Parmi les catastrophes naturelles, sont classées les inondations dont les risques sont les plus rencontrés sur la planète [3]. Les impacts des inondations constituent le plus gros risque pour la vie humaine, les biens [4], le sol, les ressources en eau et l'économie [5]. Elles font partir des évènements météorologiques extrêmes qui affectent les populations ouest-africaines [6]. Les inondations sont engendrées par la pluviométrie, mais l'état hydrique, l'occupation du sol et les caractéristiques du terrain sont les facteurs décisifs [7]. Pour ce faire, les facteurs hydro-morphostructuraux du bassin versant sont devenus incontournable pour l'étude et la compréhension des inondations [8]. Ces dernières années, les inondations ont touché plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Bénin, Burkina Faso, Niger, Ghana, Sénégal, Togo, etc.) [9, 10]. Ces inondations dévastatrices ont pour causes les phénomènes météorologiques extrêmes liés au réchauffement du climat [11], l'occupation des sols, la topographie et la croissance des

populations sur le bassin versant [12]. Le bassin versant du fleuve San-Pedro, objet de cette étude est un bassin fluvial-côtier situé au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire, dans la zone forestière. Elle regroupe des plaines d'inondations et vallées peu profondes, des marécages et des chaînes de collines [13]. Un aménagement hydro-électrique est réalisé sur le cours moyen du fleuve perturbant ainsi son régime en aval [14]. Au cours de la saison des pluies, le bassin versant fait face à des inondations qui provoquent la destruction de divers biens [15]. La question de recherche vise à savoir si les inondations récurrentes sont la conséquence des facteurs hydro-morphostructuraux. L'objectif de l'étude est d'analyser l'évolution de la pluviométrie, la dynamique de l'occupation du sol et la physiographie du bassin versant.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant du fleuve San-Pedro est un bassin fluvial-côtier situé au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire (*Figure 1*). Il est situé au Sud-ouest entre les latitudes 4°40' et 5°36' Nord et les longitudes 6°30' et 7°20' Ouest. Le fleuve San-Pedro qui le draine, prend sa source au nord de Djapadji dans la forêt classée de Tai et se jette dans le golfe de Guinée (Océan Atlantique) au niveau de la ville de San-Pedro.



**Figure 1 :** Localisation de la zone d'étude

## II-2. Données d'étude

### II-2-1. Données pluviométriques

Les données pluviométriques couvrant la période 1976-2015, sont issues des stations de San-Pedro, Djakotéby, Téréadji, Niébé et Soubré. Elles ont été mises à disposition par la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Elles sont de bonne qualité.

### II-2-2. Données images satellitaires

Les images satellitaires utilisées sont les images de type Landsat TM (1986) et OLI (2015) provenant d'USGS et téléchargeables sur le site « <http://earthexplorer.gov> ». Les scènes 197/056 et 197/057 de 1986 et 2015 sont utilisées. La résolution spatiale de ces images est de 30 mètres, de projection UTM zone 29N.

### II-2-3. Données cartographiques

La donnée cartographique est un modèle numérique de terrain téléchargeable gratuitement sur le site <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

## II-3. Approche méthodologique

### II-3-1. Caractérisation des variables hydro-pluviométriques

- *Analyse de l'évolution des indices pluviométriques*

L'indice pluviométrique de Nicholson est un outil non statistique. Il est la variable centrée réduite des pluies annuelles et calculé à partir de la *Formule* suivante [Nicholson, 1980 cité par 16] :

$$I_p = \frac{P_i + P_m}{\sigma} \quad (1)$$

$I_p$  est l'indice pluviométrique annuel,  $P_i$  la pluie de l'année  $i$ ,  $P_m$  la pluie moyenne annuelle et  $\sigma$  l'écart-type de la pluviométrie interannuelle sur la période de référence.

- *Analyse spatiale des pluies annuelles par décennie*

Le krigeage permet de représenter les informations étudiées de façon homogène à partir de données dispersées [17]. La technique de krigeage a été appliquée à toutes les décennies déterminées à partir de la période

d'observation (1976-2015). Pour chaque décennie, la même technique est utilisée pour présenter le dépassement de l'isohyète de référence définie par une hauteur de pluie (1400 mm).

### ***II-3-2. Caractérisation du mode d'occupation du sol***

- ***Classifications supervisées***

Les méthodes de classification supervisée visent à étaler un jeu de données en un ensemble de classes connues. Elle débute par l'identification des classes d'informations qui sont exploitées pour reconnaître leurs classes spectrales. Ainsi, les classifications supervisées ont été réalisées à partir des images 1986 et 2015 grâce au logiciel ENVI 5.3. Cette technique utilisée dans cette étude est plus rapide et exacte parce qu'elle est appliquée avec les certitudes de terrain.

- ***Evaluation de la classification supervisée***

La classification supervisée a été évaluée à partir de l'analyse de la séparabilité des classes fournie par la matrice de confusion. Le coefficient Kappa et la précision globale du traitement ont été déterminés pour mieux apprécier la classification effectuée.

- ***Dynamique de l'occupation du sol***

Une étude dichotomique de l'occupation du sol a été effectuée entre les images satellitaires de 1986 et 2015. Des statistiques en pixels ont été trouvées pour chaque classe d'occupation du sol. Ainsi, le taux d'évolution des différentes classes d'occupation du sol est calculé à travers la relation suivante [18] :

$$T = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \quad (2)$$

*T est le taux d'évolution de la végétation entre les deux dates d'observation,  $P_1$  représente la proportion de la classe d'occupation du sol prise à l'état final et  $P_0$  la proportion de la classe d'occupation du sol prise à l'état initial.*

### ***II-3-3. Caractérisation physiographique du bassin versant***

- ***Indice de compacité de Gravelius ( $K_c$ )***

L'indice de compacité de Gravelius ou indice de forme est caractérisé par la classification du **Tableau 1**. Il est donné par la **Formule** suivante [Réménieras, 1980 cité par 8] :

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

*$K_c$  étant l'indice de compacité de Gravelius,  $P$  le périmètre du rectangle équivalent et  $A$  la surface du bassin versant.*

**Tableau 1 :** Classification de l'indice de forme selon  $K_c$  par l'ORSTOM (1966)

Bassin versant	Surfaces	Forme
B5	$1,7 \leq K_c$	Très allongée
B4	$1,4 \leq K_c < 1,7$	Allongée
B3	$1,3 \leq K_c < 1,4$	Amiboïde
B2	$1,03 \leq K_c < 1,3$	Ovoïde
B1	$1 \leq K_c < 1,03$	Circulaire

• **Indice de pente globale**

L'indice de pente globale représente le rapport entre la longueur du rectangle équivalent et l'altitude comprise entre 5 % et 95 % de la surface du bassin. Il est fourni par la **Formule** suivante [8] :

$$I_g = \frac{D_t}{L_e} \quad \text{avec} \quad D_t = (H_{5\%} - H_{95\%}) \quad (4)$$

$I_g$  représente l'indice de pente globale (%),  $L_e$  la longueur du rectangle équivalent (km),  $D_t$  la différence entre les altitudes extrêmes du bassin versant (m),  $H_{95\%}$  l'altitude dépassée sur 95 % de la superficie du bassin versant (m) et  $H_{5\%}$  l'altitude dépassée sur 5 % de la superficie du bassin versant (m).

**II-3-4. Cartographique des zones vulnérables aux inondations du bassin versant du fleuve San-Pedro**

La carte de zones vulnérables aux inondations est établie à partir des cartes paramétriques élaborées. Ces cartes sont regroupées et stockées sous forme de couches de données dans le Système d'Informations Géographiques utilisé. Cinq (05) classes allant de la très faible à la très forte vulnérabilité aux inondations sont définies selon le degré de la vulnérabilité marqué par des cotes de 1 à 5.

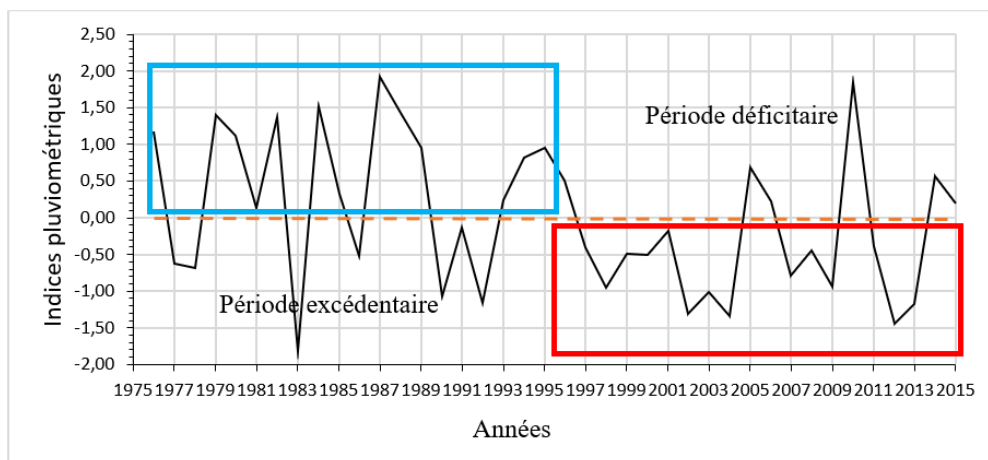
**III - RÉSULTATS**

**III-1. Caractérisation des variables hydro-pluviométriques**

**III-1-1. Évolution de l'indice pluviométrique**

L'évolution des indices pluviométriques calculés par rapport à la moyenne des hauteurs pluviométriques de la période de référence 1976-2015 permet de mettre en évidence les variations pluviométriques (**Figure 2**). Les résultats montrent une période excédentaire de 1976 à 1995 et une période déficitaire

de 1996 à 2015. La période excédentaire est marquée par les valeurs élevées (0,14 à 1,92) des indices pluviométriques traduisant la hausse pluviométrique. Au cours de cette période, les séquences (1977 à 1978), (1990 à 1992) et les années (1983 et 1986) déficitaires ont été enregistrées. Sur la période déficitaire (1996-2015), les valeurs des indices pluviométriques enregistrées sont faibles et négative (-1,45 à -0,14). Pendant cette période, également, les séquences (2005 à 2006 et 2014 à 2015) et les années (1996 et 2010) excédentaires sont observées.



**Figure 2 :** Évolution des indices pluviométriques du bassin versant du fleuve San-Pedro

### III-1-2. Évolution spatiale de la pluie maximale annuelle par décennie

La **Figure 3** met en évidence la fluctuation pluviométrique sur le bassin versant. Les résultats montrent que les décennies (1976-1985 et 1986-1995) sont excédentaires avec les hauteurs de pluie annuelle fluctuant entre 1300 et 1900 mm. Les isohyètes de hauteurs pluviométriques supérieures à 1400 mm sont mieux représentées sur le bassin. Les hauteurs de pluie annuelle inférieures à 1400 mm sont enregistrées dans la partie centrale du bassin versant couverte par la station de Djakotéby. Par ailleurs, au cours des décennies (1996-2005 et 2006-2015) déficitaires par rapport à la moyenne, en particulier dans la décennie (1996-2005), la majorité des isohyètes sont inférieures 1400 mm à l'exception de la zone sud du bassin versant occupée par la station de San-Pedro. Par contre, la décennie (2006- 2015), marque une reprise pluviométrique avec les hauteurs de pluie annuelle supérieures à 1400 mm occupant la majeure partie du bassin versant.

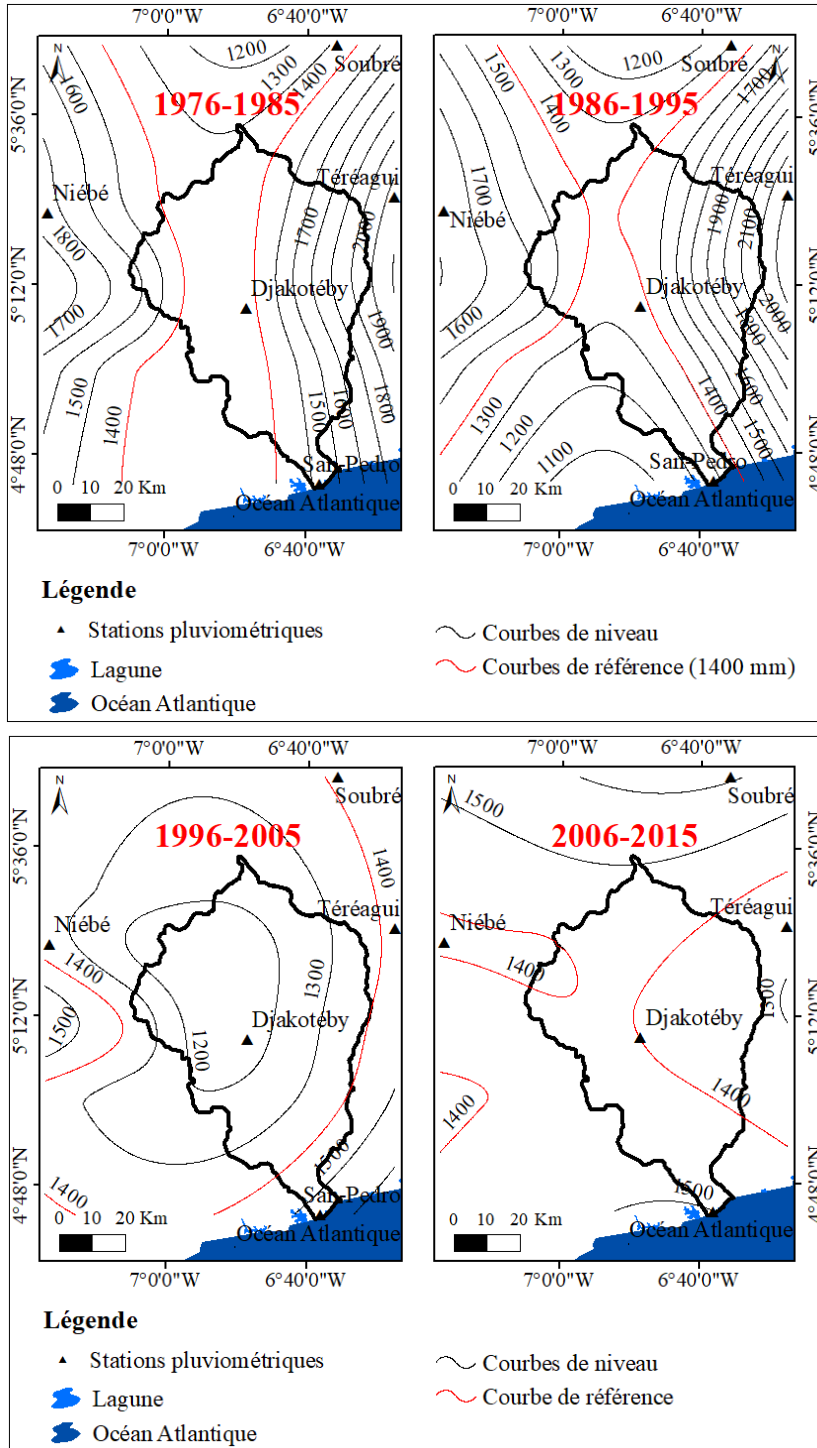


Figure 3 : Évolution spatiale de la pluie annuelle par décennie sur le bassin du fleuve San-Pedro



## III-2. Caractérisation du mode d'occupation du sol

### III-2-1. Précisions de traitement des images de l'occupation du sol de 1986 et 2015

Les précisions globales des classifications des images de 1986 et 2015 sont respectivement 98,98 % et 94,01 %. La valeur de coefficient de Kappa obtenue en 1986 est 0,90 et celle de 2015 est 0,88.

### III-2-2. Dynamique de l'occupation du sol

Les cartes d'occupation du sol du bassin du fleuve San-Pedro de 1986 et 2015, ont été globalement classées en 5 types d'unités paysagères que sont : la forêt dense, la forêt défrichée, les cultures et jachère, les sols nus et habitats et l'eau (*Figure 4 et 5*). En 1986, le bassin versant a été occupé de façon prépondérante par les classes forêt dense (1438 km<sup>2</sup> soit 42,77 %), forêt défrichée (1386 km<sup>2</sup> soit 41,23 %), cultures et jachères (469 km<sup>2</sup> soit 13,95 %), sols nus et habitats (55 km<sup>2</sup> soit 1,64 %) et eau (14 km<sup>2</sup> soit 0,42 %). En 2015, l'ordre de prédominance a subi une modification avec le passage des classes cultures et jachères, forêt dense, forêt défrichée, sols nus et habitats, et eau dont les proportions sont respectivement de 51,01 %, 24,06 %, 22,90 %, 1,90 % et 0,12 %.

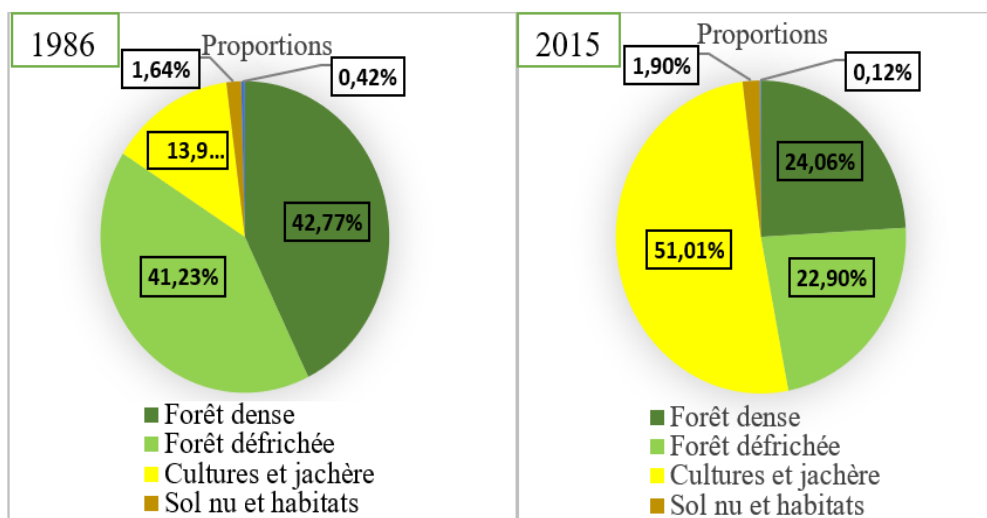
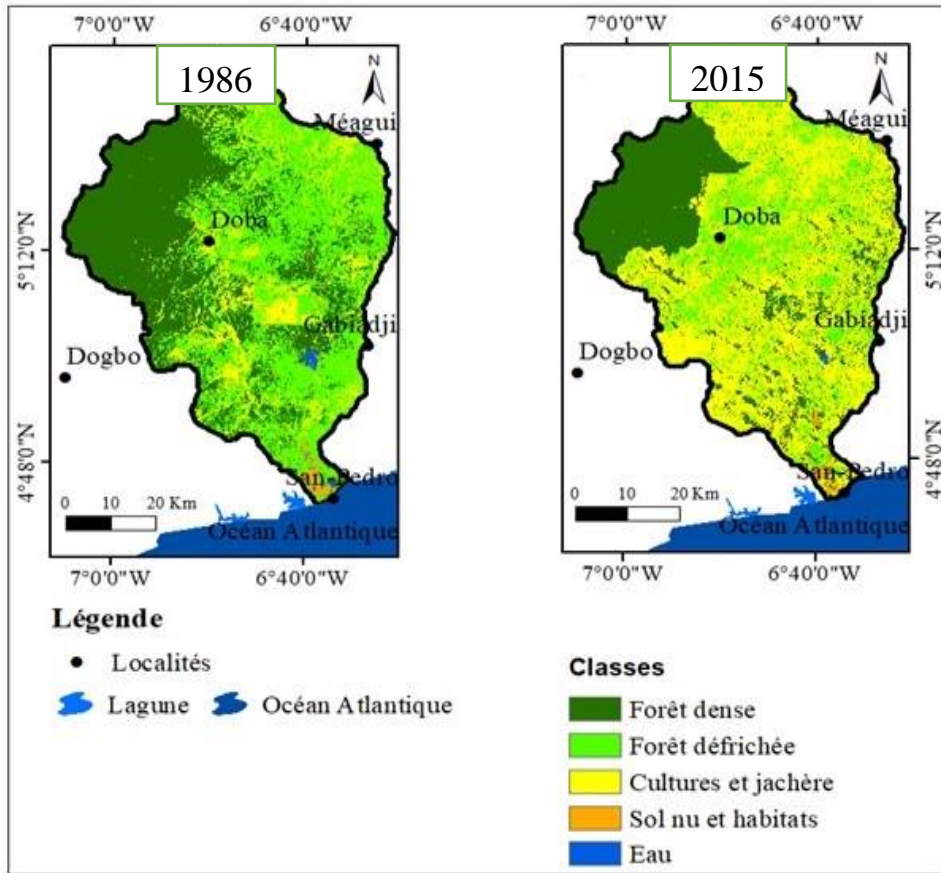


Figure 4 : Répartition statistiques de l'occupation du sol en 1986 et 2015



**Figure 5 :** Carte d'occupation du sol du bassin versant du fleuve San-Pedro

### III-3. Caractérisation morphométrique du bassin versant

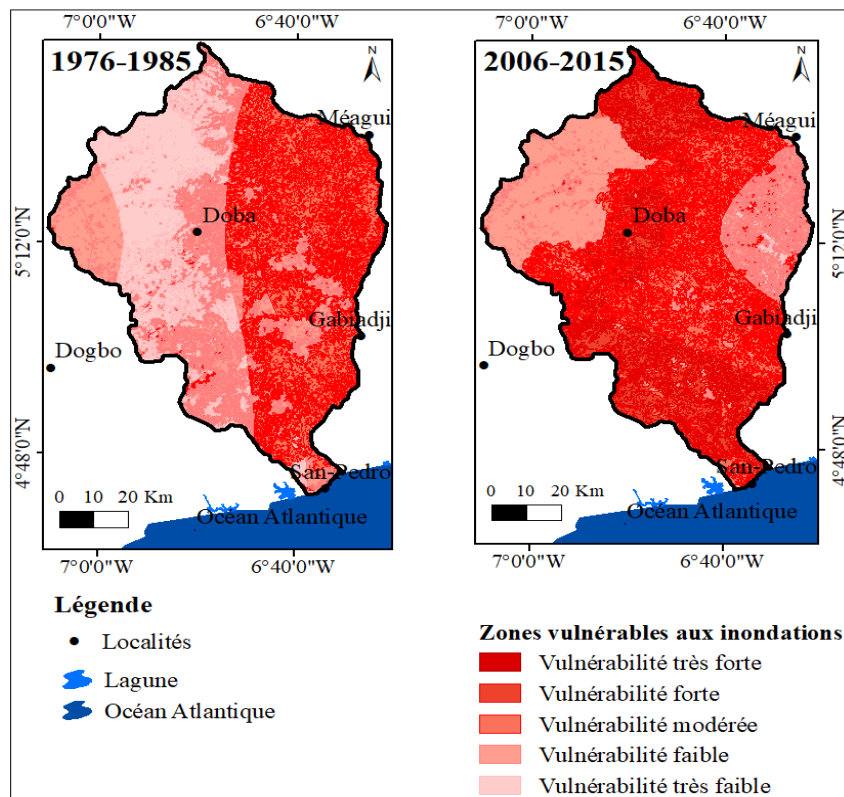
Les paramètres morphométriques du bassin versant du fleuve San-Pedro sont consignés dans le **Tableau 3**. Le bassin versant est de l'ordre des grands bassins versants, car sa superficie est de 3362 km<sup>2</sup>. Il a une forme allongée, illustrée par la valeur de l'indice de compacité qui est égale à 1,40. Le bassin versant du fleuve San-Pedro a un relief fort montré par l'indice de pente globale égal 4,10 m/km. Le cours d'eau qui le draine est de pente moyenne faible (1,20 %).

**Tableau 3 : Paramètres morphométriques des bassins versants du fleuve San-Pedro**

Bassin versant	Paramètres	Valeurs	Interprétations
San-Pedro	Superficie (km <sup>2</sup> )	3362	Grand
	Indice de Compacité	1,40	Allongée
	Indice de pente globale (m/km)	4,10	Relief fort
	Pente du cours d'eau (%)	0,012	Pente faible
	Dénivelée spécifique (m)	168,20	Relief fort

#### III-4. Cartographique des zones vulnérables aux inondations

La *Figure 6* présente la dynamique des zones vulnérables aux inondations des décennies 1976-1985 et 2006-2015. L'analyse des résultats révèle dans la décennie 1976-1985 que la superficie du bassin versant est occupée de façon décroissante par la zone à vulnérabilité forte (830,57 km<sup>2</sup> soit 24,70 %), très faible vulnérabilité (821,19 km<sup>2</sup> soit 24,43 %), faible vulnérabilité (718,91 km<sup>2</sup> soit 21,38 %), modérée (528,05 km<sup>2</sup> soit 15,71 %) et très forte vulnérabilité (463,28 km<sup>2</sup> soit 13,78 %). La vulnérabilité forte à très forte est de 38,48%. Au cours de la décennie 2006-2015, l'ordre des zones vulnérables a subi un changement avec une prédominance de la forte vulnérabilité (1417,88 km<sup>2</sup> soit 42,17 %), la vulnérabilité modérée (916,65 km<sup>2</sup> soit 27,27 %), la faible vulnérabilité (467,26 km<sup>2</sup> soit 13,90 %), la très forte vulnérabilité (458,69 km<sup>2</sup> soit 13,64 %) et la très faible vulnérabilité (101,53 km<sup>2</sup> soit 3,02 %). Sur l'ensemble du bassin-versant, la vulnérabilité forte à très forte est de 55,81%.



**Figure 6 :** Cartographie des zones inondables vulnérabilité aux inondations

## IV - DISCUSSION

### IV-1. Caractérisation des variables hydro-pluviométriques

Cette étude a permis de mettre en évidence sur la période de référence 1976-2015, une période humide allant de 1976 à 1995 et une période sèche de 1996 à 2015. Ces résultats corroborent les résultats des travaux de [19] qui ont identifié cette hausse pluviométrique sur le littoral au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. En outre, une baisse de la pluviométrie est enregistrée de 1996 à 2015 avec les faibles valeurs des indices pluviométriques (-1,45 à -0,14). La baisse de la pluviométrie peut être expliquée par le maintien du dérèglement climatique qui a induit la chute des précipitations en Afrique de l'Ouest à partir de 1970 [16]. Les résultats indiquent par contre une période (1976-1995) particulièrement pluvieuse sur le bassin avec des hauteurs annuelles de pluie comprises entre 1300 et 1900 mm. L'évolution des pluies pourrait être expliquée par l'occurrence de quelques pluies extrêmes plus intenses. Les travaux de [20] ont mis en évidence cette reprise dans la zone littorale de

l'Afrique de l'Ouest. [21] impute cette reprise pluviométrique dans le Sahel au fonctionnement de la mousson ouest-africaine modulé par des mécanismes (atmosphériques, de surfaces et océaniques). Il est cependant constaté que sur la période (1996-2005), la pluviométrie a connu une baisse mis en évidence par les hauteurs de pluie annuelle inférieures à 1400 mm sur le bassin versant à l'exception de la zone couverte par la station de San-Pedro. Cette baisse serait liée à la variabilité des paramètres climatiques qui sont entre autre le nombre d'événements pluvieux et les hauteurs de pluie qui ont subi une baisse significative. Ces résultats sont en accord avec ceux de [22] qui révèle la diminution accentuée de la pluviométrie dans la zone sud forestière de la Côte d'Ivoire. Au cours de la décennie (2006-2015), le bassin versant enregistre une reprise pluviométrique avec les hauteurs de pluie annuelle supérieures à 1400 mm occupant la majeure partie du bassin versant. Ces résultats mettent en évidence l'amélioration de la pluviométrie montrée par des travaux récents [23] dans les autres régions soudano-sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest. Toutefois, la quantité de pluie tombée ne détermine pas à elle seule l'origine des inondations.

#### **IV-2. Caractérisation du mode d'occupation du sol**

La dynamique de l'occupation du sol représente également une contrainte pour la production des inondations sur un bassin versant. De 1986 à 2015, les formations forestières ont fait place aux formations anthropiques (cultures et jachères et sols nus et habitats) sur le bassin versant du fleuve San-Pedro. Ces modifications sont confirmées par une augmentation des proportions 51,01 et 1,90 % observée respectivement au niveau des classes cultures et jachères et sols nus et habitats. Quant aux classes forêt dense, forêt défrichée et l'eau, elles ont subi une régression avec les proportions estimées à 24,06 ; 22,90 et 0,12 %. Cela montre la conversion des classes forêt dense et forêt défrichée en cultures et jachères ou la mise à nu du sol pour l'implantation de nouvelles cultures et d'habitats. Ces résultats vont en droite ligne avec les études de [19]. Pour ces auteurs, la forêt dense a diminué au profit des cultures sur les bassins versants côtiers de l'Agnéby et du Boubo. Les études de [24] ont montré la disparition de la forêt au profit des cultures en Afrique de l'Ouest. [18] affirme pour sa part que le couvert végétal protège le substrat et permet d'engendrer la sédimentation par la rétention des sédiments érodés depuis l'amont. La présence de forêt favorise plutôt l'infiltration. Ainsi, l'accroissement des espaces de cultures et d'habitats engendrent la diminution progressive de la superficie boisée et la fragilisation de la structure des sols. Cette dégradation du milieu accélère le ruissellement [25]. La mise à nu du sol au profit des agglomérations traduit la transformation des zones perméables en zones imperméables. Cela s'explique par le colmatage des pores superficiels

des sols de la zone suite aux fortes pluies engendrant l'augmentation des ruissellements sur le bassin versant [26]. L'accélération et l'augmentation des ruissellements des eaux pluviales peuvent engendrer l'augmentation des débits des cours d'eau du bassin versant.

### **IV-3. Caractérisation morphométrique du bassin versant**

L'étude morphologique montre que le bassin versant est grand avec une forme allongée avec une superficie de 3362 km<sup>2</sup> et de l'indice de compacité (1,40). Il appartient également aux bassins versants de fort relief, illustré par l'indice de pente globale estimée à 4,10 %. La forme allongée du bassin versant peut favoriser le ralentissement des ruissellements des eaux pluviales du bassin versant. Ces résultats sont accord avec ceux de [27] selon qui la réponse hydrologique du bassin de forme allongée est plus lente à la même averse qu'un bassin ovoïde.

### **IV-4. Cartographie des zones vulnérables aux inondations**

La carte de synthèse indique la dynamique des zones vulnérables aux inondations de la décennie 1976-1985 à celle de 2006-2015. Sur le bassin versant, les zones à fortes et très fortes vulnérabilités aux inondations sont passées de 38,48 % en 1986 à 55,81 % en 2015. Ce constat peut être la conséquence de la présence de cultures anthropiques, ainsi que les faibles pentes rencontrées sur le terrain. En d'autres termes, l'augmentation des zones inondables peut être la conséquence de la hausse pluviométrique. Cela peut s'expliquer également par la disparition de la forêt au profit des sols nus et habitats entraîne le déversement des eaux de ruissellement dans les zones inondables du bassin versant [28].

## **V - CONCLUSION**

En somme, l'étude met en exergue une variabilité pluviométrique sur le bassin versant. Les forêts naturelles diminuent au profit des formations anthropiques (cultures et jachères et sols nus et habitats) et la classe sols nus et habitats augmentent sur le bassin versant. Le bassin versant du fleuve San-Pedro est de forme allongée avec un relief fort. Le temps de concentration du bassin versant est élevé. Les classes vulnérabilités aux inondations fortes à très fortes augmentent sur le bassin versant passant de 38,48% en 1986 à 55,81% en 2015. Cette dynamique est imputable à la forte variabilité pluviométrique et à la variation de l'état de surface.

## RÉFÉRENCES

- [1] - EPRI, “Evaluation des conséquences négatives des inondations : principaux résultats à l’échelle du bassin”, *Projet*, (2011a) 48 p.
- [2] - A. YAHIAOUI, “*Inondations torrentielles cartographie des zones vulnérables en Algérie du Nord (Cas de l’oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès)*”, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Polytechnique, (2012) 186 p.
- [3] - A. YAHIAOUI, “*Inondations Torrentielles, Cartographie des Zones Vulnérables en Algérie du Nord (Cas de l’oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès)*”, Thèse de Doctorat, Université de Bechar, (2012) 186 p.
- [4] - A. K. JHA, R. BLOCH et J. LAMOND, “Cities and Flooding. A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century”, *International Bank for Reconstruction and Development -The World Bank, Washington. D. C. Etats-Unis*, (2012) 55 - 62
- [5] - T. MARION, “*Développement d’une méthode de caractérisation et d’évaluation du risque humain lié aux inondations en milieu urbain*”, Thèse de Doctorat. Université du Québec, (2016) 405 p.
- [6] - DARA, “Risk Reduction Index (RRI) in West Africa Analysis of the conditions and capacities for Disaster Risk Reduction in Cape Verde, Gambia, Ghana, Guinea, Niger, and Senegal”, *DARA, Madrid, Spain*, (2013) 223 p.
- [7] - G. E. SORO, “*Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d’Ivoire*”, Thèse de Doctorat, Université NANGUI ABROGOUA, (2011) 172 p.
- [8] - D. G.-L. ANOUMAN, “*Etude hydroclimatique et morphostructurale du bassin versant de Sassandra : Influence sur les aléas crue et tarissement des cours d’eau*”, Thèse Unique, Université NANGUI ABROGOUA, (2019) 202 p.
- [9] - B. T. A. GOULA, G. E. SORO, A. DAO, F. W. KOUASSI et B. SROHOUROU, “Frequency analysis and new cartography of extremes daily rainfall events in Côte d’Ivoire”, *J. Appl. Sci.*, 10 (2010) 1684 - 1694
- [10] - G. PANTHOU, “*Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l’Ouest et de leur évolution au cours des 60 dernières années*. Thèse de Doctorat, Univ. Grenoble, France, (2013) 282 p.
- [11] - M. TANGUY, “*Développement d’une méthode de caractérisation et d’évaluation du risque humain lié aux inondations en milieu urbain*”, Thèse de Doctorat. Université du Québec, (2016) 405 p.
- [12] - C. BOUVIER, “De la pluie à l’inondation : contribution à la compréhension et à la prévision des événements extrêmes sur petits bassins tropicaux et méditerranéens”, *Habilitation à Diriger des Recherches, Université Montpellier 2*, (2004) 93 p.
- [13] - T. GOBGE, N. G. KOUASSI, K. M. TRAORE et N. E. KOUADIO, “Cartographie des espaces vulnérables aux risques d’inondation dans la ville de San-Pedro”, *Institut de Géographie Tropicale. Projet Scientifique. Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d’Ivoire)*, (2016) 27 p., (ISSN : 2414-4150)

- [14] - K. S. DA COSTA et M. Y. DIETOA, "Typologie de la pêche sur le lac Faé et implications pour une gestion rationnelle des ressources halieutiques", *Bull. Fr. Pêche Piscic*, 384 (2007) 1 - 14
- [15] - T. GOGBE, J.-B. WADJA, M. K. TRAORE, "Gouvernance des risques en milieu urbain : approche a partir du cas de la ville de San-Pedro", *Revue de Géographie du Lardymes*, (16) (2016) 195 - 208, (ISSN 1993-3134)
- [16] - M. A. KOUASSI, F. K. KOUAME, B. Y. KOFFI, B. K. DJE, E. J. PATUREL et S. OULARE, "Analyse de la vulnérabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'Zi (Bandaman) en Côte d'Ivoire", *Cybergeo : European Journal of Geography*, 513 (2010) 28 p. DOI : <http://doi.org/10.4000/cybergeo.23388>
- [17] - M. HENNEQUI, "Spatialisation des données de modélisation par Krigeage", *Méthodologie [stat.ME]*, (2010) 74 p., (HAL Id : dumas-00520260)
- [18] - Y. A. N'GO, "Hydrologie et dynamique de l'état de surface des terres dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire : impacts et moteurs de dégradation", Thèse Unique, Université NANGUI ABROGOUA, Côte-d'Ivoire, (2015) 198 p.
- [19] - Z. A. KOUADIO, "Dynamique de l'occupation du sol et comportement hydrologique : cas des bassins-versants côtiers de l'Agnéby et du Boubo (Côte d'Ivoire)", Thèse Unique, Université NANGUI ABROGOUA, (2011) 199 p.
- [20] - L. DESCROIX, A. N. DIONGUE, G. PANTHOU, A. BODIAN, Y. SANE, H. DACOSTA, M. M. ABDU, J.-P. VANDERVAERE et G. QUANTIN, "Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le bassin du Niger moyen", *Climatologie*, 12 (2015) 25 - 43
- [21] - A. ALI et T. LEBEL, "The Sahelian standardized rainfall index revisited", *Int. J. Climatol.*, 29 (2009) 1705 - 1714. DOI : 10.1002/joc.1832
- [22] - K. E. AHOUSI, Y. B. KOFFI, A. M. KOUASSI, G. SORO, N. SORO, J. BIEMI, "Etude de la variabilité hydroclimatique et de ses conséquences sur les ressources en eau du Sud forestier et agricole de la Côte d'Ivoire : cas de la région d'Abidjan-Agboville", *Int. J. Pure App. Biosci*, 1 (6) (2013) 30 - 50, (ISSN : 2320-7051)
- [23] - O. MAREGA, "Changements socio-environnementaux et évolution des pratiques agropastorales en Afrique sahélienne : étude comparée entre le Ferlo (Sénégal), le Gourma (Mali) et le Fakara (Niger)", Thèse de Doctorat, Université Diderot-Paris 7, (2016) 700 p.
- [24] - J. AVAKOUDJO, A. MAMA, I. TOKO, V. KINDOMIHOU et B. SINSIN, "Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au Nord-ouest du Bénin", *Int. J. Biology. Chemical. Science*, 8 (6), (2014) 2608 - 2625, (ISSN 1991-8631)
- [25] - E. G. AKE, "Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua", Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, (2010) 204 p.



- [26] - S. DIALLO, D. NOUFE, Z. A. TRA BI, A. DAO, B. KAMAGATE, K. R. EFFEBI, D. L. GONE, E. S. KOFFI, J. T. KOFFI, J. E. PATUREL, J.-L. PERRIN, “Effets de la dynamique du couvert végétal sur les écoulements dans le bassin versant de la lagune Aghien en Côte d’Ivoire”, *European Scientific Journal*, 14 (36) (2018) 312 - 332, (ISSN: 1857-7881)
- [27] - A. BODIAN, “*Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : Application au haut bassin du fleuve Sénégal*”, Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (2011) 288 p.
- [28] - IAGU, “Inondations dans la banlieue de Dakar : Vers une adaptation par les améliorations du bâti, des infrastructures et de la gouvernance locale pour réduire la vulnérabilité des actifs des ménages et des communautés”, *Rapport technique final*, (2014) 57 p.