



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2019-2020

N° D'ORDRE :0309/2021...

N° CARTE D'ETUDIANT :

CI0416000778

MASTER

Physique-Chimie Appliquée

Option : Environnement

THEME :

**ANALYSE DE L'IMPACT DE LA VARIABILITE DES
REGIMES PLUVIOMETRIQUES SUR LES
RESSOURCES EN EAU DU BASSIN VERSANT DU
FLEUVE SASSANDRA A SOUBRE,
SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE**

Présenté par :

SORO Tenena Epiphan

JURY

Président : M. KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KOUADIO Zilé Alex, Maître de conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Encadreur : M. KOUASSI Bi Guessan Armand, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : M. KOUASSI Adjon Anderson, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenu publiquement
le : 18/ 02/ 2021.

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	Erreur ! Signet non défini.
REMERCIEMENTS	II
SIGLES ET ABREVIATIONS	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	V
INTRODUCTION.....	V
PARTIE I : GENERALITES	2
1.1 GENERALITES SUR LA ZONE D’ETUDE.....	3
1.1.1. Présentation de la zone d’étude	3
1.1.2. Réseau hydrographique	4
1.1.3. Relief	4
1.1.4. Végétation	5
1.1.5. Géologie	6
1.1.6. Pédologie	7
1.2. CARACTERISTIQUES DES BARRAGES DE BUYO ET DE SOUBRE.....	8
1.3. VARIABILITE DU REGIME PLUVIOMETRIQUE	9
1.3.1. Définition de la variabilité des régimes pluviométriques.....	9
1.4.2. Régimes climatiques.....	9
1.4.3. Approche d’un point de vue hydro-physique	11
PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES	12
2.1. MATERIEL.....	13
2.1.1. Données	13
2.1.2. Matériel de traitement des données	13
2.2. METHODES	14
2.2.1. Reconstitution des données manquantes	14
2.2.2. Méthode de caractérisation de la variabilité pluviométrique.....	15
2.2.2.1. Indice standardisé de précipitation (SPI).....	15
2.2.2.2. Durée, fréquence et intensité des séquences de sécheresse	16
2.2.2.3. Variabilité des régimes pluviométriques par l’analyse des normales pluviométriques	17
2.2.2.4. Caractérisation de la variabilité décennale des régimes pluviométriques	17

2.2.2.5. Variabilité des régimes pluviométriques par l'analyse des jours pluvieux	17
2.2.3. Méthode de Caractérisation des régimes hydrologiques	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3.1. Indice hydrologique normalisé (IHN)	Erreur ! Signet non défini.
2.2.4. Méthode d'étude de l'impact de la variabilité du climat sur les lames d'eau saisonnières écoulées aux barrages de Buyo et de Soubré.....	18
2.2.4.1. Lames d'eau écoulées.....	18
2.2.4.2. Influence de la variabilité du climat sur les lames d'eau écoulées.....	18
2.2.4.3. Critère de stabilité.....	19
2.2.4.4. Courbes de densité de probabilité d'apparition des débits	19
PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	20
3.1. RESULTATS	21
3.1.1. Caractérisation de la variabilité des régimes pluviométriques	21
3.1.1.1. Caractérisation de la sécheresse pluviométrique	21
3.1.1.2. Analyse des normales pluviométriques	24
3.1.1.3. Analyse des décennales pluviométriques	25
3.1.1.4. Variabilité interannuelle des fréquences de jours pluvieux et des classes de pluie	26
3.1.2. Caractérisation des régimes hydrologiques	26
3.1.2.1. Analyse de l'intensité de la sécheresse.....	26
3.1.2.2. Analyse de la durée et de la fréquence de la sécheresse.....	29
3.1.2.1. Analyse de l'intensité de la secheresse.....	30
3.1.2.4. Analyse des décennales hydrologiques	30
3.1.3. Impact de la variabilité du climat sur les écoulements	32
3.1.4.1. Analyse des écoulements sur les trois sous-bassins versants	32
3.1.4.2. Analyse de la variabilité des normales pluviométriques sur les écoulements	32
3.1.4.3. Analyse de l'influence de la pluviométrie décennale sur les écoulements.....	34
3.1.4.4. Stabilité du processus de formation de l'écoulement	36
3.2. DISCUSSION	37
CONCLUSION	39
REFERENCES.....	40

SIGLES ET ABREVIATIONS

ESRI :	Environnemental System Research Institute
IHN :	Indice Hydrologique Normalisé
SPI :	Indice Standardisé des Précipitations
OMM :	Organisation Météorologique Mondiale
PCMI :	Physique-Chimie-Mathématique-Informatique
SIG :	Système d'Information Géographique
SODEXAM :	Société de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire Aéronautique et Météorologique
UFR :	Unité de Formation et de Recherche
GEE :	Génie de l'Eau et de l'Environnement
LSTE :	Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques des barrages de Buyo et de Soubré (Yéo, 2020).....	9
Tableau II : Stations météorologiques et hydrométriques de la zone d'étude.	13
Tableau III : Classification des séquences de sécheresse selon le SPI (Mckee et al., 1993). 16	
Tableau IV : Classification des séquences de sécheresse selon l'IHN (Mckee et al., 1993).. 18	
Tableau V : Intensité des séquences de sécheresse des régimes du bassin versant du fleuve Sassandra à Odiénné, Daloa et Man.	22
Tableau VI : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle annuelle de 1971 à 2010.	23
Tableau VII : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle mensuelle de 1971 à 2010.	23
Tableau VIII : Nombre de jours et pourcentages pluviométriques des classes de pluie (1981- 2010).....	26
Tableau IX : Intensité des séquences de sécheresse du fleuve Sassandra à Piébli, de la Lobo à Loboville et du N'Zo à Kahin.	27
Tableau X : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle annuelle de 1971 à 2010.	29
Tableau XI : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle mensuelle de 1971 à 2010.	29
Tableau XII : Valeurs de β (critère de stabilité) par zone climatique.....	36

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du bassin versant du fleuve Sassandra (Yéo, 2020).....	3
Figure 2 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant du Sassandra à Soubré (Mory, 2020).....	4
Figure 3 : Carte du relief du bassin versant du Sassandra à Soubré (Yéo, 2020).	5
Figure 4 : Carte de végétation du bassin versant du fleuve Sassandra à Soubré (Jourda, 2009).	6
Figure 5 : Carte géologique du bassin versant du Sassandra à Soubré (Konan, 2001).	7
Figure 6 : Barrages de Buyo (a) et Soubré de (b).....	8
Figure 7 : Carte des zones climatiques du bassin versant du Sassandra à Soubré (A) et diagrammes ombrothermiques (B) correspondants (1971-2000) à Odienné (I), Man (II) et Daloa (III).....	10
Figure 8 : Evolution mensuelle des indices SPI sur la période 1971-2010 à Odienné (A), Daloa (B) et Man (C).	21
Figure 9 : Evolution mensuelle des normales pluviométriques des périodes 1971-2000, 1981-2010, à Odienné (A), Daloa (B) et Man (C).....	24
Figure 10 : Evolution mensuelle de la pluviométrie des décennies 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 et 2001-2010 à Odienné (A), Daloa (B) et Man (C).	25
Figure 11 : Evolution mensuelle de l'indice IHN des normales 1971-2000 et 1981-2010 à Piébli (A), Daloa (B) et Kahin (C).	27
Figure 12 : Variabilité des normales hydrologiques du Sassandra à Piébli (A), de Lobo à Loboville (B) et du N'Zo à Kahin (C).....	30
Figure 13 : Variabilité décennale des écoulements du Sassandra à Piébli (A), de la Lobo à Loboville (B) et du N'Zo à Kahin (C).....	31
Figure 14 : Evolution de la lame d'eau mensuelle sur la période 1971-2010 à Piébli, Loboville et Kahin.....	32
Figure 15 : Impact de la pluie sur les écoulements du bassin versant du fleuve Sassandra à Piébli (A), de la Lobo à Loboville (B) et du N'ZO à Kahin (C).	33
Figure 16 : Influence décennale du climat sur le débit du Sassandra à Piébli (A), de la Lobo à Loboville (B) et du N'Zo à Kahin (C) sur les décennies 1971-1980, 1981-1990, 1991-2010 et 2001-2010.....	35

Figure 17 : Densité de Probabilité d'apparition des débits sur le Sassandra à Piébli (A), la Lobo à Loboville (B) et le N'Zo à Kahin (C). 36

INTRODUCTION

Depuis des décennies, les questions de changement et de variabilité climatiques sont placées au centre des préoccupations scientifiques, en raison de leurs impacts immédiats et durables sur le milieu naturel et sur l'homme Amani *et al* (2010).

En Afrique de l'ouest et particulièrement en Côte d'Ivoire, des études menées sur le climat par Savanè et al. (2001), Ardoin (2004), Goula *et al*, (2009), Paturel (1997) ont mis en évidence des ruptures climatiques autour des années 1970.

Cette étude intitulée « **Analyse de l'impact de la variabilité des régimes pluviométriques sur les ressources en eau du bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo et à Soubré, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire** » à terme permettra de :

- montrer l'influence de la variabilité hydro-climatique sur la production de l'énergie hydro-électrique aux barrages de Buyo et de Soubré.

De façon spécifique il s'agit de :

- caractériser la variabilité des régimes pluviométriques du bassin versant de Sassandra ;
- caractériser la variabilité des régimes hydrologiques du bassin versant de Sassandra ;
- déterminer les impacts des régimes pluviométriques sur les écoulements

Le mémoire est articulé en trois (3) parties :

- la première partie porte sur les généralités de la zone d'étude ainsi que les notions liées à la thématique abordée ;
- la deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisés ;
- la troisième partie donne les résultats obtenus et leur discussion.

Une conclusion générale comportant des perspectives d'étude achève ce mémoire.

PARTIE I : GENERALITES

1.1 GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE

1.1.1. Présentation de la zone d'étude

Le fleuve Sassandra est un cours d'eau dont le bassin versant est l'un des quatre bassins majeurs de la Côte d'Ivoire. Il est situé entre 5°60' et 9°50' de latitude Nord et 6°0' et 8°20' de longitude Ouest avec une superficie de 54 670 km². Le fleuve Sassandra prend sa source dans la région de Beyla en Guinée (figure 1) (zone jaune sur la carte) sous le nom de Feroudougouba (Yéo, 2020). Le bassin versant du Sassandra à Soubré est un sous-bassin du bassin versant du fleuve Sassandra qui a une superficie de 75 000 km² dont 8 000 km² est située hors du territoire ivoirien (Camus, 1969 ; Konan, 2001 ; Agbri *et al.*, 2010 ; Sorokoby, 2013). Il se situe entre le bassin versant du Cavally à l'ouest et le bassin versant du Bandama à l'est (figure 1).

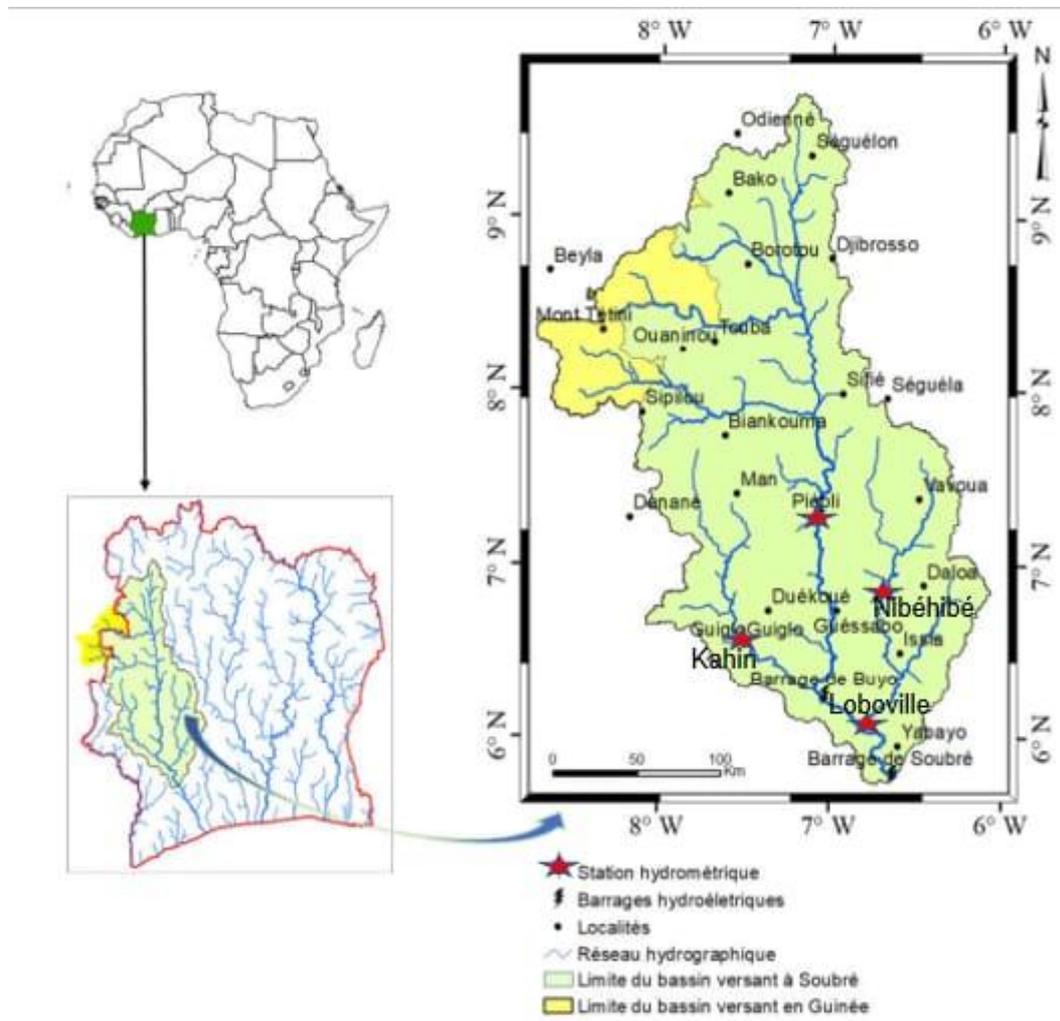


Figure 1 : Localisation du bassin versant du fleuve Sassandra (Yéo, 2020)

1.1.2. Réseau hydrographique

Long de 442 km avec un débit estimé à 350 m³/s, le fleuve Sassandra reçoit deux affluents importants en rive droite : le Bafing (280 km) et le N'Zo (255 km). Puis il reçoit, en rive gauche, la Lobo qui est le dernier affluent avant la localité de Soubré (Touchebeuf & Girard, 1962; Camus, 1969; Girard *et al.*, 1970).

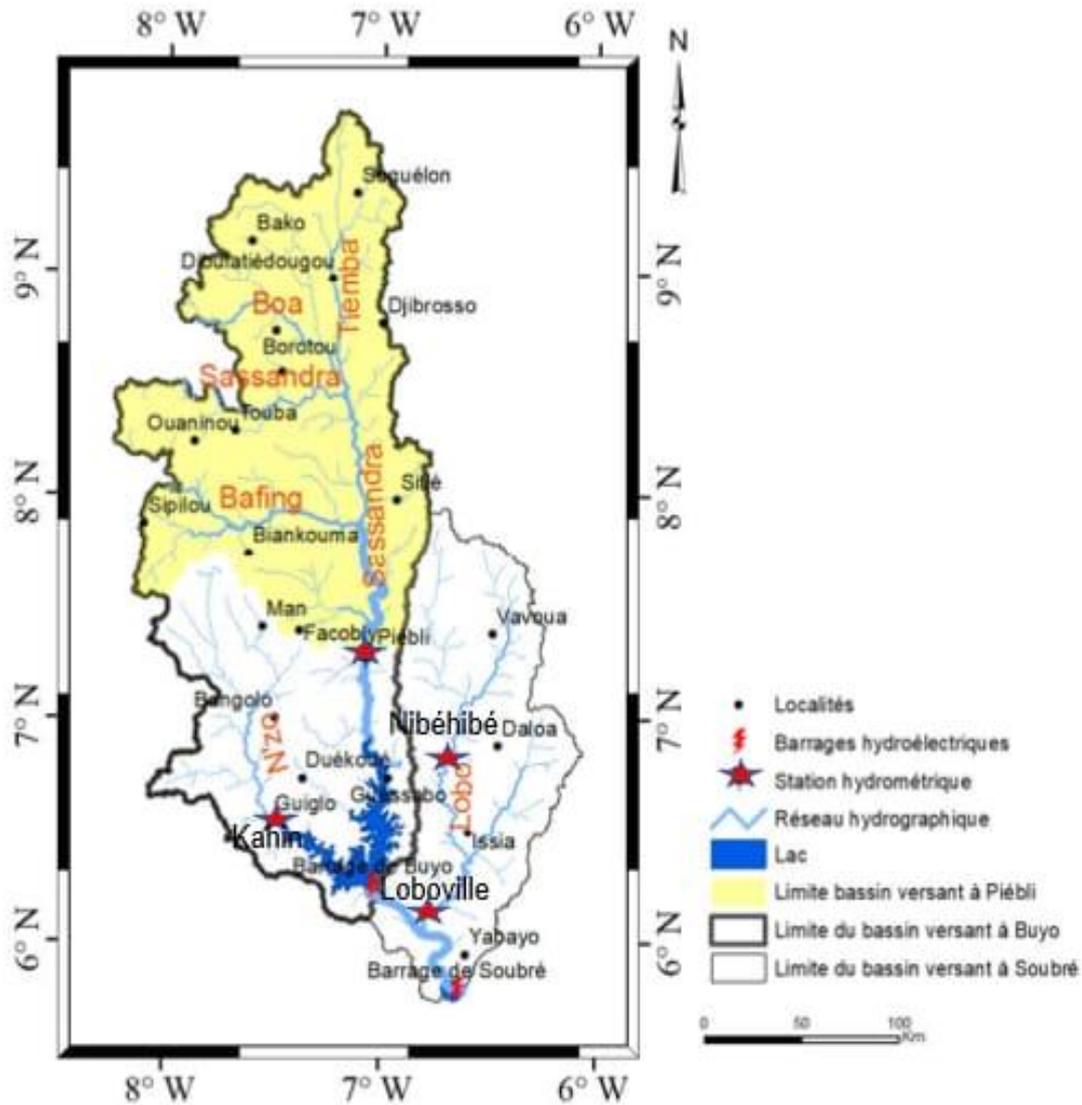


Figure 2 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant du Sassandra à Soubré (Mory, 2020).

1.1.3. Relief

Dans son ensemble, le relief de la zone d'étude est peu contrasté. Il est beaucoup caractérisé par une sorte de monotonie (figure 3). Suivant cette uniformité apparente, on peut distinguer trois grands types de reliefs (Konan, 2001) :

- les plaines, accentuées dans les régions Sud du bassin versant dont les altitudes varient de 97 à 200 m ;
- les plateaux prolongent les plaines vers le Nord et s'en détachent progressivement. Les altitudes varient de 200 à 500 m ;
- les massifs montagneux, localisés à l'Ouest dans la région de Man avec des altitudes supérieures à 1160 m. Dans cette région, on rencontre des points remarquables tels que les monts Dan et Tonkpi qui culminent entre 1100 et 1180 m. Au centre et au sud du bassin versant, la plupart des altitudes est inférieure à 365 m.

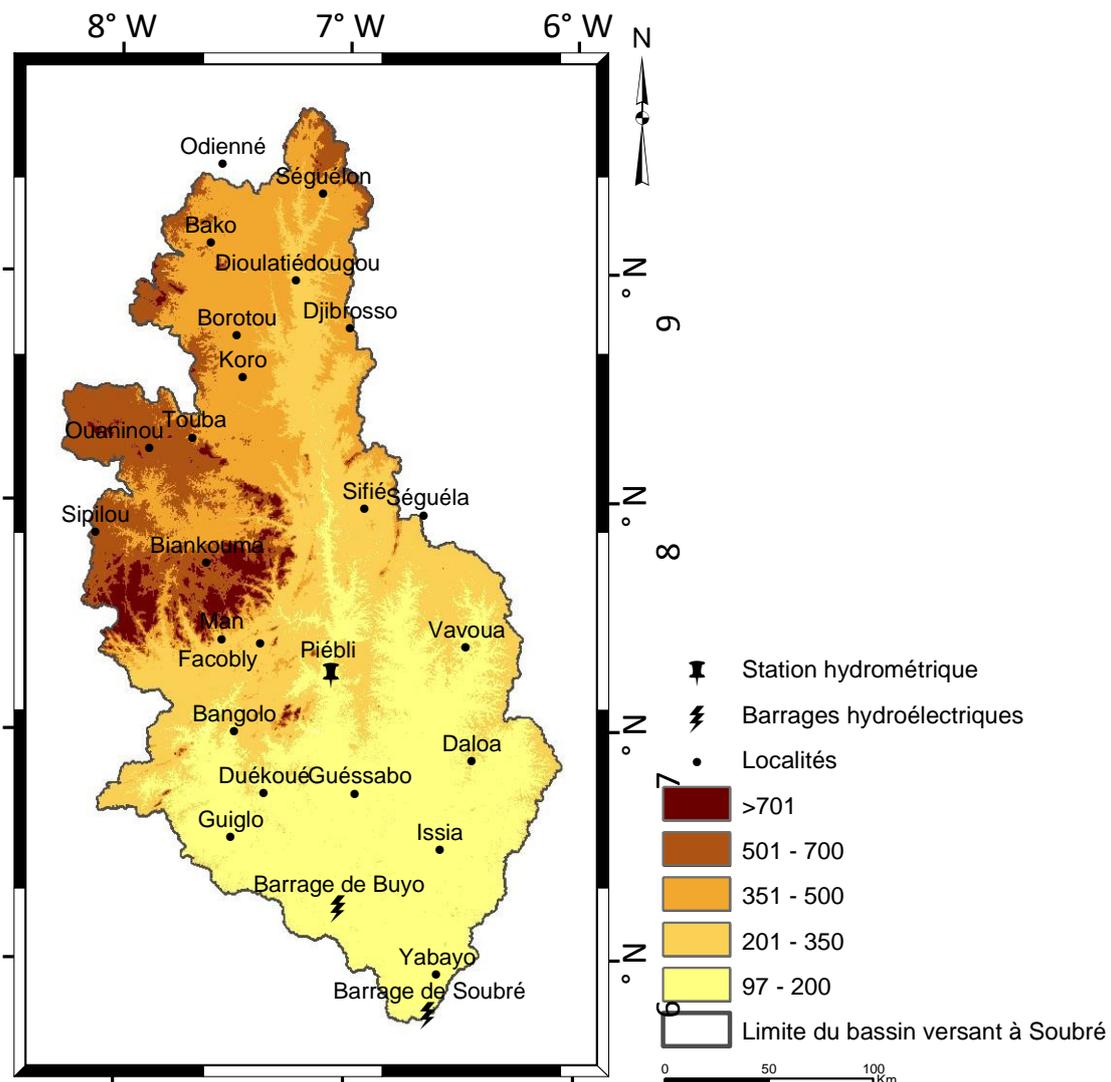


Figure 3 : Carte du relief du bassin versant du Sassandra à Soubré (Yéo, 2020).

1.1.4. Végétation

Le bassin versant du fleuve Sassandra à Soubré est couvert par deux types de végétation (figure 4). Il s'agit d'un paysage forestier et d'un paysage de savane. Toutefois, la classification des régions agro-climatiques permet de faire les distinctions suivantes. Le Bas

Sassandra forestier occupe les massifs forestiers du Sud auxquels se rattache le massif montagneux de Man. La végétation est limitée au Nord par la ligne Guitry-Soubré-Duékoué qui remonte le long du fleuve Sassandra à l'Ouest jusqu'au niveau du massif de Man. La végétation est couverte d'une forêt dense humide sempervirente (secteur hyperombrophile et secteur ombrophile) (Jourda, 2009). La végétation est couverte d'une forêt dense semidécimée (secteur mésophile). Le Sassandra pré-forestier occupe une bande centrale située audessus de la forêt mésophile et limitée au Nord par la ligne Nassian-Kani.

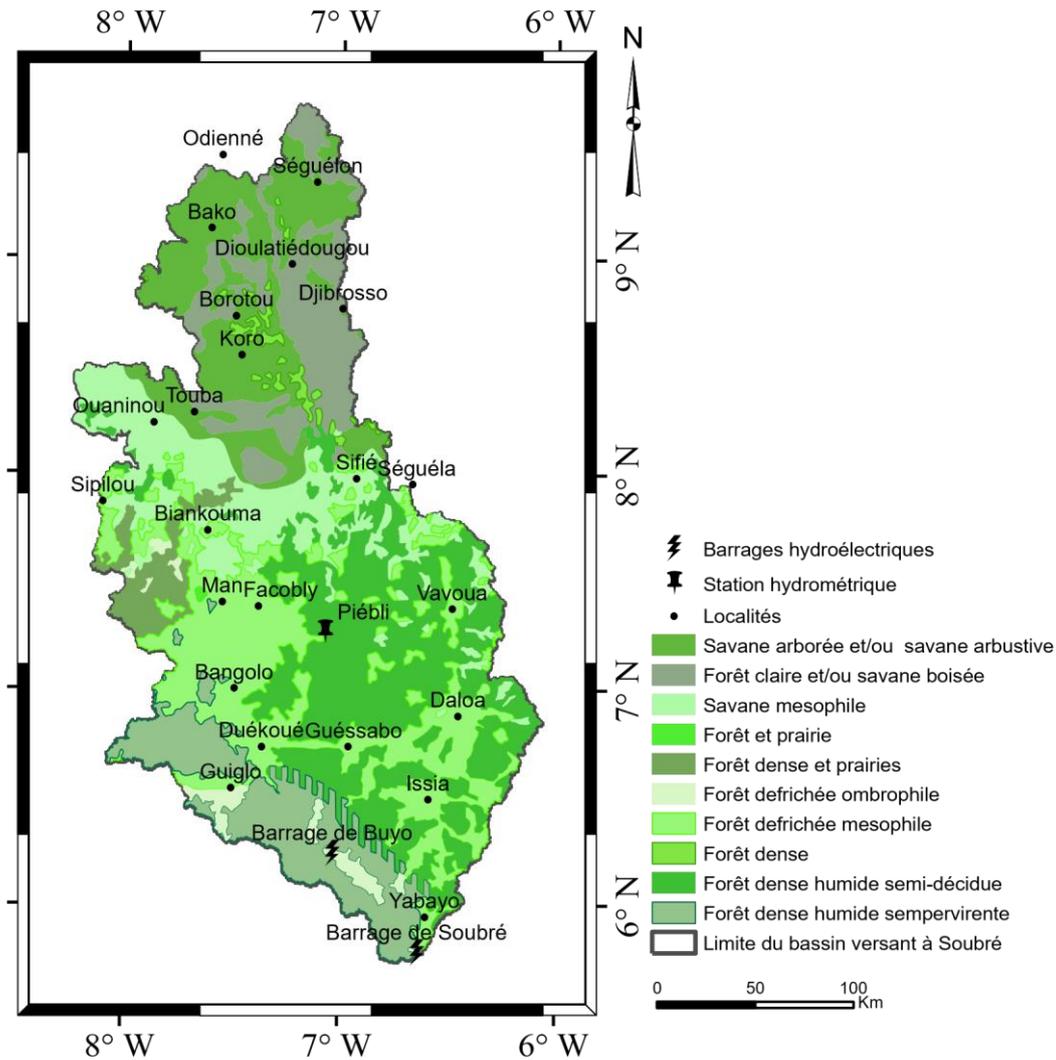


Figure 4 : Carte de végétation du bassin versant du fleuve Sassandra à Soubré (Jourda, 2009).

1.1.5. Géologie

L'ensemble du bassin versant du Sassandra est constitué par des formations du précambrien inférieur et moyen (figure 5). Le précambrien inférieur s'aperçoit à travers des gneiss, des migmatites et des mylonites au Sud d'Odienné et un peu à l'Ouest de Séguéla. Le précambrien moyen occupe les 95 % du socle du bassin du Sassandra. Il est marqué par des granites et des

migmatites du Nord au Sud sur l'ensemble du bassin. Les migmatites, les formations de métamorphismes intenses et les formations stratigraphiques incertaines sont localisées dans les régions de Guiglo et Soubré. On note cependant la présence de quelques époutements de dolérites et basaltes du primaire dans la région de Touba et au Sud-Est d'Odienné (Konan, 2001).

1.1.6. Pédologie

Selon Kadio (1989), le bassin versant du fleuve Sassandra à Soubré est dominé par les sols ferrallitiques plus ou moins saturés et indurés. Les sols ferrallitiques sur roches précambriens et sur sédiments tertiaires y sont rencontrés. Dans ce même bassin, on rencontre également des sols ferrallitiques montagnards et des sols ferrugineux.

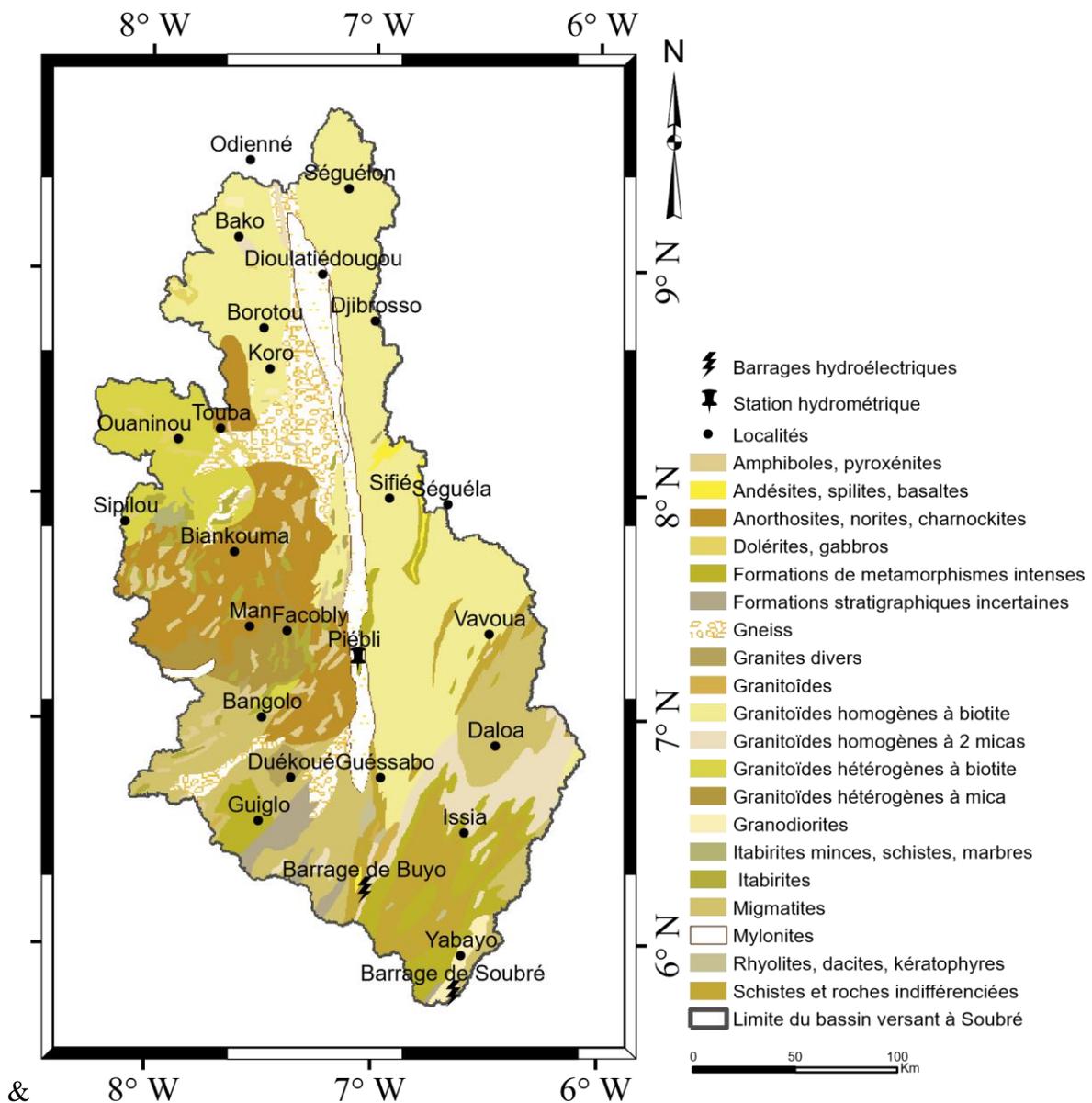


Figure 5 : Carte géologique du bassin versant du Sassandra à Soubré (Konan, 2001).

1.2. CARACTERISTIQUES DES BARRAGES DE BUYO ET DE SOUBRE

Le barrage de Buyo est situé en amont de celui de Soubré tous deux situés sur le fleuve Sassandra. La longueur de la partie du fleuve qui relie les deux barrages est de 88 km. Les barrages hydroélectriques de Buyo et de Soubré ont été mis en eau respectivement en 1980 et en novembre 2017 (Tableau I).

Tableau I : Caractéristiques des barrages de Buyo et de Soubré (Yéo, 2020).

Caractéristiques des barrages hydroélectriques	Buyo	Soubré
Fleuve	Sassandra	Sassandra
Bassin versant (km ²)	39 890	54 670
Année de mise en service	1980	2017
Surface de la retenue (km ²)	832	17,5
Puissance totale (MW)	165	275
Nombre de groupes	3	4
Débit d'équipement (m ³ /s)	555	714
Hauteur de chute brute nominale (m)	36,1	43
Apport moyen (m ³)	8 300 000 000	14 000 000 000



(a)

(b)

Figure 6 : Barrages de Buyo (a) et Soubré de (b).

1.3. VARIABILITE DU REGIME PLUVIOMETRIQUE

1.3.1. Définition de la variabilité des régimes pluviométriques

La variabilité climatique décrit la fluctuation des valeurs saisonnières ou annuelles des paramètres climatiques par rapport aux moyennes temporelles de référence (Servat *et al.*, 1999). Les paramètres concernés généralement sont les précipitations, les températures, l'écoulement de surface, l'écoulement souterrain ou du niveau des nappes d'eau, etc. Il s'agit dans ce cas de la variation temporelle.

1.4.2. Régimes climatiques

Le bassin versant du fleuve Sassandra à Soubré est parcouru par trois (3) régimes pluviométriques (Figure 8) (Bourgin & Chenet, 2015) :

➤ **Régime tropical de transition**

Cette zone climatique est limitée au sud par la parallèle 8°N

➤ **Régime équatorial de transition atténué**

C'est un climat de transition entre les climats équatoriaux et tropicaux.

➤ **Régime de montagne**

Ce régime est caractérisé par deux saisons :

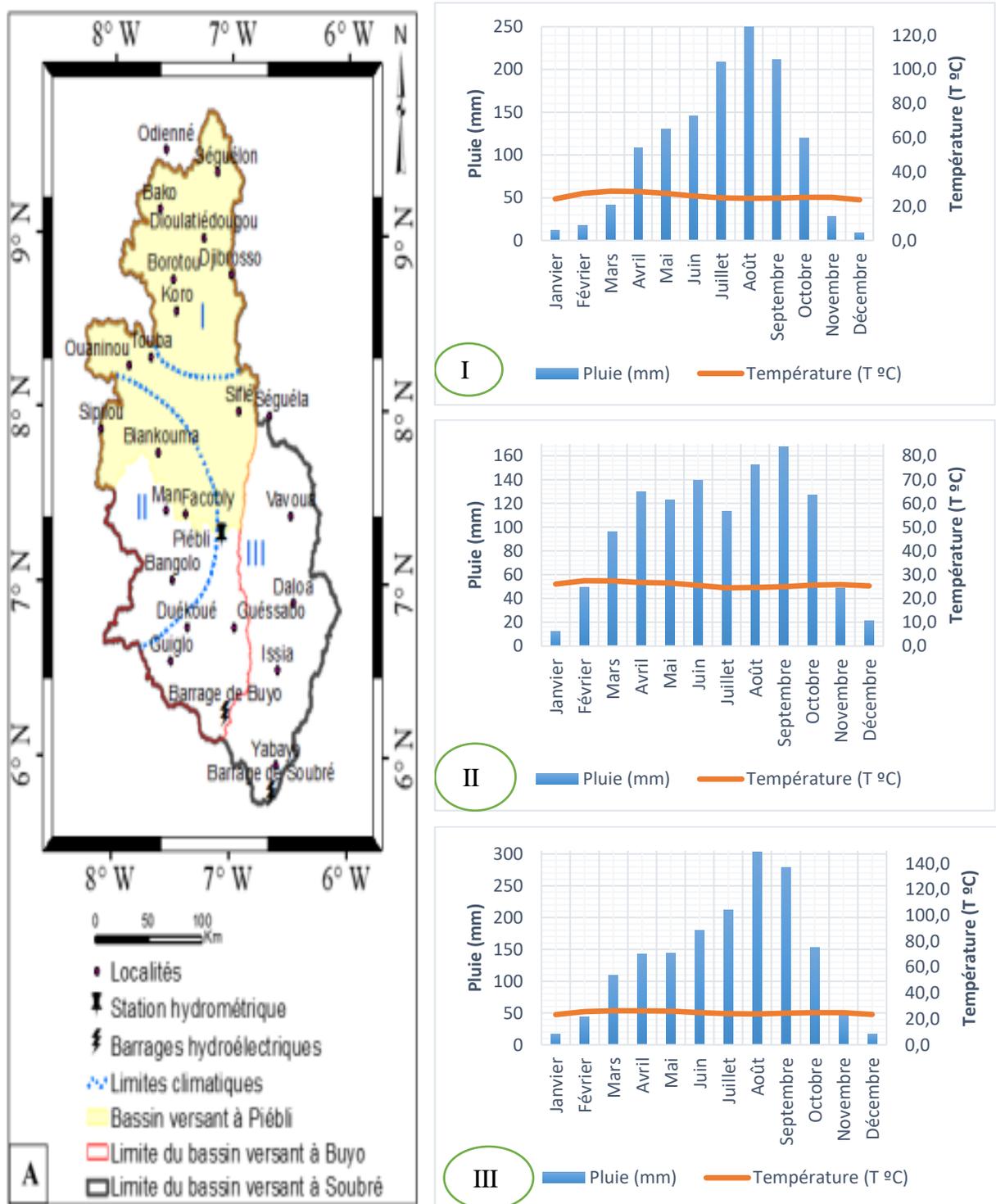


Figure 7 : Carte des zones climatiques du bassin versant du Sassandra à Soubré (A) et diagrammes ombrothermiques (B) correspondants (1971-2000) à Odienné (I), Man (II) et Daloa (III).

1.4.3. Approche d'un point de vue hydro-physique

Les phénomènes scientifiques sont pour la plupart variables dans le temps. A leur nombre, le processus hydrologique qui aboutit à la formation d'un débit est aussi évolutif sous l'action du changement climatique. Le caractère aléatoire des valeurs du débit a fait l'objet d'étude scientifique par le département d'hydro-physique et de prévision hydrologique de l'université hydrométéorologique de Saint Pétersbourg (Russie). Dans le fondement, il convient de caractériser par le critère de stabilité, les zones hydrologiques où les paramètres sont stables ou non.

Une équation qui met le débit dans une relation de cause à effet est :

$$\frac{dQ}{dt} = -(\bar{C} - \tilde{C})Q + (\bar{N} - \tilde{N})$$

Où Q = débit

t = temps

$\bar{C} = \frac{1}{k\tau}$ avec k = coefficient d'écoulement et τ = temps d'écoulement de la goutte d'eau

$\bar{N} = \frac{\dot{X}}{t}$ avec \dot{X} la précipitation

\tilde{C} et \tilde{N} sont les valeurs caractérisant la dispersion des grandeurs \bar{C} et \bar{N} .

Le caractère aléatoire de Q, \bar{C} et \bar{N} impose une résolution de cette équation différentielle en s'appuyant sur l'équation de Fokker-Planck-Kolmogorov dans laquelle l'inconnue en régime stationnaire est P(Q), la densité de probabilité d'apparition d'un débit Q ;

$$\frac{dP(Q)}{dQ} = \frac{(Q - a)}{(b_0 + b_1Q + b_2Q^2)} P(Q)$$

Sans la condition de stationnarité on montre que les coefficients deviennent : $b_1=b_2=0$

et la solution de (E) est :

$$P(Q) = \frac{e^{-\frac{(Q-\bar{Q})^2}{2D}}}{\sqrt{2\pi D}}$$

Où D = coefficient de dispersion de la série annuelle du débit.

La représentation de cette fonction se caractérise par 3 grandeurs essentiels

\bar{Q} - la moyenne de Q (moment d'ordre 1)

c_V - le coefficient de variation (moment d'ordre 2)

C_S - le coefficient d'asymétrie (moment d'ordre 3)

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. MATERIEL

Cette partie présente les données disponibles et le matériel utilisé.

2.1.1. Données

Les données utilisées sont des données précipitation, le débit et la température. La précipitation journalière est prise sur la période 1981-2010. La pluie et le débit mensuel couvrent la période 1971-2010. Les données de pluie ont été collectées à partir de sept (7) stations dont une (1) station pluviométrique (Borotou) et trois (3) stations synoptiques (Daloa, Man et Odienné) (Tableau 2). Ces données proviennent de la SODEXAM (Société de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire Aéronautique et Météorologique). Les données de débits par contre, proviennent de trois (3) stations hydrométriques que sont Piébli, Loboville et Kahin (Tableau2). Les données de débits sont gérées par la Direction de l'Hydrologie (DH). Toutes ces données sont au pas de temps mensuel et s'étendent sur la période 1971-2010.

Tableau II : Stations météorologiques et hydrométriques de la zone d'étude.

Stations	Type de station	Latitude	Longitude	Période d'observation
Borotou	Pluviométrique	8,46	7,19	1971-2010
Daloa	Synoptique	6,87	6,47	1971-2010
Kahin	Hydrométrique	6°50-7°50 Nord	7°15-8°05 Ouest	1971-2010
Loboville	Hydrométrique	6°- 6°55 Nord	6°2 -7°55 Ouest	1971-2010
Man	Synoptique	7,40	7,52	1971-2010
Odienné	Synoptique	9,50	7,55	1971-2010
Piébli	Hydrométrique	7°-8°35 Nord	6°5-7°85 Ouest	1971-2010

2.1.2. Matériel de traitement des données

Les logiciels utilisés dans ce travail sont :

- ArcGis10.5 : c'est un logiciel SIG (Système d'Information Géographique) d'ESRI (Environmental System Research Institute). Il est utilisé pour la délimitation de la zone d'étude, la création, l'habillage et l'édition des cartes thématiques ;
- EXCEL : c'est un logiciel tableur développé par Microsoft qui intègre des fonctions de calcul numérique, de représentations graphiques, d'analyse de données, etc. Ce logiciel est

utilisé pour les calculs numériques, les représentations graphiques, les analyses des données les traitements statistiques et la simulation des débits aux différents horizons ;

- Google Earth : ce logiciel permet d’observer la plupart des régions du monde en vue du ciel et de zoomer permettant ainsi d’apprécier les détails. Il permet la visualisation de la zone d’étude.

2.2. METHODES

2.2.1. Reconstitution des données manquantes

De la collecte jusqu’au traitement des données pluviométriques, des erreurs peuvent intervenir (erreurs liées aux instruments, erreurs liées à l’observateur, etc.). Il est donc judicieux d’analyser au préalable les données pluviométriques mises à notre disposition, afin de juger de leur qualité. Cela est essentiel pour arriver à une série continue de données.

❖ Données de pluie et de débits

Le comblement des lacunes des données de pluie a été fait au pas de temps mensuel en prenant la moyenne des années précédentes. Le comblement des données de débits s’est fait par la méthode de régression linéaire au pas de temps mensuel également. L’application de cette méthode s’est faite en deux étapes. La première étape a consisté à établir des corrélations entre les stations voisines (en amont ou en aval). Ce principe a été utilisé dans les travaux de Kouakou (2011), Yao (2015) et Yéo (2020). La seconde étape consiste à combler les données manquantes avec les données de la station ayant donné une bonne corrélation à l’aide de l’équation (1) :

$$y_i = ax_i + b \quad (\text{éq.1})$$

avec :

$$a = \frac{\text{Cov}(x,y)}{\sigma_x^2} ;$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

x_i et y_i sont des valeurs mesurées respectivement aux stations x et y ;

\bar{x} et \bar{y} sont les valeurs moyennes associées aux séries ;

a est la covariance de (x,y) sur le carré de l’écart type de la série x et b une constante.

Les données de la station hydrométrique de Semien située en aval de Piébli ont servi à combler les données de Piébli et celles de Nibehibé ont servi à combler pour la Loboville.

2.2.2. Méthode de caractérisation de la variabilité pluviométrique et hydrologique

Pour l'étude de la variabilité pluviométrique à la station pluviométrique de Borotou et aux stations synoptiques d'Odienné, Daloa et Man, nous avons utilisé les méthodes suivantes : l'indice de sécheresse de précipitation (SPI), la durée, la fréquence et l'intensité des séquences de sécheresse, la variabilité des régimes pluviométriques par l'analyse des normales pluviométriques, l'analyse de la variabilité décennale des régimes pluviométriques et la variabilité des régimes pluviométriques par l'analyse des jours pluvieux. Ces mêmes méthodes ont été utilisés pour la caractérisé la variabilité des régimes hydrologiques aux stations de Piébli, Buyo et Soubré.

2.2.2.1. Indice standardisé de précipitation (SPI) et l'indice hydrologique normalisé (IHN)

Les indices standardisés de précipitation et hydrologique (McKee *et al.*, 1993) ont été développés en vue de quantifier le déficit pluviométrique et hydrologique pour des échelles de temps multiples. Adopté en 2009 par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) comme un instrument mondial pour caractériser les sécheresses météorologiques, aux termes de la « Déclaration de Lincoln sur les indices de sécheresse » (Jouilil *et al.*, 2013). Ces indices sont exprimés mathématiquement par (équation 2 et 3) :

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{\sigma} \quad (\text{éq.2})$$

avec P_i : précipitation mensuelle ou annuelle en millimètre (mm) ;

P_m : pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée en millimètre (mm)

;

σ : écart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

$$IHN = \frac{(D_i - D_m)}{\sigma} \quad (\text{éq.3})$$

avec : D_i : le débit du mois ou de l'année i en m^3/s ;

D_m : le débit moyen (m^3/s) de la série sur l'échelle temporelle considérée ;

σ : l'écart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

Ainsi, une sécheresse sévit lorsque les indices SPI et IHN sont consécutivement négatifs. Elle se termine lorsque le SPI ou l'IHN devient positif. On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs de SPI et IHN (Tableau III).

Tableau III : Classification des séquences de sécheresse selon le SPI et IHN (Mckee et al., 1993).

Valeur de SPI et IHN	Séquence de sécheresse	Valeur de SPI et IHN	Séquence de sécheresse
-0,99 <SPI<0,00 -0,99 <IHN<0,00	Légèrement sèche	0,00<SPI<0,99 0,00<IHN<0,99	Légèrement humide
-1,49 <SPI<-1 -1,49 <IHN<-1	Modérément sèche	1,00<SPI<1,49 1,00<IHN<1,49	Modérément humide
-1,99 <SPI<-1,50 -1,99<IHN<-1,50	Sévèrement sèche	1,5<SPI<1,99 1,5<IHN<1,99	Fortement humide
SPI<-2,00 IHN<-2,00	Extrêmement sèche	2,00<SPI 2,00<IHN	Extrêmement humide

2.2.2.2. Durée, fréquence et intensité des séquences de sécheresse

Pour étudier la sécheresse, il est important de caractériser sa durée, son intensité et sa fréquence. Cette méthode est appliquée sur la pluie ainsi que sur les écoulements.

❖ Durée maximale des séquences de sécheresse

La durée maximale de sécheresse (D) est une caractéristique importante qui est choisie pour caractériser la durée des séquences sèches (Faye *et al.*, 2017). Le calcul de la durée se fait comme suit (équation 4) :

$$D = (A_{fin} - A_{début}) + 1 \quad (\text{éq.4})$$

avec : A_{fin} : Année de la fin de la période sèche ;

$A_{début}$: Année du début de la période sèche

❖ Fréquence des séquences de sécheresse

La fréquence cumulée de sécheresse (F) donne une idée de l'occurrence des séquences sèches sur une période d'étude donnée (Faye *et al.*, 2017). Elle est obtenue par l'équation (4) :

$$F = \frac{f_n}{N} * 100 \quad (\text{éq.4})$$

avec :

f_n : effectif cumulé des séquences sèches ;

N : effectif total de la série étudiée.

❖ **Intensité des séquences de sécheresse**

L'intensité de la sécheresse indique l'ampleur du déficit pluviométrique ou hydrologique. Dans cette étude, les valeurs extrêmes de SPI et IHN sont évaluées et considérées comme les valeurs de référence de l'intensité de la sécheresse.

2.2.2.3. Variabilité des régimes pluviométriques, hydrologiques par l'analyse des normales pluviométriques et hydrologiques.

La norme hydrologique est la moyenne d'une série la plus longue possible pour pouvoir valider les occurrences cinquantennales ou centennales, de la norme météorologique qui désigne une moyenne sur 30 ans (Ouédraogo, 2001 ; Kouassi *et al.*, 2010). Cette dernière permet le calcul des normales pluviométriques et hydrologiques qui sont des moyennes glissantes de 30 ans se succédant les unes aux autres tous les 10 ans. Pour l'analyse de la dynamique des régimes pluviométriques et hydrologiques saisonniers, une comparaison des normales 1971-2000 et 1981-2010 est faite sur la pluie et sur le débit.

2.2.2.4. Caractérisation de la variabilité décennale des régimes pluviométriques et hydrologiques

La caractérisation de la variabilité pluviométrique et hydrologique est faite sur les quatre dernières décennies des trois régimes pluviométriques du bassin versant du fleuve Sassandra (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010) pour voir l'évolution de la pluviométrie. Les stations pluviométriques choisies sont celles de Borotou, Daloa et Man représentant respectivement les régimes tropical de transition atténué, équatorial de transition atténué et de montagnes. Pour le débit, les stations hydrométriques utilisés sont celles de Kahin (rivière N'zo), Loboville (rivière Lobo) et Piébli (fleuve Sassandra).

2.2.2.5. Variabilité des régimes pluviométriques par l'analyse des jours pluvieux

Un jour de pluie est un jour au cours duquel on observe de la précipitation. Du point de vue climatologique, l'étude des jours pluvieux peut contribuer à améliorer les connaissances sur les aspects de déficits pluviométriques saisonniers et annuels ainsi que sur les changements susceptibles d'affecter l'évolution des précipitations. Ainsi, une caractérisation des régimes pluviométriques ne peut donc se limiter à une analyse statistique simple de cumuls

pluviométriques (Servat et al., 1998). Elle doit aussi comporter les fréquences des jours pluvieux. La typologie des précipitations journalières que nous proposons est liée aux normes internationales de seuil définies par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM, 1990). Les différentes classes sont définies en fonction du nombre de jours de pluie de hauteur comprise entre :

- 1 et 10 mm (P1) ;
- 10 et 30 mm (P2) ;
- 30 et 50 mm (P3) ;
- >50 mm (P4).

2.2.2. Méthode d'étude de l'impact de la variabilité du climat sur les lames d'eau saisonnières écoulées aux barrages de Buyo et de Soubré

La méthodologie utilisée passe par les étapes suivantes :

- Détermination de la lame d'eau écoulée ;
- Influence du climat sur les lames d'eau écoulée ;
- Caractérisation hydro-physique du bassin versant.

2.2.4.1. Lames d'eau écoulées

Après la reconstitution des modules à l'exutoire du bassin versant de Soubré, les lames saisonnières d'eau écoulées sont calculées par la relation suivante (Bamba *et al.*, 1996) (équation 6) :

$$Le = A * 86,4 * Q / S \quad (\text{éq.6})$$

Où :

- Le : la lame annuelle écoulée (mm) ;
- Q : débit (m³/s) ;
- S : superficie du bassin versant (km²) ;
- A : nombre de jour de la période d'étude.

Le coefficient A*86,4 est relatif au temps en secondes sur la période considérée. Ce coefficient est déterminé par saison pour mieux l'adapter à notre travail.

2.2.4.2. Influence de la variabilité du climat sur les lames d'eau écoulées

Pour mettre en évidence l'influence du climat sur les lames d'eau écoulées, nous avons mis en relation la précipitation et le débit sur les trois régimes climatiques du bassin versant au cours des quatre dernières décennies (1971-1980 ; 1981-1990 ; 1991-2000 ; 2001-2010). Ce travail

est fait par sous-bassin versant. Ainsi la rivière N'Zo est influencée par le climat de montagnes, la Lobo est influencée par le climat équatorial de transition atténué et le Sassandra par le climat tropical de transition atténué.

2.2.4.3. Critère de stabilité

La méthode de détermination de la stabilité d'un régime hydrologique est élaborée par le laboratoire sus-indiqué. Elle consiste à identifier les zones territoriales climatiques où la formation du débit Q se montre stable ou instable selon chacun des 3 moments. Ce résultat a une incidence directe sur la forme de la courbe $P(Q)$. Ce critère met en relation le coefficient d'autocorrélation r et le coefficient d'écoulement k .

$$\beta = 2k \cdot \ln(r) + 2 \quad (\text{éq.7})$$

Avec r , le coefficient d'autocorrélation pour une translation d'un an.

Le critère stipule la conclusion suivante :

- Si $\beta < 0,67$ alors c'est un cas de stabilité de tous les trois moments
- Si $0,67 < \beta < 1$ alors le régime est stable suivant \bar{Q} et C_V mais instable suivant C_S .
- Si $1 \leq \beta < 2$ alors instable suivant C_V et C_S mais stable en \bar{Q}
- Si $\beta \rightarrow 2$ alors instable suivant \bar{Q} , C_V et C_S , par conséquent il n'y a pas de stabilisé

2.2.4.4. Courbes de densité de probabilité d'apparition des débits

L'observation de la forme permet d'identifier les valeurs irrégulières des débits et leur fréquence d'apparition, cela dans l'optique d'une prévision optimale. La courbe de densité de probabilité d'un débit hydrologique caractérise le taux d'apparition d'une des valeurs de Q dans l'ensemble considéré. La forme de Pearson type III est une idéalisation qui ne peut plus être représentative des valeurs de débit découlant de l'influence climatique (Kovalenko, 2006).

PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Caractérisation de la variabilité des régimes pluviométriques

3.1.1.1. Caractérisation de la sécheresse pluviométrique

❖ Analyse de l'intensité de la sécheresse



Figure 8 : Evolution mensuelle des indices SPI sur la période 1971-2010 à Odienné (A), Daloa (B) et Man (C).

A l'échelle mensuelle les intensités des séquences sèches les plus remarquables sont enregistrées aux mois de janvier, février et décembre (figure 8). La normale 1971-2000 apparaît avec une intensité de pluie plus sec que celle de 1981-2010 en mars à Daloa et en avril à Odienné. A Man, la normale 1981-2010 apparaît avec une intensité plus sec par rapport à celle de 1971-2000 en avril. Les deux normales atteignent leurs pics en Août à Odienné et à Man.

Tableau V : Intensité des séquences de sécheresse des régimes du bassin versant du fleuve Sassandra à Odiénné, Daloa et Man.

Année	Odiénné		Daloa		Man	
	In	In	In	Séq	In	Séq
1971	1,7	FH	2,7	EH	0,9	LH
1972	1,6	FH	-0,1	LS	-0,2	LS
1973	0,1	LH	-0,3	LS	-0,7	LS
1974	-0,3	LS	-0,2	LS	-1,3	MS
1975	0,5	LH	-0,5	LS	1,0	LH
1976	1,9	FH	0,5	LH	-1,5	MS
1977	0,5	LH	0,0	LS	1,4	MH
1978	1,1	MH	-0,9	LS	-0,7	LS
1979	1,4	MH	1,0	MH	-0,8	LS
1980	0,3	LH	1,6	FH	0,0	LS
1981	0,5	LH	-1,3	MS	1,0	MH
1982	1,2	MH	-0,2	LS	0,8	LH
1983	-1,2	MS	-1,3	MS	-1,9	SS
1984	-0,4	LS	-0,8	LS	0,1	LH
1985	-0,9	LS	0,5	LH	0,5	LH
1986	-1,3	MS	-0,3	LS	-1,4	MS
1987	-1,4	MS	2,3	EH	-0,4	LS
1988	-0,3	LS	-0,4	LS	0,1	LH
1989	0,1	LH	0,0	LH	-0,5	LS
1990	-0,6	LS	-1,2	MS	-1,1	MS
1991	-0,1	LS	-1,5	SS	-0,3	LS
1992	-1,2	MS	-1,1	MS	-0,2	LS
1993	-0,5	LS	-1,1	MS	-1,7	SS
1994	0,7	LH	-0,6	LS	1,4	MH
1995	0,8	LH	0,7	LH	1,9	FH
1996	0,0	LS	0,0	LH	0,9	LH
1997	0,3	LH	-0,7	LS	-0,5	LS
1998	1,2	MH	-0,6	LS	0,8	LH
1999	-0,2	LS	1,1	MH	2,2	EH
2000	0,3	LH	0,7	LH	-0,1	LS
2001	0,0	LS	-1,6	SS	-0,1	LS
2002	-0,6	LS	0,7	LH	-0,1	LS
2003	-1,2	MS	1,0	MH	0,6	LH
2004	-1,7	SS	0,1	LH	-0,7	LS
2005	-1,0	LS	-0,5	LS	-0,3	LS
2006	-1,7	SS	0,0	LH	-0,8	LS
2007	-1,6	SS	-0,4	LS	-0,1	LS
2008	0,1	LH	1,4	MH	0,4	LH
2009	0,4	LH	0,3	LH	-0,6	LS
2010	1,5	FH	0,8	LH	1,8	FH

: Séquence sèche ;
 : Sécheresse pluviométrique

In : Indice ; Séq : Séquence ; S : Sèche ; LS : Légèrement sèche ; MS : Modérément sèche ;
 SS : Sévèrement sèche ; ES : Extrêmement sèche ; LH : Légèrement humide ; MH :
 Modérément humide ; FH : Fortement humide ; EH : Extrêmement humide

L'analyse du tableau III montre que les sécheresses les plus remarquables par leur intensité sont de type « sévère » à Man (-1,9) en 1983, Daloa (-1,6) en 2001 et Odienné (-1,7) en 2004 et 2006. Cependant, nous observons une sécheresse pluviométrique à Odienné sur les périodes 1983-1988 et 2002-2007, puis à Daloa sur la période 1990-1994 et à Man sur les périodes 1989-1993 et 2000-2007 (Tableau V).

❖ **Analyse de la durée et de la fréquence de la sécheresse**

Tableau VI : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle annuelle de 1971 à 2010.

ECHELLE ANNUELLE	Paramètres	Odienné	Daloa	Man	
	Durée maximale (années)	SPI			
		1983-1988 (6 ans)	1990-1994 (5 ans)	2000-2007 (8 ans)	
Fréquence cumulée (%)		45 %	55 %	62,5 %	

Tableau VII : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle mensuelle de 1971 à 2010.

ECHELLE MENSUELLE	Paramètres	Odienné	Daloa	Man	
	Durée maximale (mois)	SPI			
		Novembre - Avril	Novembre - Mars	Novembre - Mars	
Fréquence cumulée (%)		50 %	33,33 %	41,66 %	

L'analyse de la durée et de la fréquence des séquences sèches est basée sur les résultats aux tableaux VI et VII. A l'échelle annuelle, la durée des épisodes de sécheresse montre que celle-ci varie d'un régime climatique à l'autre. A Daloa, l'indice de sécheresse de précipitation (SPI) calculé indique que la sécheresse pluviométrique est observée de 1990 à 1994 (5 ans). A Odienné, Daloa et Man les plus longues sécheresses sont observées respectivement de 1983 à 1988 (6 ans), 1990-1994 (5 ans) et de 2000 à 2007 (8 ans). Les fréquences des épisodes de sécheresse observées dans les trois régions sont 55 % à Daloa, 45% à Odienné et 62,5% à Man (Tableau V).

A l'échelle mensuelle, la durée des épisodes secs est égale à cinq mois allant de Novembre à Mars à Daloa et Man et de sept mois de Novembre à Avril à Odienné. Cette période sèche témoigne l'ampleur de la sévérité de la sécheresse dans les différents régimes climatiques. Il

en est de même pour les fréquences des séquences sèches observées dans les trois régimes du bassin versant avec des valeurs de 33,33% à Daloa, 41,66% à Man et 50% Odienné (Tableau VII).

3.1.1.2. Analyse des normales pluviométriques



Figure 9 : Evolution mensuelle des normales pluviométriques des périodes 1971-2000, 1981-2010, à Odienné (A), Daloa (B) et Man (C).

L'analyse des normales pluviométriques montrent que les deux normales évoluent à la même allure à Odienné et Man (figure 9). Les deux normales atteignent leurs pics en Août à Odienné, en Septembre à Daloa avec la normale 1971-2000 au-dessus. A Man les deux normales atteignent leurs pics en Août avec la normale 1981-2010 au-dessus. Les valeurs des pics sont 323 mm (Normale 1971-2000) ; 289 mm (Normale 1981-2010) à Odienné, 181 mm (Normale 1971-2010) ; 167 mm (Normale 1981-2010) pour Daloa et 288 mm (Normale 1971-2000) ; 302 mm (Normale 1981-2010) pour Man. A Daloa de Janvier à Mars puis d'Aout à Octobre la normale 1971-2000 est au-dessus de la normale 1981-2010, ensuite les deux

normales évoluent simultanément d’Octobre à Décembre avec la normale 1981-2010 légèrement au-dessus en Novembre. A Man d’Avril à Mai la normale 1981-2010 est au-dessus de la normale 1971-2000 tandis que de Juin à Aout la normale 1981-2010 est au-dessus. Ensuite les deux normales ont la même allure dans les autres mois.

3.1.1.3. Analyse des décennales pluviométriques

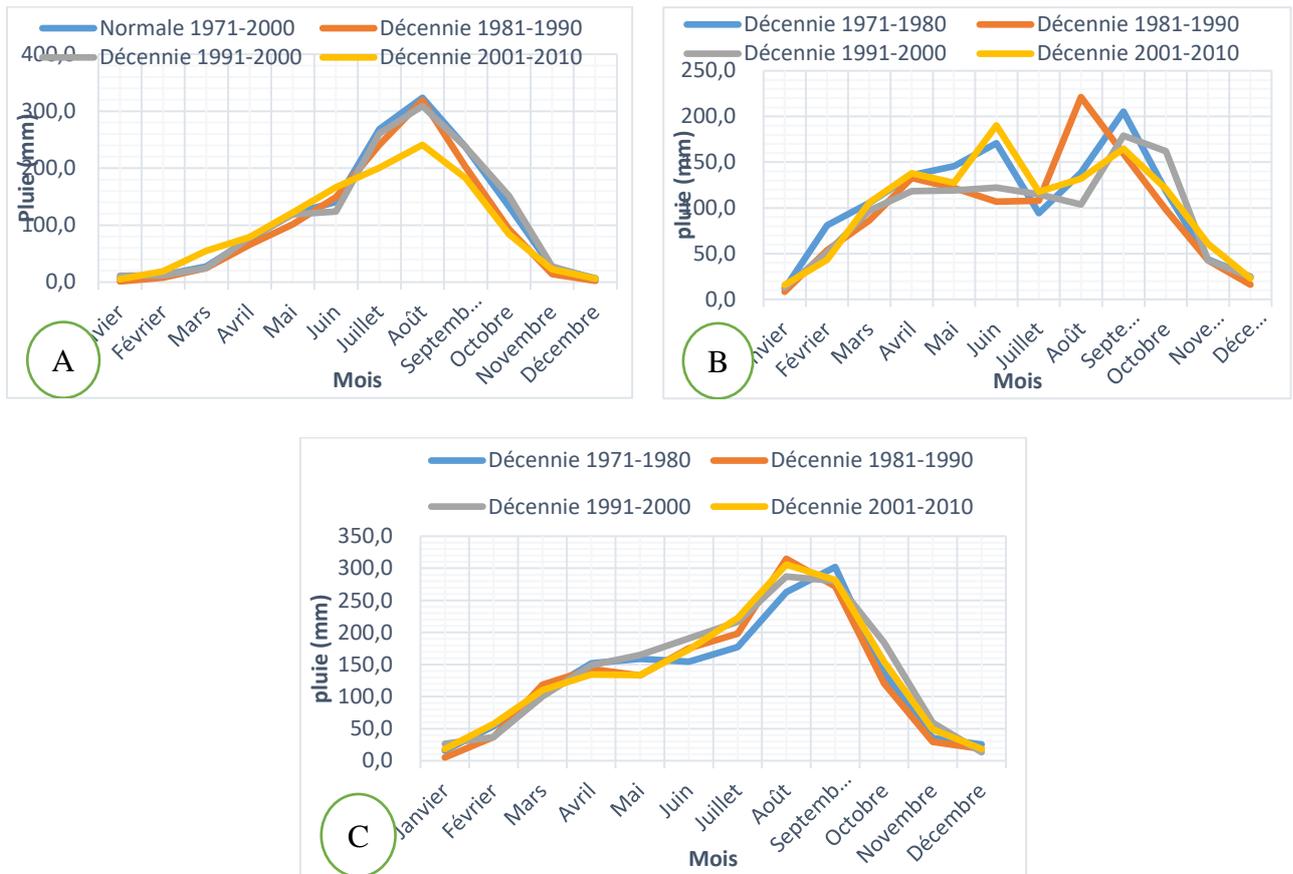


Figure 10 : Evolution mensuelle de la pluviométrie des décennies 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 et 2001-2010 à Odienné (A), Daloa (B) et Man (C).

L’analyse de la pluviométrie des quatre dernières décennies (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010) (Figure 10) indique la grande baisse de ce paramètre. A Odienné, la pluie maximale est passée de 300 mm sur la décennie 1971-1980 à 200 mm en Août sur la période 1991-2000 soit une baisse pluviométrique de 33% en deux décennies. A Daloa, la valeur maximale est passée 250 mm sur la décennie 1981-1990 à la minimale de 100 mm en Août sur la décennie 1991-2000 soit une baisse pluviométrique de 60% en une décennie. A Man la

maximale est passée de 340 mm sur la décennie 1981-1990 à 210 mm en Août sur la décennie 1971-1980 soit une baisse pluviométrique de 38,23% en une décennie.

3.1.1.4. Variabilité interannuelle des fréquences de jours pluvieux et des classes de pluie

Tableau VIII : Nombre de jours et pourcentages pluviométriques des classes de pluie (1981-2010).

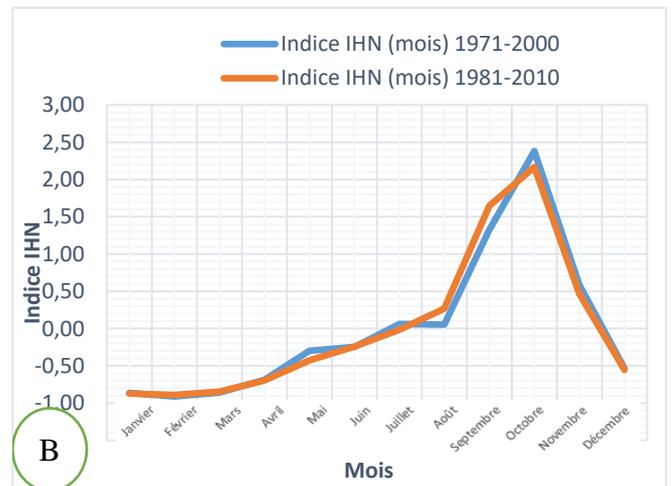
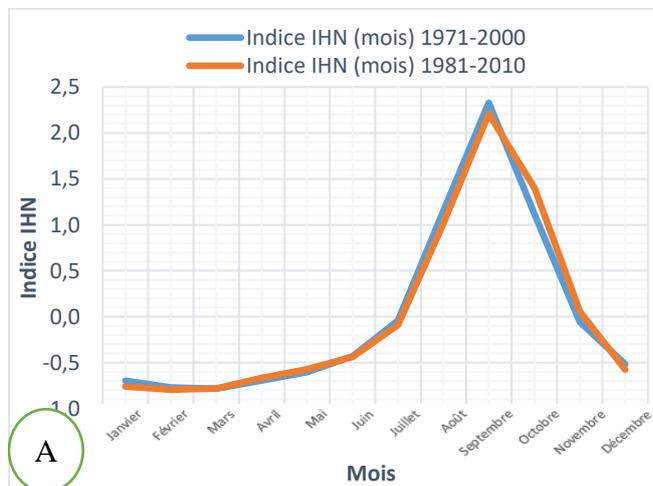
Station	Classes de pluie							
	P1		P2		P3		P4	
	Nb	P	Nb	P	Nb	P	Nb	P
Borotou	23	38,3	26	43,3	8	13,3	3	5
Daloa	52	59,77	26	29,9	7	8,0	2	2,3
Man	60	58,3	32	31,1	8	7,8	3	2,9

Nb : nombre de jours P : pourcentage

L'analyse des classes de pluie (Tableau VIII) montre que les P₁ et P₂ constituent l'essentiel de la pluviométrie au niveau du bassin versant du fleuve Sassandra sur les trois régimes en nombre et en pourcentage. Cependant, les P₁ apportent une pluviométrie supérieure à celle des P₂ à Daloa et Man tandis qu'à Borotou nous observons le contraire. Les P₃ apportent une pluviométrie supérieure à celle de la classe P₄. Les P₄ ont les nombres et les pourcentages de précipitation les plus faibles (P₁>P₂>P₃>P₄).

3.1.2. Caractérisation des régimes hydrologiques

3.1.2.1. Analyse de l'intensité de la sécheresse



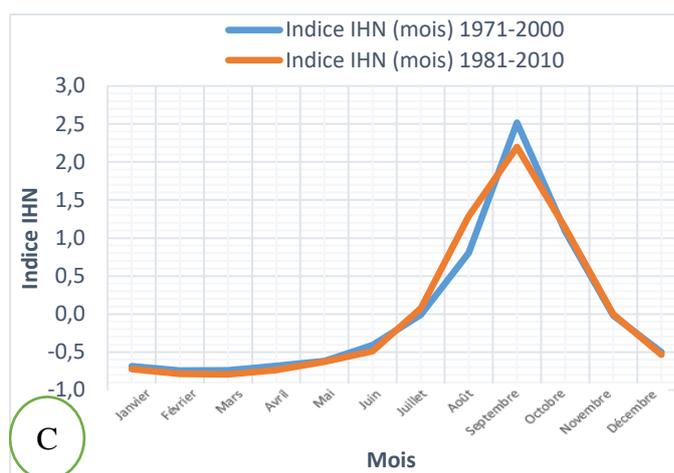


Figure 11 : Evolution mensuelle de l'indice IHN des normales 1971-2000 et 1981-2010 à Piébli (A), Daloa (B) et Kahin (C).

A l'échelle mensuelle (figure 11), les intensités des séquences sèches les plus remarquables sont enregistrées aux mois de Janvier, Février et Mars à Loboville (Figure 12 B) et Piébli (Figure 12 A) puis de Janvier à avril à Kahin (Figure 12 C). Les écoulements restent sensiblement de même intensité sur les deux normales de juin à juillet et d'octobre à décembre à Piébli, de Janvier à avril à Loboville et de mars à Juillet à Kahin. Sur les périodes restantes, il y a une alternance en abondance hydrologique entre les deux normales. Toutes les normales atteignent leur pic simultanément en Septembre à Kahin et Piébli puis en Octobre à Loboville avec la normale 1971-2000 au-dessus.

Tableau IX : Intensité des séquences de sécheresse du fleuve Sassandra à Piébli, de la Lobo à Loboville et du N'Zo à Kahin.

Année	Piébli		Loboville		Kahin	
	IHN		IHN		IHN	
	In	Séq	In	Séq	In	Séq
1971	-0,4	LS	0,0	LH	-0,7	LS
1972	-0,2	LS	-0,1	LS	-0,4	LS
1973	-1,1	MS	0,0	LS	-0,8	LS
1974	-0,3	LS	0,0	LS	-0,8	LS
1975	-0,1	LS	0,0	LS	-1,0	MS
1976	-0,5	LS	-0,1	LS	-0,2	LS
1977	-0,3	LS	0,0	LH	0,7	LH
1978	-0,1	LS	0,0	LH	-0,5	LS
1979	0,5	LH	0,1	LH	-0,2	LS

1980	-0,2	LS	0,2	LH	-0,2	LS
1981	-0,1	LS	-0,1	LS	-0,7	LS
1982	-0,2	LS	-0,1	LS	-0,6	LS
1983	-1,2	MS	-0,2	LS	-0,9	LS
1984	-0,8	LS	-0,1	LS	-0,8	LS
1985	-0,1	LS	0,0	LH	-0,3	LS
1986	-0,9	LS	-0,1	LS	-0,9	LS
1987	-0,8	LS	0,1	LH	-0,8	LS
1988	-0,2	LS	-0,3	LS	0,9	LH
1989	-0,4	LS	-0,3	LS	-0,7	LS
1990	-1,1	MS	-1,1	MS	-0,8	LS
1991	-0,9	LS	-0,2	LS	-0,8	LS
1992	-0,6	LS	-1,9	SS	-0,5	LS
1993	-0,5	LS	-1,4	MS	-0,8	LS
1994	0,5	LH	-0,3	LS	0,0	LH
1995	0,0	LH	0,8	LH	0,2	LH
1996	0,0	LH	0,2	LH	0,3	LH
1997	0,3	LH	-1,1	MS	-0,4	LS
1998	0,2	LH	-0,9	LS	-0,1	LS
1999	0,2	LH	0,1	LH	-0,2	LS
2000	0,4	LH	-0,1	LS	-0,3	LS
2001	-0,1	LS	-1,0	MS	0,1	LH
2002	-0,5	LS	-0,2	LS	2,2	EH
2003	0,2	LH	0,8	LH	2,2	EH
2004	-0,1	LS	0,0	LH	2,5	EH
2005	0,6	LH	-0,4	LS	0,5	LH
2006	2,5	EH	-0,6	LS	1,6	FH
2007	4,5	EH	1,4	MH	0,4	LH
2008	1,2	MH	4,5	EH	0,5	LH
2009	-0,5	LS	0,5	LH	-0,5	LS
2010	1,1	MH	2,0	EH	2,8	EH

■ : Séquence sèche ; ■ : Séquence humide

In : Indice ; Séq : Séquence ; S : Sèche ; LS : Légèrement sèche ; MS : Modérément sèche ; SS : Sévèrement sèche ; ES : Extrêmement sèche ; LH : Légèrement humide ; MH : Modérément humide ; FH : Fortement humide ; EH : Extrêmement humide.

L'analyse du tableau IX montre que les sécheresses les plus remarquables par leur intensité sont de type « modéré » à Kahin (-1) en 1975, à Piébli (-1,2) en 1983 et « sévère » à Loboville (-1,9) en 1992. Cependant, nous avons observé une sécheresse hydrologique sur le N'Zo à Kahin sur la période 1978-1987 puis le fleuve Sassandra à Piébli sur la période 1980-1993 et la Lobo à Loboville sur la période 1988-1993 (Tableau IX).

3.1.2.2. Analyse de la durée et de la fréquence de la sécheresse

Tableau X : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle annuelle de 1971 à 2010.

ECHELLE ANNUELLE	Paramètres	Piébli	Loboville	Kahin
	Durée maximale (années)	IHN	IHN	IHN
		1980-1993 (14 ans)	1988-1993 (6 ans)	1978-1987 (10 ans)
Fréquence cumulée (%)	65 %	57,5 %	65 %	

Tableau XI : Durée et fréquence des séquences de sécheresses à l'échelle mensuelle de 1971 à 2010.

ECHELLE MENSUELLE	Paramètres	Piébli	Loboville	Kahin
	Durée maximale (mois)	IHN	IHN	IHN
		Novembre - Juillet	Décembre- Juillet	Novembre – Juillet
Fréquence cumulée (%)	66,67 %	58,33 %	58,33 %	

L'analyse de la durée des épisodes de sécheresse (Tableaux X et XI) montre que celle-ci varie d'un régime à l'autre selon le bassin versant. Pour le N'Zo à Kahin et le Sassandra à Piébli, l'indice hydrologique normalisé (IHN) indique que la sécheresse hydrologique est observée respectivement de 1978 à 1987 (10 ans) et de 1980 à 1993 (14 ans). Sur la Lobo à Loboville, la sécheresse la plus longue est observée de 1988 à 1993 (6 ans). Les fréquences des épisodes de sécheresse observées sur les trois sous-bassins versants sont de 57,5% à Loboville et 65% à Kahin et Piébli (Tableau X).

A l'échelle mensuelle, la durée des épisodes secs est égale à dix mois (Novembre à Juillet) à Piébli et à Kahin et neuf mois (Décembre à juillet) à Loboville. Cette durée de la sécheresse témoigne l'ampleur de la sévérité des saisons sèches dans les différentes régions. Il en est de même pour les fréquences des séquences sèches observées dans les trois régimes du bassin versant qui sont de 58,33 % à Kahin et Loboville et 66,67% à Piébli (Tableau XI).

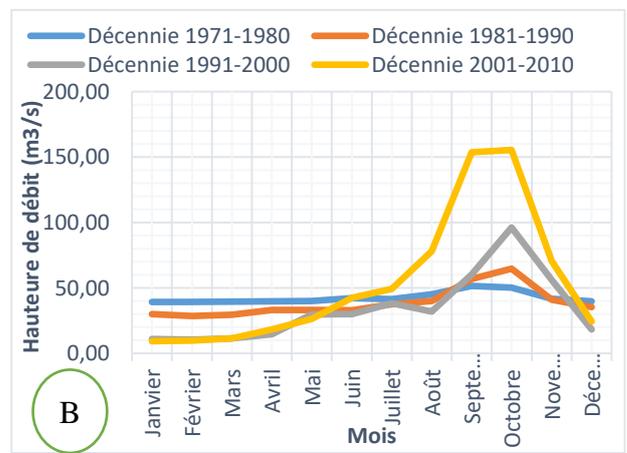
3.1.2.1. Analyse de l'intensité de la secheresse



Figure 12 : Variabilité des normales hydrologiques du Sassandra à Piébli (A), de Lobo à Loboville (B) et du N’Zo à Kahin (C).

Les deux normales 1971-2000 et 1981-2010 évoluent simultanément pour les trois régimes climatiques. Ils atteignent leur pic en septembre à Kahin et Piébli puis en octobre à Loboville. Les pics sont 239 m³/s (Normale 1971-2000) ; 320 m³/s (Normale 1971-2000) à Kahin, 773 m³/s (Normale 1971-2000) ; 862 m³/s (Normale 1981-2010) pour Piébli et 70 m³/s (Normale 1971-2000) ; 105 m³/s (Normale 1971-2000) pour Loboville. On note une recrudescence des écoulements. En effet, les écoulements de la normale 1981-2010 sont plus importants que ceux de la normale 1971-2000 de 22% à Kahin, 36% à Loboville et 1% à Piébli.

3.1.2.4. Analyse des décennales hydrologiques



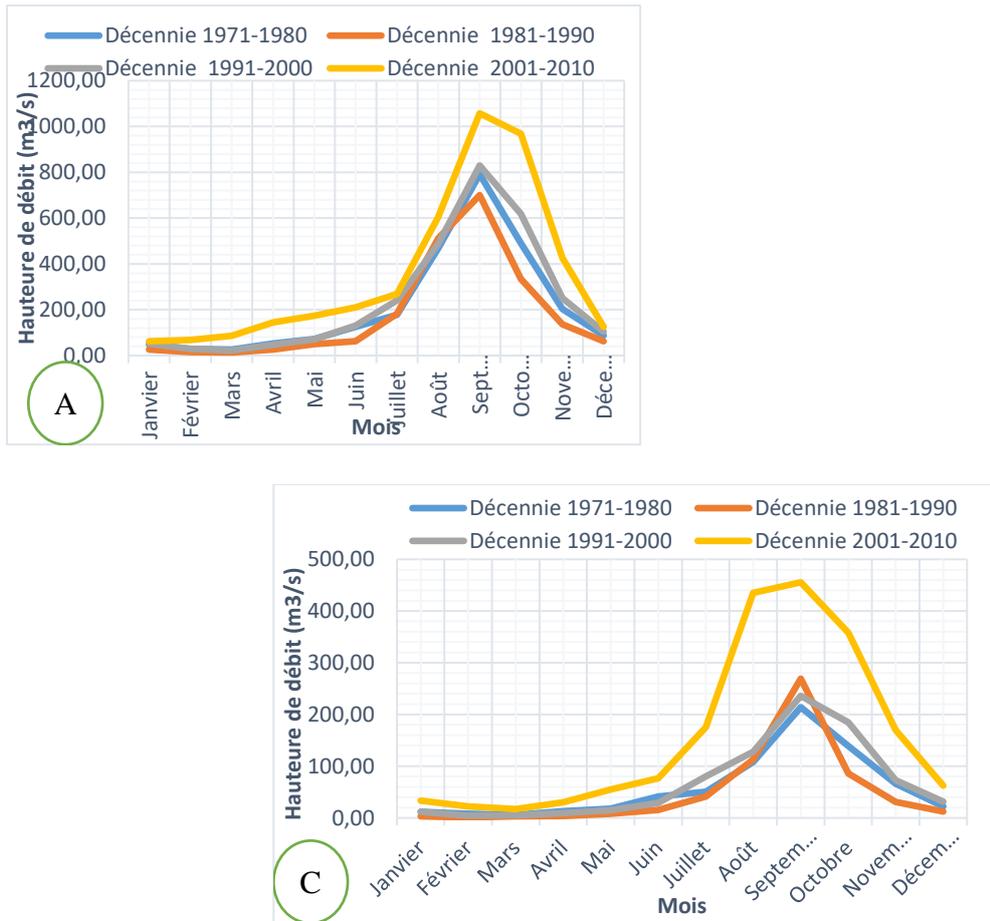


Figure 13 : Variabilité décennale des écoulements du Sassandra à Piébli (A), de la Lobo à Loboville (B) et du N’Zo à Kahin (C).

L’analyse de la variation hydrologique pendant les quatre dernières décennies (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010) (figure 14) indique globalement un regain des écoulements. A Kahin, le débit maximal est passé de 214 m³/s sur la décennie 1971-1980 à 455 m³/s en Septembre sur la période 2001-2010 soit une hausse hydrologique de 52,97% en trois décennies. A Loboville la maximale est passée de 50 m³/s sur la décennie 1971-1980 à la maximale de 155 m³/s en Septembre sur la décennie 2001-2010 soit une hausse hydrologique de 64,52% en trois décennies. A Piébli la maximale est passée de 791 m³/s sur la décennie 1971-2010 à 1057 m³/s en Septembre sur la décennie 2001-2010 soit une hausse hydrologique de 25,16% en trois décennies. La cause de cette hausse est l’augmentation de la pluviométrie au cours des dernières décennies.

3.1.3. Impact de la variabilité du climat sur les écoulements

3.1.4.1. Analyse des écoulements sur les trois sous-bassins versants

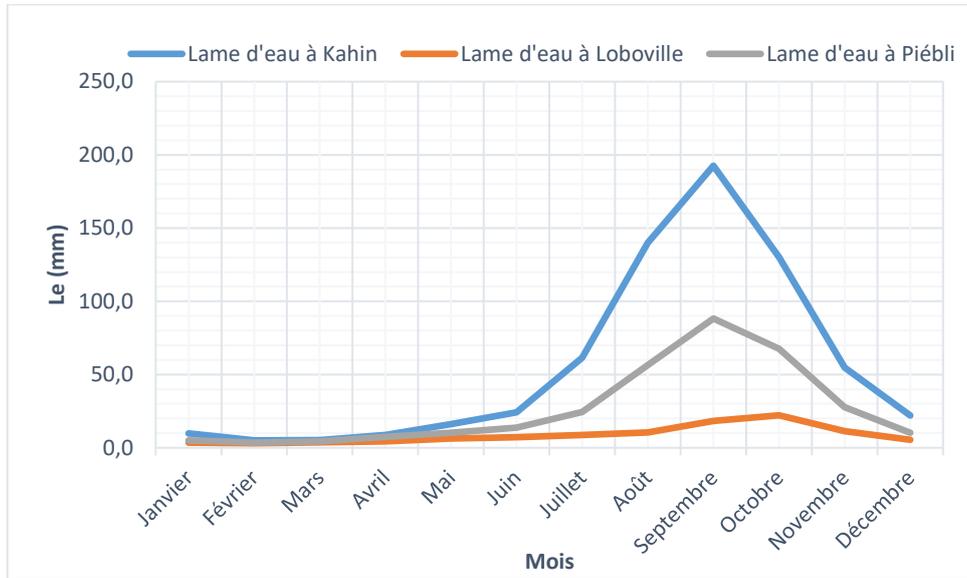


Figure 14 : Evolution de la lame d'eau mensuelle sur la période 1971-2010 à Piébli, Loboville et Kahin.

L'analyse des lames d'eau montre que le N'Zo et le Sassandra Piébli atteignent leur maximum en septembre et la Lobo en octobre. Les maximales sont de 192 ; 88,3 et 22,2 respectivement pour Kahin, Piébli et Loboville. Les crues s'amorcent d'abord sur le N'Zo en avril, ensuite sur le cours d'eau principal en mai et enfin sur la Lobo à mi-mai. L'année hydrologique démarre sur le bassin versant globalement en Mars et prend fin en janvier. Les écoulements atteignent leur bas niveau de février à avril. (Figure 14).

3.1.4.2. Analyse de la variabilité des normales pluviométriques sur les écoulements

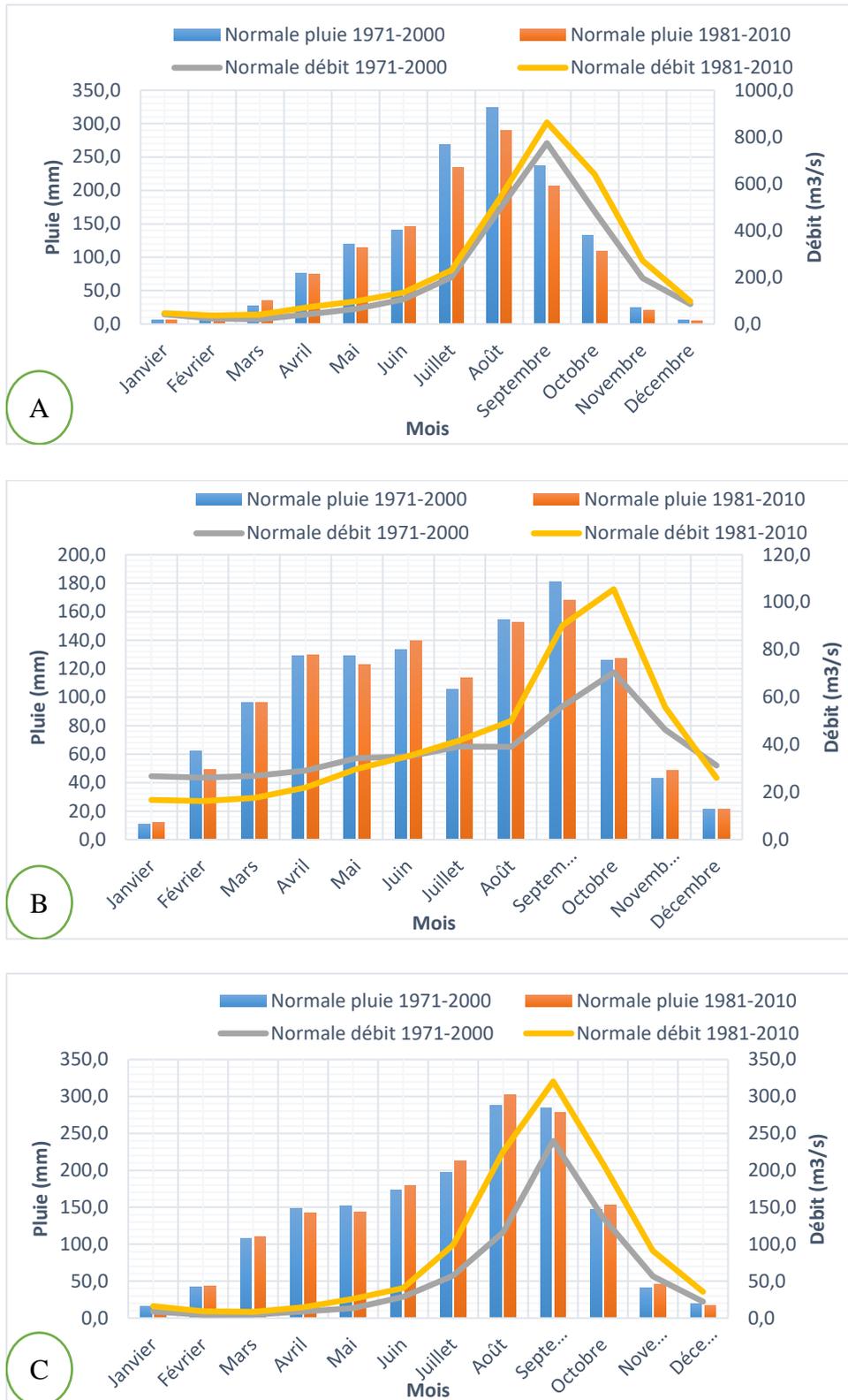


Figure 15 : Impact de la pluie sur les écoulements du bassin versant du fleuve Sassandra à Piébli (A), de la Lobo à Loboville (B) et du N'ZO à Kahin (C).

L'analyse de la Figure 15 montre que la normale pluviométrique 1971-2000 reste au-dessus de la normale 1981-2010 au niveau des trois régimes climatiques, traduisant une baisse de

pluviométrie. Quant aux écoulements, ils connaissent une hausse malgré la baisse de la pluie. Les pics de la saison des pluies sur toutes les stations apparaissent avant ceux des écoulements. A Man et à Odienné, les pics pluviométriques sont obtenus en août et ceux des écoulements en septembre. A Daloa, le pic pluviométrique est atteint en septembre et celui des écoulements en octobre. Ce décalage temporelle des écoulements sur la pluviométrie est la preuve que le temps de concentration maximal des eaux à l'exutoire des bassins versants est atteint après le mois le plus pluvieux.

3.1.4.3. Analyse de l'influence de la pluviométrie décennale sur les écoulements

----- Résultats et discussion -----



Figure 16 : Influence décennale du climat sur le débit du Sassandra à Piébli (A), de la Lobo à Loboville (B) et du N'Zo à Kahin (C) sur les décennies 1971-1980, 1981-1990, 1991-2010 et 2001-2010.

L'analyse de la figure 16 montre globalement qu'à l'échelle décennale, les précipitations connaissent une baisse contrairement aux écoulements qui sont en hausse. La pluviométrie atteint son pic en août à Man et Odienné. A Daloa, le pic est atteint en septembre. Les pics moyens de la pluviométrie sont 302 mm, 176 mm et 305 mm respectivement à Odienné, Daloa et Man. Quant aux écoulements ils atteignent leur pic en Septembre à Kahin et Piébli puis en Octobre à Loboville. Les pics moyens des débits sont 834 m³/s, 91 m³/s et 293 m³/s respectivement à Piébli, Loboville et Kahin.

3.1.4.4. Stabilité du processus de formation de l'écoulement

Tableau XII : Valeurs de β (critère de stabilité) par zone climatique.

	Daloa (Lobo)	Man (N'Zo)	Odienné (Sassandra)
β	1,8	1,5	1,8
Positionnement	$1 < \beta \leq 1,8$	$1 < \beta \leq 1,8$	$1 < \beta \leq 1,8$
Moment trouvé relativement stable	\bar{Q}	-	\bar{Q}

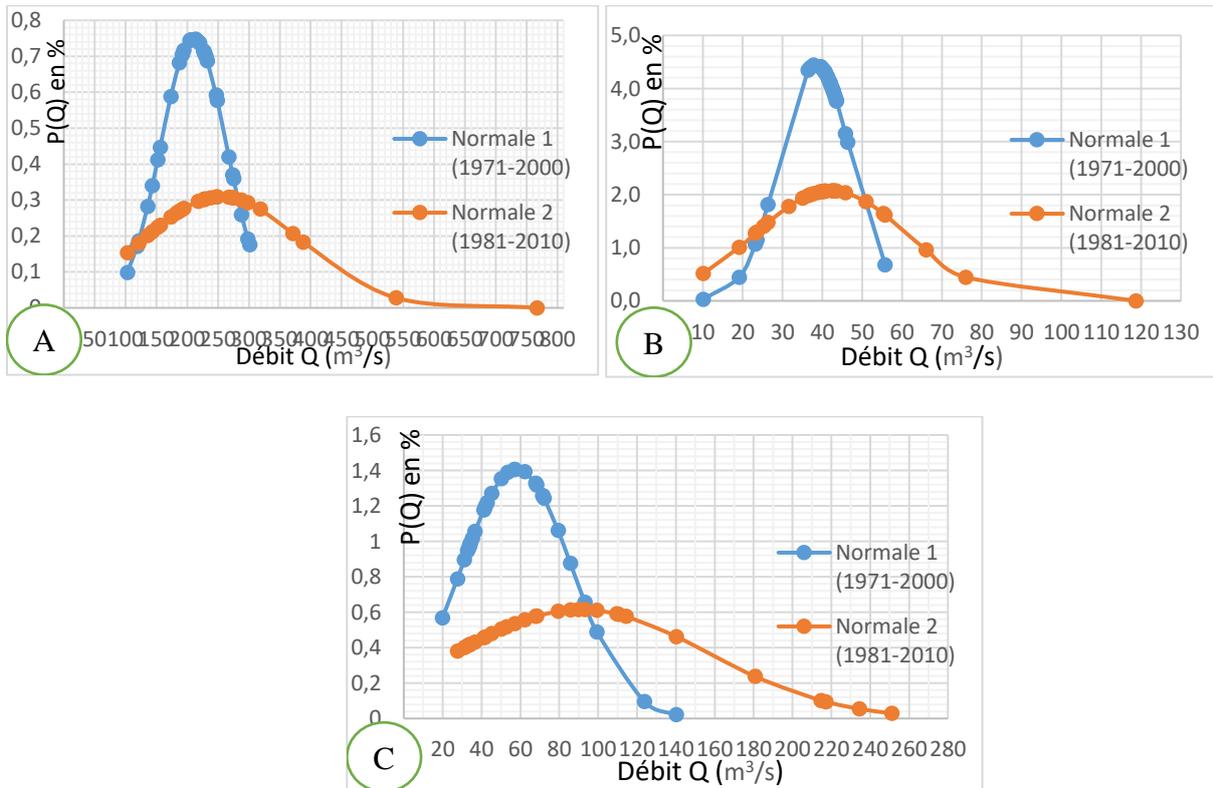


Figure 17 : Densité de Probabilité d'apparition des débits sur le Sassandra à Piébli (A), la Lobo à Loboville (B) et le N'Zo à Kahin (C).

L'observation de la forme de la courbe $P(Q)$ permet d'identifier les valeurs irrégulières des débits et leur fréquence d'apparition, cela dans l'optique d'une prévision optimale. L'évolution de la température dans les trois zones climatiques est reflétée par l'ordre de grandeur des valeurs de β (Tableau XII). La zone la plus chaude est Daloa (voir diagrammes ombro-thermiques figure 8). Elle possède une instabilité plus grande ($\beta = 1,8$). la zone la moins chaude (Man) possède une instabilité faible ($\beta = 1,5$). Dans les trois zones étudiées, l'on constate une instabilité relative de tous les trois moments qui caractérisent la distribution de la densité de probabilité. Cela signale que les conditions extérieures des bassins les influencent dans la formation du débit hydrologique. Il convient de remarquer un saut de la valeur du débit maximal sur les 10 ans de décalage. Les trois zones climatiques sont progressivement favorables à une crue débordante.

Cependant, la courbe de la zone de Man (Figure 17 C) montre une possible stabilité du coefficient d'asymétrie bien que la moyenne et le coefficient de variation se trouvent modifiés. Cette attitude anormale de la zone climatique de Man reste à élucider dans les études prochaines.

3.2. DISCUSSION

L'analyse de l'indice standardisé de précipitations (SPI) calculé sur une échelle de temps mensuelle et annuel des trois régimes climatiques du bassin versant du fleuve Sassandra, a révélé que celui-ci a connu un important déficit pluviométrique après 1970. Ce déficit pluviométrique a connu des pics en 1983 (-1,9) ; 2001 (-1,6) et 2004 (-1,7) respectivement à Man, Daloa et Odienné. Ces pics sont caractérisés par des séquences sévèrement sèches. Ces résultats concordent avec ceux des recherches effectuées par Servat *et al.* (1999), Sighomnou (2004), Goula *et al.* (2006), Soro *et al.* (2014) en Afrique de l'Ouest. Ils sont aussi confirmés par les travaux de Dione (1996), Sagna (2005), Faye (2013), Faye *et al.* (2015) qui ont montré que les décennies 1970, 1980 et 1990 ont été des périodes sèches marquées par un fort déficit pluviométrique. En effet, à Daloa la période 1995-2010 est humide. Quant à l'intensité de la sécheresse, ces analyses montrent qu'elle est sévère sur les trois régimes (Odienné, Daloa et Man). Ce même constat est fait par Soro *et al.* (2014) dans l'extrême Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire.

L'analyse des normales (1971-2000, 1981-2010) et décennales (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010) pluviométriques des régimes tropical de transition (Odienné) et équatorial de transition atténué (Daloa) montre que la pluie a connu une baisse. Ces résultats sont aussi obtenus par Soro *et al.* (2014). Ainsi, bien que la baisse pluviométrique se soit intensifiée à

Odienné et à Daloa au cours des deux normales et des quatre décennies la pluie a connu une normalisation dans la région de Man.

L'analyse des classes de pluie montre que les classes P1 (1 à 10 mm) et P2 (10 à 30 mm) constituent l'essentiel de la pluviométrie sur les trois régions du bassin versant du fleuve Sassandra.

L'analyse des valeurs de l'indice hydrologique normalisé (IHN) à moyen terme a révélé que le bassin versant du Sassandra a connu un important déficit hydrologique après 1970 avec des pics en 1975 (-1), 1983 (-1,2) et 1992 (-1,9) respectivement sur le N'Zo à Kahin, le fleuve Sassandra à Piébli et la Lobo à Loboville. Ces pics ont été caractérisés par des sécheresses de types modéré à Kahin et Piébli puis sévère à Loboville. Ces résultats sont confirmés par les recherches effectuées par Faye *et al.* (2017) en Afrique de l'Ouest. A l'Ouest de la Côte d'Ivoire, les études de Savané *et al.* (2001) ont également mentionné une baisse de la pluviométrie sur la période 1981-2010. Selon ces auteurs, la sécheresse qu'a connue l'Afrique de l'Ouest dans les années 1980 a entraîné des baisses des niveaux des retenus d'eau. Eu égard aux résultats de cette étude, l'intensité de la sécheresse s'est beaucoup accentuée dans les régimes tropicaux de transition et équatorial de transition atténué. En effet, la longue période de sécheresse hydrologique dans le bassin versant est attribuée à l'effet cumulé des fréquences des longues années de sécheresse 1980 et 1990. Ces résultats sont en accord avec ceux de Servat *et al.* (1999) qui ont montré que les déficits des débits moyens annuels sont rarement inférieurs à 30 % et parfois supérieurs à 55 %, voire 60 %.

L'analyse des normales hydrologiques (1971-2000, 1981-2010) montre que la normale 1981-2010 est au-dessus de la normale 1971-2000 sur les trois bassins versants (le fleuve Sassandra à Piébli, la Lobo à Loboville et le N'Zo à Kahin). Cela stipule qu'il y'a une augmentation de débit au niveau des normales. Les débits décennales (1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010) ont connu aussi un regain. Cette augmentation peut être due à la dégradation du couvert végétal. La réduction de la couverture végétale fait augmentée les lames d'eau écoulées sur les bassins versant, ce qui explique l'amélioration des écoulements sur les différents bassins versants. Ces résultats s'inscrivent dans la même gamme que ceux obtenus sur de nombreux petits bassins versants expérimentaux (bassins de Coshocton, bassin de Three Bar, bassin de Réal, bassin d'Andrews Experimental Forest) à la suite de fortes diminution du couvert forestier (Nascimento, 1995) dans ces travaux. La tendance positive de l'écoulement constatée dans le comportement hydrologique des bassins a aussi été mise en évidence par les travaux de plusieurs auteurs par utilisation de modèles pluie-débit (Kouadio, 2011 ; Kuczera, 1987 ; Brandt *et al.*, 1988 ; Cornish, 1993 ; Ouédraogo *et al.*, 1998 ;

Schreider *et al.*, 2002). Des études portant sur les bilans hydrologiques réalisées par Cosandey (1993) et Didon-Lescot (1996) ont relevé qu'après une coupe à blanc de la couverture végétale du bassin versant de la Latte (France) de 1987 à 1989, l'accroissement des écoulements annuels est estimé entre 10 et 15%.

CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre en évidence les perturbations des différents régimes pluviométriques sur les écoulements. Ainsi, avons-nous déterminé les séquences de sécheresses pluviométriques et hydrologiques sur la période d'étude. L'application des indices de sécheresse pluviométriques (SPI) et hydrologiques (IHN) a permis de dégager des périodes de sécheresse. Les sécheresses pluviométriques sont de types sévères et les plus intenses se sont produites en 1983 à Man, 2001 à Daloa et en 2004 à Odienné. Quant aux écoulements, les sécheresses hydrologiques sont de types modéré à Kahin et Piébli puis sévère à Loboville. Les sécheresses les plus intenses se sont produites en 1975 sur le N'Zo à Kahin, en 1983 sur le Sassandra à Piébli et en 1992 sur la Lobo à Loboville.

On note en effet, une baisse pluviométrique à Daloa et à Odienné en passant de la normale 1971-2000 à celle de 1981-2010. Consécutivement à cette baisse pluviométrique, les écoulements connaissent un regain sur les mêmes normales de la Lobo à Loboville, du Sassandra à Piébli et du N'Zo à Kahin. On retient aussi de cette étude que la lame d'eau écoulée du N'Zo à Kahin apparaît d'abord avec une intensité plus importante suivie de celle du Sassandra à Piébli et enfin celle de Lobo à Loboville.

Le critère de stabilité dans la formation des écoulements montre que la localisation des bassins de Sassandra (Odienné) et Lobo (Daloa) dans une zone climatique chaude, entraînent une instabilité de son processus hydrologique plus que celle de N'Zo (Man). La dernière présente cependant une irrégularité dans la forme de la densité de probabilité qui mérite une attention particulière. Sur seulement 10 années de décalage, on obtient $\beta = 1,8$; $\beta = 1,5$ et $\beta = 1,8$ respectivement pour Daloa, Man et Odienné.

En perspectives, nous souhaitons :

- faire une étude de l'impact des régimes pluviométriques sur les ressources en eau à long terme (trois normales) ;
- faire une étude spécifique en intégrant les niveaux d'eau nécessaires pour produire l'énergie hydraulique au niveau des barrages de Buyo et Soubré ;
- étendre cette étude sur d'autres bassins versant de la Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- Agbri L., Bamba S., Doumouya I. & Savane I. (2010). Bilan des flux de matières particulaires et dissoutes du Sassandra à Gaoulou pont (Côte d'Ivoire). *Sciences & Nature*, 7(2) : 107– 118.
- Amani M.K., Koffi F.K., Yao B.K., Kouakou B.D., Jean E.P. & Sekouba O. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeog : European Journal of Geography*, 513 : 2-7.
- Ardoin B.S. (2004). Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II (France), 440 p.
- Ardoin B.S., Dezetter A., Servat E., Bocquillon C. (2001). Redéfinition des fonctions de production des modèles globaux de relation pluie-débit en milieu semi-aride africain : Definition of new loss functions for lumped rainfall-runoff models in semiarid African environment. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, 10 (333) : 611-616.
- Bamba F., Mahe G., Bricquet J.P. & Olivry J.C. (1996). Changements climatiques et variabilité des ressources en eau des bassins du haut niger et de la cuvette lacustre. XII èmes journées hydrologiques de l'orstom, montpellier, 27 p.
- Bourgin P.Y. & Riffard-Chenet M. (2015). Etat et perspectives d'aménagement du bassin du Sassandra en Côte d'Ivoire. Conférence Internationale sur l'hydrologie des grands bassins Africains Hammamet, Tunisie 26-30 Octobre 2015, pp 1-24.
- Brandt M., Bergström S., Gardelin M., 1988- Modelling the effects of clearcutting on runoff - examples from central Sweden. *Ambio*, 17(5) : 307-313.
- Camus H. (1969). Hydrologie du bassin du Sassandra. Adiopodoumé: ORSTOM, 61 p.
- Cosandey C. (1993). Conséquences hydrologiques d'une coupe forestière. Le cas du bassin de la Latte (MontLozère, France). In : L'eau, la terre et les hommes, Hommage à René Frécaut, Griselin M. édit., Presses Universitaires de Nancy, pp 355-363.
- Didon-Lescot J. F. (1996). Forêt et développement durable au MontLozère. Impact d'une plantation de résineux, de sa coupe et de son remplacement, sur l'eau et sur les réserves minérales du sol. Thèse de Doctorat, Université d'Orléans (France), 161 p.

- Dione O. (1996). Evolution climatique récente et dynamique fluviale dans les hauts bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Thèse de Doctorat, Université Lyon 3 Jean Moulin (France), 477 p.
- Faye C. (2013). Evaluation et gestion intégrée des ressources en eau dans un contexte de variabilité hydroclimatique : cas du bassin versant de la Falémé. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 309 p.
- Faye C., N'diaye A. & M'baye I. (2017). Une évaluation comparative des séquences du stress hydrique et de la sécheresse par indicateurs et par échelles de temps dans le bassin du Bafing en amont de Manantali. *Journal of Water and Environmental Sciences*, 1(1) : 11-28.
- Faye C., Sow A.A & N'dong J.B. (2015). Étude des sècheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sècheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement.*, 9 : 17-35.
- Girard G., Sircoulon J. & Touchebeuf P. (1970). Aperçu sur les régimes hydrologiques de Côte d'Ivoire. Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer : 56 p.
- Goula B. T. A., Kouassi F. W., Fadika V., Kouakou K. E., Kouadio G.B, Koffi K., Kamagaté B., Doumouya J. & Savané I. (2009). Impacts du changement et de la variabilité climatiques sur les eaux souterraines en zone tropicale humide : Cas de la Côte d'Ivoire. IAHS Publ. No. 334, pp 190-202.
- Goula B.T.A., Savané. I., Konan B., Fadika B. & Kouadio G.B., (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *Vertigo*, 7 (1) : 12.
- Jouilil I., Bitar K., Salama H., Amraou I., Mokssit A. & Tahiri M. (2013). Sécheresse météorologique au bassin hydraulique Oum Er RBIA durant les dernières décennies, *Larhys. J.*, 12 : 109-127.
- Jourda J.P.R. (2009). Etude de faisabilité des forages manuels en Côte d'Ivoire : collecte, organisation et analyse des données en vue de la définition des zones favorables. Rapport Préliminaire, UFR-STRM, Laboratoire de Télédétection et de l'Analyse spatiale Appliquée à l'Hydrogéologie (Abidjan, Côte d'Ivoire), 54 p.

- Kadio E. (1989). Etudes géologiques et géochimiques des occurrences nickélicifères, super gènes au nord-ouest de Biankouma (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 270 p.
- Konan B. (2001). Modélisation et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant duSassandra (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat 3ème cycle, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 146 p.
- Kouadio Z.A. (2011). Dynamique de l' occupation du sol et comportement hydrologique : cas des bassins versants cotiers de l' agneby et du boubo (cote d' ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Science et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 198 p.
- Kouakou K.E. (2011). Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant de la Comoé. Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 186 p.
- Kouassi A.M., Kouamé K.F., Yao B.K., Kouakou B.D., Paturel J.P. & Sekouba O. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire , *Cybergeo : European Journal of Geography*, 513 : 57.
- Kovalenko V.V, Viktorova N.V., Gajdukova E.V. (2006). Modelisation des processus hydrologiques. Deuxième Edition, Manuel corrigé et complété. – St-Peter. : Edition UEHMR, 559 p.
- Kuczera G., (1987). Prediction of water yield reductions following a bushfire in ash-mixed species eucalypt forest. *Journal of Hydrology*, 94, pp. 215-236.
- Mckee T.B., Doesken N.J. & Kleist J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Actes de la 8th Conference on Applied Climatology : pp 179-184.
- Nascimento, N O. (1995). Appréciation à l'aide d'un modèle empirique des effets d'action anthropiques sur la relation pluie-débit à l'échelle du bassin versant. Thèse de Doctorat, CERGRENE/ENPC (Paris, France), 550 p.
- Ouédraogo M. (2001). Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse

- persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II (Montpellier, France), 258 p.
- Ouedraogo M., Servat E., Paturel J. E., Lubès-Niel H. et Masson J. M., (1998). Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit autour des années 1970 en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne. *IAHS Publication*, n°252, pp. 315-321.
- Paturel J. E., Servat E., Kouamé B., Lubès N.H., Ouedraogo M & Masson J.M. (1997). Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea Part II: an integrated regional approach. *Journal of hydrology*, 191 : 16-36.
- Sagna P. (2005). Dynamique du climat et de son évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 786 p.
- Savané I, Coulibaly, K.M. & Gioan. P. (2001). Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. *Sécheresse*, 12(4) : 231-237.
- Servat E., Paturel J. E., Kouamé B., Travaglio M., Ouedraogo M., Boyer J. F., Lubès-Niel H., Fritsch J. M., Masson J. M. & Marieu B., (1999). Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. *IAHS Publication*, 252 : 323-337.
- Servat E., Paturel J.E., Kouamé B., Travaglio M., Ouedraogo M., Boyer J. F., Lubès-Niel H., Fritsch J.M., Masson J.M., Marieu B. (1998). Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale, *IAHS Publication*, 252 : 323-337.
- Sharma T.C. & Panu U.S. (2010). Analytical procedures for weekly hydrological droughts: a case of Canadian rivers. *Hydrological Sciences Journal*, 55(1) : 79-92
- Sighomnou D., (2004). Analyse et redéfinition des régimes climatiques et Hydrologiques du Cameroun : perspectives d'évolution des ressources en eau. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé 1, Département des Sciences de la Terre (Cameroun), 291 p.
- Soro G. E. (2011). Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), 172 p.

- Soro G. E., Anouman D.G.L., Goula B.T. A., Shrohorou B. & Savane I. (2014). Caractérisation des séquences de sécheresse météorologique a diverses échelles de temps en climat de type soudanais : cas de l'extrême Nord-ouest de la cote d'ivoire. *Larhyss J.*, 18 :107-124.
- Sorokoby V.M. (2013). Étude hydrologique et hydrogéologique de la région de Soubré (SudOuest de la Côte d'Ivoire) dans un contexte de variabilité climatique. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 164 p.
- Yao A.B. (2015). Evaluation des potentialités en eau du bassin versant de la Lobo en vue d'une gestion rationnelle (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 192 p.
- Yéo N.S. (2020). Caractérisation de la variabilité hydrologique du fleuve Sassandra au barrage hydroélectrique de Soubré (Sud-Ouest, Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Génie de l'Eau et de l'Environnement, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa (Côte d'Ivoire), 60 p.

Résumé

Le but de ce mémoire est d'analyser l'impact de la variabilité des ressources en eau sur le bassin versant du fleuve Sassandra à Buyo et à Soubré, Côte d'Ivoire sur la période 1971-2010. La méthodologie utilisée est basée sur l'étude des indices de détections de la sécheresse pluviométrique et hydrologique tels que l'indice standardisé de précipitation (SPI), l'Indice Hydrologique Normalisé (IHN). La méthodologie a aussi porté sur l'étude des normales pluviométriques et hydrologique puis décennale et le critère de stabilité des bassins versants. Les indices de sécheresses ont indiqué les différentes sècheresses et les années les plus sèches de la période de l'étude. Les années les plus sèches sont 1983, 2001, 2004 et 2006 au niveau de la pluie puis 1975, 1983 et 1992 au niveau des débits. Les normales pluviométriques montrent que la normale 1971-2000 est au-dessus de la normale 1981-2010 à Daloa et Odienné. Au niveau hydrologique la normale 1981-2010 a connu un regain par rapport à la normale 1971-2000 sur la Lobo à Loboville, le Sassandra à Piébli et le N'Zo à Kahin. La stabilité moyenne du processus de formation de l'écoulement de l'eau est de 1,8 sur la Lobo et le Sassandra puis de 1,5 sur le N'Zo.

Mots clés : sécheresse pluviométrique, sécheresse hydrologique, régimes pluviométriques, fleuve Sassandra, Côte d'Ivoire.

Abstract

The purpose of this memory is to analyze the impact of the variability of water resources on the watershed of the Sassandra River at Buyo and Soubré, Côte d'Ivoire over the period 1971-2010. The methodology used is based on the study of rainfall and hydrological drought detection indices such as the Standardized Precipitation Index (SPI), the Normalized Hydrological Index (IHN). The methodology also focused on the study of rainfall and hydrological then decennial norms and the watershed stability criterion. The drought indices indicated the different droughts and the driest years of the study period. The driest years are 1983, 2001, 2004 and 2006 in terms of rainfall, then 1975, 1983 and 1992 in terms of flows. The rainfall normals show that the 1971-2000 normal is above the 1981-2010 normal at Daloa and Odienné. At the hydrological level, the 1981-2010 normal experienced an improvement over the 1971-2000 normal over Lobo to Loboville, the Sassandra to Piébli and the N'Zo to Kahin. The average stability of the water flow formation process is 1.8 on the Lobo and Sassandra and then 1.5 on the N'Zo.

Keywords: Pluviometric drought, hydrological drought, rainfall regimes, Sassandra river, ivory coast.