

## Caractérisation De La Sécheresse Hydrologique Dans La Région De La Marahoué (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire)

N'gnessan Bi Vami Hermann<sup>1,2</sup>, Saley Mahaman Bachir<sup>1,2</sup>,  
Oga Yeï Marie Solange<sup>1</sup>, Yapi Assa Fabrice<sup>1</sup>,  
Kouadio Boyossoro Hélène<sup>1,2</sup> Biemi Jean<sup>1,2</sup>, Kouadio Affian<sup>1,2</sup>

*1*Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement Université Felix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire  
*2*Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) Université Felix Houphouët-Boigny, 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Corresponding author : N'GNESSAN Bi Vami Hermann

---

### Abstract

**Résumé :** La région de la Marahoué située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire est une zone à forte activité agricole. A l'instar des autres régions du pays, elle a connu une alternance de périodes humides et sèches, ce qui rend difficile la gestion des ressources en eau dans les systèmes fluviaux. Le but de cet article est donc d'analyser la dynamique hydrologique de la région à travers l'évolution du débit de la Marahoué au niveau des stations hydrométriques de Zuénoula (1982-2004) et de Bouaflé (1955-2004). La méthodologie utilisée est basée sur l'étude des fluctuations des débits journalières de ces stations. Ensuite une étude du régime de l'écoulement, conduite par l'analyse de la relation pluie-débit, a été faite. Une étude de la variation des coefficients de tarissement et de volume d'eau mobilisé a été également réalisée. La méthodologie a aussi porté sur l'analyse des indices de détection de la sécheresse hydrologique tels que l'indice hydrologique normalisé (IHN), l'indice de sécheresse des débits (ISD) et l'indice logarithme décimal des déviations hydrologiques (ILDH). L'analyse à partir des débits moyens journaliers, a révélé que le régime du cours de la Marahoué se décompose en une seule phase de crue de longue durée et une phase de décrue de courte durée. L'analyse de la relation pluie-débits a montré une tendance synchrone sur toute la chronique d'étude. À Zuénoula les valeurs moyennes du coefficient de tarissement et du volume d'eau mobilisé sont respectivement  $2,31 \cdot 10^{-2} j^{-1}$  et  $1,33 \text{ km}^3$ . Et à Bouaflé ces valeurs sont respectivement  $2,28 \cdot 10^{-2} j^{-1}$  et  $1,90 \text{ km}^3$ . Les indices de sécheresse hydrologique indiquent que les sécheresses les plus remarquables de par leur intensité, leur durée et leur fréquence se sont produites à partir de l'année 1970. Ces épisodes sèches ont été plus ressenties dans la zone d'étude en 1983 avec une sécheresse de type sévère.

**Mots-clés :** changement climatique, indices de sécheresse hydrologique, Marahoué, Côte d'Ivoire.

---

Date of Submission: 16-12-2017

Date of acceptance: 03-01-2018

---

### I. Introduction

La sécheresse est un phénomène naturel apparaissant dans toutes les régions du monde et particulièrement en Afrique de l'Ouest [1], [2]. Elle est une des conditions climatiques extrêmes affectant plus de personnes que toute autre forme de catastrophe naturelle [3]. Depuis les dernières décennies, l'occurrence d'importantes sécheresses occupant de grands territoires sur tous les continents souligne l'importance de ce phénomène [4]. Les pays en voie de développement tout comme les pays industrialisés en sont touchés. Dans les pays sous-développés, les effets peuvent être désastreux [5]. La sécheresse est liée à un manque ou une baisse de la pluviométrie dans une région donnée. Ceci a pour conséquences de sérieux problèmes de manque d'eau à certaines périodes de l'année dans diverses régions de la Côte d'Ivoire et particulièrement dans la région de la Marahoué qui est une zone à forte activité agricole [6]. À l'instar des autres régions du pays, elle connaît des perturbations climatiques suscitées par la détérioration des paramètres climatiques en occurrence les précipitations ce qui rend difficile la gestion des ressources en eau dans les systèmes fluviaux. Le but de cet article est donc d'analyser la dynamique hydrologique de la région à travers l'évolution des débits journalières de la Marahoué au niveau des stations hydrométriques de Zuénoula et de Bouaflé afin de mettre en évidence les effets de la sécheresse sur le régime hydrologique des cours d'eau de la zone d'étude.

### 1.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 5°15' et 6°30' Ouest et les latitudes 6°00' et 8°00' Nord (Fig. 1). Du point de vue administratif, la zone est limitée au Nord par la Région du Béré, au Sud par la Région du Gôh, à l'Est par les Régions du Gbêkê et du Bélier, à l'Ouest par la Région du Haut-Sassandra. À la jonction entre zone de forêt et zone des savanes, la région de la Marahoué couvre une superficie de 9 092,48 km<sup>2</sup> dont 4 222,48 km<sup>2</sup> pour le département de Bouaflé, 3 252 km<sup>2</sup> pour le département de Zuénoula et 1 618 km<sup>2</sup> pour le département de Sinfra. Le relief de la région, relativement plat, est composé de bas plateaux avec quelques bas-fonds et de collines dont l'altitude moyenne est de 260 mètres. Le Climat est de type baouléen et caractérisé par deux (02) grandes saisons alternées par deux (02) petites : une grande saison sèche (de décembre à fin février), une grande saison de pluie (de mars à juin), une petite saison sèche (de juillet à août) et une petite saison de pluie (de septembre à novembre), [7]. La Région est drainée par le fleuve Bandama rouge qui fait office de frontière naturelle sur le côté Est, ensuite la Marahoué qui traverse la majeure partie de la zone d'étude, et les rivières Baha, Ouréné, Bôlè, Zabré, Bouré, Dromonyi, Houda et Tenéré. Le relief de la zone d'étude, est relativement plat. Il est composé de bas plateaux avec quelques bas-fonds et de collines dont l'altitude moyenne est de 260 mètres. Cependant, des altitudes exceptionnelles de plus de 480 m ont été observées dans les localités de Bouaflé et de Konefla.

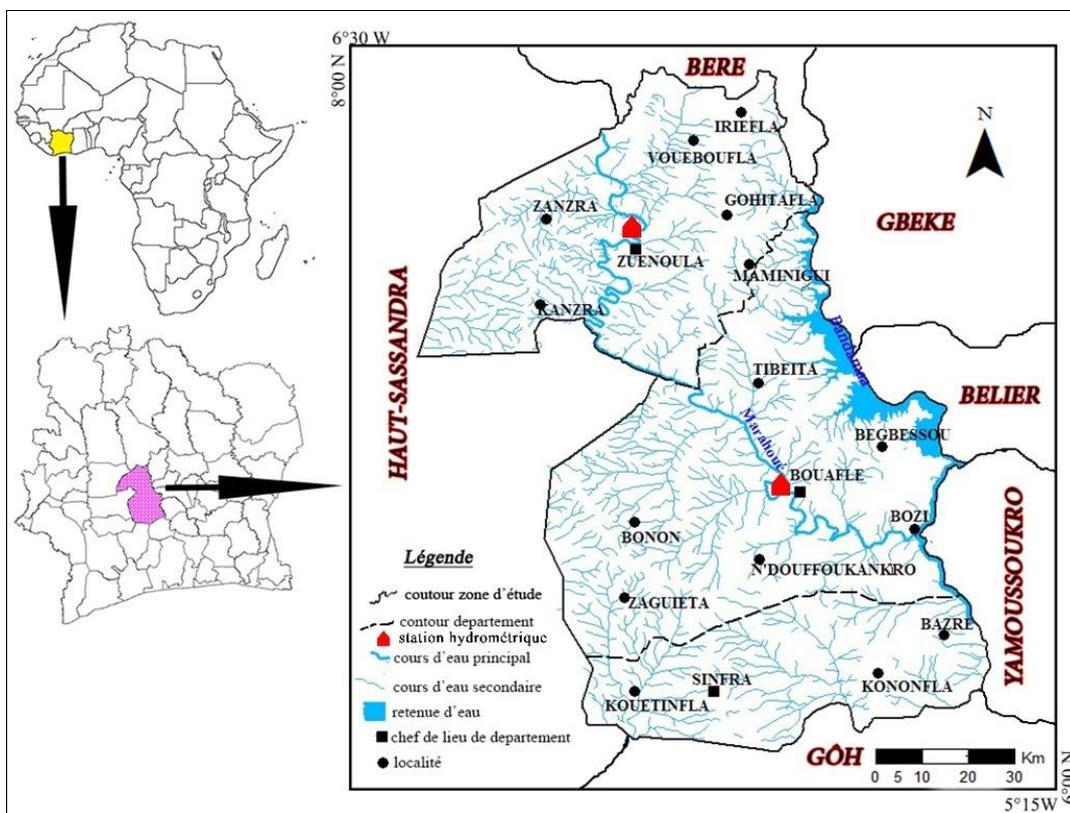


Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude.

## II. Données Et Méthodes

### 2.1 Données

Les données de base utilisées pour mener à bien ce travail, sont constituées de relevés hydrométriques journaliers provenant de la station hydrométrique de Zuénoula (1982-2004) et de celle de Bouaflé (1955-2004), soient respectivement une chronique de 23 ans et 50 ans d'observation. Ces données ont été mise à notre disposition par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP). Des données pluviométriques annuelles ont été également utilisées en vue de mettre en évidence la relation pluie-débit au niveau des dites stations hydrométriques.

### 2.2 Méthodes d'analyse des effets de la sécheresse sur les eaux de surface

L'évaluation du risque de sécheresse sur la zone d'étude a induit l'analyse de son impact sur les ressources en eau de surface. Cette analyse a consisté à l'étude des fluctuations des débits journalières de la Marahoué au niveau de la station de Zuénoula (1982-2004) et de la station de Bouaflé (1955-2004). Ensuite une

étude du régime de l'écoulement, conduite par l'analyse de la relation pluie-débit, a été réalisée. Une étude de la variation des coefficients de tarissement et de volume d'eau mobilisé a été également réalisée. L'analyse a été faite en utilisant des indices de détection de la sécheresse hydrologique tels que de l'indice hydrologique normalisé (IHN), de l'indice de sécheresse des débits (ISD) et de l'indice logarithme décimal des déviations hydrologiques (ILDH).

### 2.3 Calcul du coefficient de tarissement

Le risque de sécheresse sur les ressources en eau est évalué par calcul des coefficients de tarissement à l'aide de la méthode dichotomique et par la quantification des volumes d'eau mobilisés par les aquifères [8], [9], [10]. Le tarissement se définit comme étant la décroissance du débit d'eau souterraine allant aux eaux de surface pendant les périodes sans alimentation, due à la diminution de la réserve d'eau souterraine et exprimée par la courbe de tarissement. En d'autres termes, c'est la période pendant laquelle la vidange des nappes souterraines constitue la seule contribution à l'écoulement des cours d'eau d'un bassin. Selon [11], le coefficient de tarissement permet d'apprécier l'état des « entrées » d'eau qui contribueraient à la modification apparente des relations pluie/débit observées sur les bassins fluviaux. Il permet ainsi de comparer l'évolution de l'eau de surface et le stockage de l'aquifère afin de mieux cerner le comportement du réservoir de vidange. Le coefficient de tarissement (k) dépend des caractéristiques physiques et géométriques de l'aquifère. Il est déterminé par la méthode de Maillet, améliorée par résolution dichotomique par [12]. L'expression mathématique du tarissement est donnée par l'équation 1 :

$$Q_t = Q_0 e^{-kt} \tag{1}$$

où

$Q_t$  = débit à l'instant t donné ;

$Q_0$  = débit initial (débit au début du tarissement) ;

t = temps en jour ;

k = coefficient de tarissement de Maillet.

Il peut être obtenu en résolvant par dichotomie l'équation 2 :

$$\frac{e^{-kt}}{k} + \frac{V}{Q_0} - \frac{1}{k} = 0$$

(2)

avec :

V = le volume d'eau écoulé à chaque instant ( $m^3$ ).

L'expression de la durée de tarissement T (en jours) peut être formulée par l'équation 3 [2] :

$$T = \frac{1}{k}$$

(3)

Pour construire les courbes de tarissement, les débits sont portés en abscisse et le temps en ordonnées. Le débit journalier le plus élevé de l'année est considéré comme débit initial noté ( $Q_0$ ). À partir de  $Q_0$ , une série de débits est constituée en relevant des débits ( $Q_i$ ) suivant un pas de temps de dix (10) jours, jusqu'à ce qu'ils remontent de façon significative [12], [13]. Les courbes de tarissement vont correspondre aux périodes pendant lesquelles le débit décroît de façon plus ou moins régulière (régime non influencé), c'est-à-dire en absence de toute précipitation.

#### 2.3.1 Calcul du volume d'eau mobilisé par les aquifères

Le volume d'eau mobilisé par l'ensemble des aquifères est ainsi obtenu à partir d'une intégration de la formule de l'équation 4 sur l'intervalle 0 à  $+\infty$  :

$$V_{\text{mobilisé}} = \int_0^t Q_0 e^{-kt} dt = \frac{86400 \cdot Q_0}{k}$$

(4)

avec :

$Q_0$  = débit initial (débit au début du tarissement), exprimé en  $m^3/s$  ;

k = coefficient de tarissement de Maillet, exprimé en  $\text{jours}^{-1}$ .

Les volumes d'eau mobilisés par les aquifères calculés ont été représentés graphiquement au pas de temps annuel à partir du tableur Excel.

#### 2.3.2 Méthode des indices de sécheresse Hydrologique

##### 2.3.2.1 Indice hydrologique normalisé (IHN)

L'indice hydrologique normalisé (IHN) est analogue à l'indice standardisé des précipitations [14], [15]. Ainsi, il a été développé en vue de quantifier le déficit hydrologique pour des échelles de temps multiples qui

vont refléter l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau pour une période donnée [16]. Il est exprimé mathématiquement par l'équation 5 :

$$IHN = \frac{D_i - D_m}{S} \quad (5)$$

avec :  $D_i$  : le débit du mois ou de l'année  $i$  ;  $D_m$  : le débit moyen de la série sur l'échelle temporelle considérée ;  $S$  : l'écart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

Étudier cet indice permet également de distinguer les mois et années secs (déficitaires) des mois et années humides (excédentaires). Une sécheresse sévit lorsque l'IHN est consécutivement négatif et que sa valeur atteint une intensité de -1 ou moins et se termine lorsque l'IHN devient positif. On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs de l'IHN (Tableau 1).

**Tableau 1.** Classification des séquences de sécheresse selon l'IHN

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

### 2.3.2.2 Indice de sécheresse des débits (ISD)

L'indice de sécheresse des débits (ISD) est analogue à l'indice Bhalme et Mooley [17] qui représente le pourcentage d'écart de la pluie à la moyenne sur le long terme. L'ISD encore appelé l'écart moyen du débit (EMD) est utilisé pour déterminer la réaction du fleuve face au déficit pluviométrique [18] et permet de déterminer les déficits et variations du débit [19]. Il est calculé selon l'équation 6 :

$$ISD = \left( \frac{D_i}{D_m} \right) - 1$$

(6)

Avec :  $D_i$  : le débit du mois ou de l'année  $i$  ;  $D_m$  : le débit moyen de la série sur l'échelle temporelle considérée. Cette méthode consiste à mettre en relief les périodes durant lesquelles les apports du bassin sont significativement inférieurs par rapport à l'apport moyen mensuels. Par rapport à la classification de cet indice : si l'ISD est supérieur à 1, la période est humide ; si l'ISD est égal à 0, la période est moyennement normale ; si l'ISD est inférieur à 0, la période est sèche. Indice logarithme décimal des déviations hydrologiques (ILDH)

Le pourcentage des débits représente peut-être la plus simple méthode employée pour exprimer le déficit hydrologique d'une période par le rapport entre les débits effectifs et la moyenne pluriannuelle pour cette période [20]. Comme l'expression graphique du rapport n'est pas suffisamment suggestive pour nuancer les déviations maximales, l'indice logarithme décimal des déviations hydrologiques (ILDH) est calculé de l'équation 7 :

$$ILDH = \log (D_i / D_m)$$

(7)

Avec :  $D_i$  : le débit du mois ou de l'année  $i$  ;  $D_m$  : le débit moyen de la série sur l'échelle temporelle considérée. L'ILDH met beaucoup mieux en évidence l'excédent ou le déficit hydrologique, avec une bonne tendance de mettre en évidence les extrêmes positives ou négatives. On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs de l'ILDH (Tableau 2).

**Tableau 2.** Classification des séquences de sécheresse selon l'ILDH

Valeur de l'ILDH	Séquence de sécheresse	Valeur de l'ILDH	Séquence humide
0,00 < ILDH < -0,99	Modérément sèche	0,00 < ILDH < 0,99	Modérément humide
-1,00 < ILDH < -1,99	Fortement sèche	1,00 < ILDH < 1,99	Fortement humide
ILDH < -2,00	Extrêmement sèche	2,00 < ILDH	Extrêmement humide

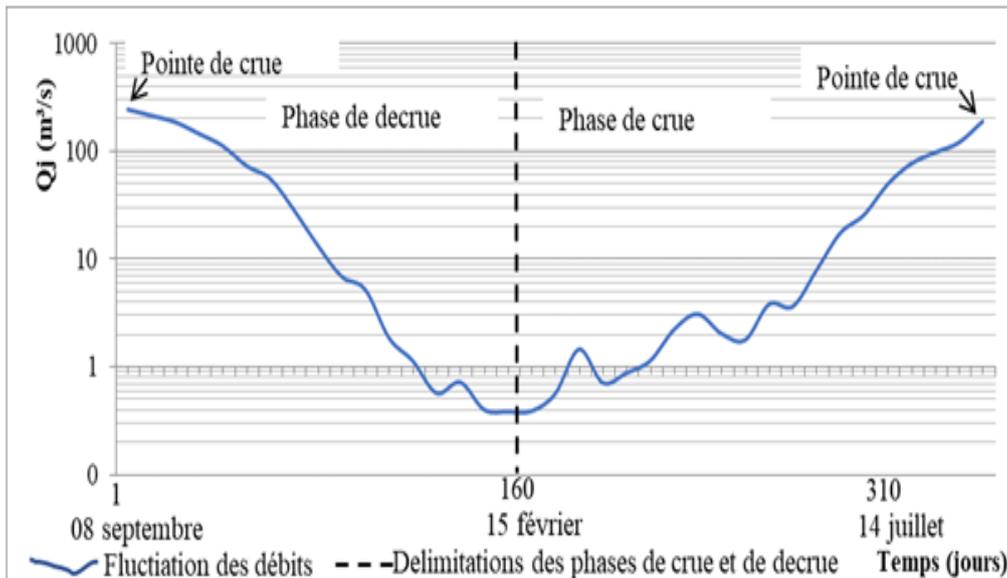
## III. Résultats Et Discussions

### 3.1 Résultats

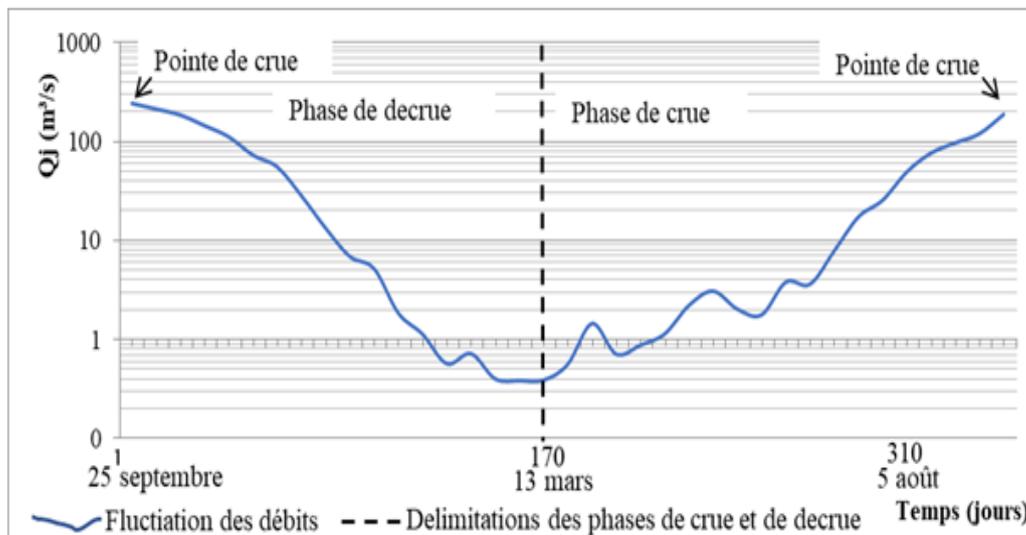
#### 3.1.1 Analyse du régime des cours d'eau

L'évolution interannuelle des débits moyens journaliers de la Marahoué, illustrée par les figures 2 et 3, se décompose en une seule phase de crue de longue durée et une phase de décrue (étiage) de courte durée. À la station de Zuénoula (figure 2), la phase de crue s'étend du 15 février au 08 septembre. Elle est marquée par un débit journalier moyen optimum ou débit de pointe de 244,26 m<sup>3</sup>/s. La phase de décrue, exprimant un tarissement, commence à partir du 08 septembre après la production de la pointe de crue pour prendre fin le 15 février, avec un débit journalier moyen de 0,38 m<sup>3</sup>/s. À la station de Bouaflé (figure 3), la phase de crue commence à partir du 13 mars au 25 septembre. Elle est marquée par un débit journalier moyen optimum ou

débit de pointe de 244,26 m<sup>3</sup>/s. La phase de tarissement est observée à partir du 25 septembre après la production de la pointe de crue pour prendre fin le 13 mars, avec un débit journalier moyen de 1,56 m<sup>3</sup>/s.



**Fig. 2 :** Fluctuation des débits moyens journaliers interannuels à la station de Zuénoula (1982-2004)



**Fig. 3 :** Fluctuation des débits moyens journaliers interannuels à la station de Bouaflé (1955-2004)

### 3.1.2 Analyse de la relation pluie-débits

Les fluctuations moyennes annuelles des débits ou lames d'eau écoulées, couplées à celles des précipitations moyennes annuelles sur la chronique commune aux données hydrométriques et pluviométriques, c'est-à-dire la période 1982-2000 pour la station de Zuénoula et 1955-2000 pour la station de Bouaflé, sont respectivement illustrées par les figures 4 et 5. À la station de Zuénoula (figure 4), une tendance synchrone se dégage de l'analyse des fluctuations des pluies (lame d'eau précipitée) et des débits (lame d'eau écoulée) sur toute la chronique. Cette tendance synchrone de la relation pluie-débit est exprimée par l'augmentation des débits en période de pluviométrie excédentaire et par la baisse des débits en période de déficit pluviométrique. Cette tendance a été également observée sur toute la chronique d'étude à la station de Bouaflé (figure 5).

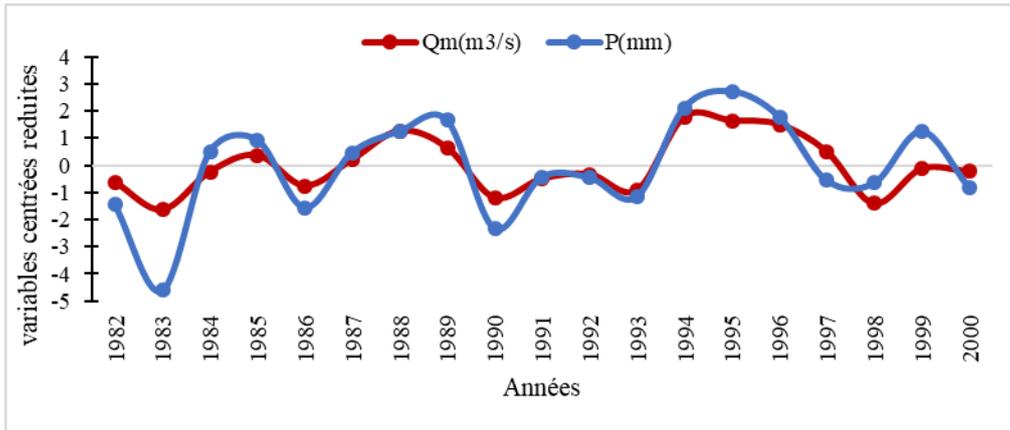


Fig. 4 : Analyse détaillée de l'évolution de la relation pluie-débit à la station de Zuénoula (1982-2000)

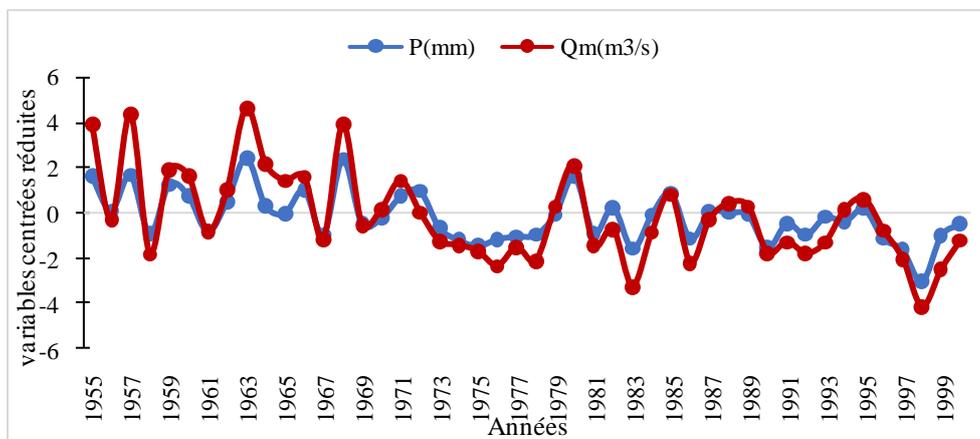


Fig.5 : Analyse détaillée de l'évolution de la relation pluie-débit à la station de Bouaflé (1955-2000)

### 3.1.3 Coefficients de tarissement et volumes d'eau mobilisés

Au niveau de la station de Zuénoula sur la Marahoué, les coefficients de tarissement ( $k$ ) oscillent entre  $1,37.10^{-2}j^{-1}$  et  $3,69.10^{-2}j^{-1}$ , avec une valeur moyenne de  $2,31.10^{-2}j^{-1}$ . Les volumes d'eau mobilisés varient entre 0,08 et  $2,67 \text{ km}^3$ , avec une moyenne de  $1,33 \text{ km}^3$ . Une baisse du coefficient de tarissement est enregistrée à Zuénoula, ce qui a entraîné une augmentation des volumes d'eau mobilisés à partir de 1992 (figure 6).

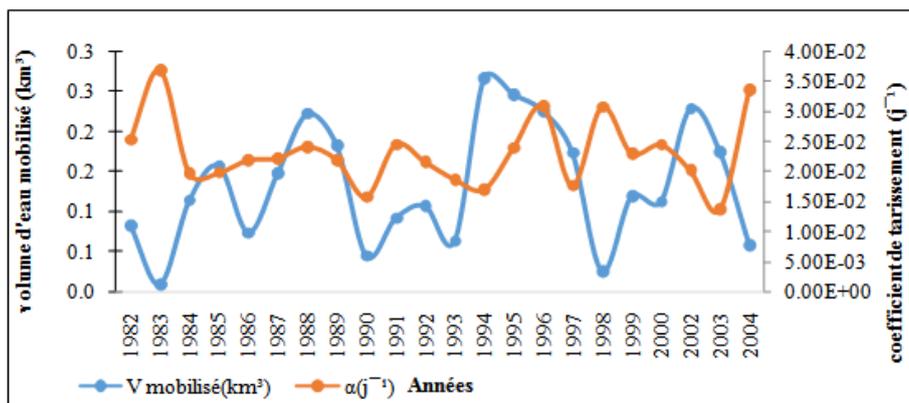
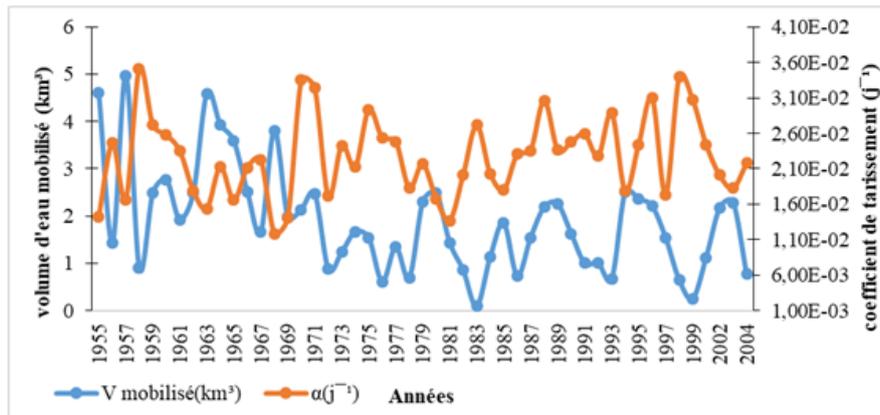


Fig.6 : Variation du coefficient de tarissement et du volume annuel d'eau mobilisé à la station de Zuénoula (1982-2004)

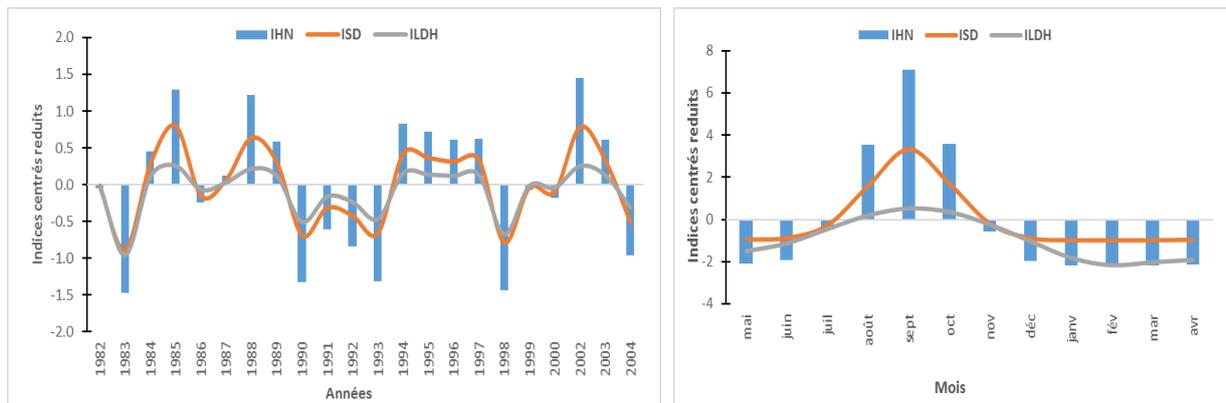
À la station de Bouaflé, les coefficients de tarissement ( $k$ ) fluctuent entre  $3,59.10^{-2}j^{-1}$  et  $1,19.10^{-2}j^{-1}$  avec une moyenne de  $2,28.10^{-2}j^{-1}$ . Les volumes d'eau mobilisés oscillent entre  $4,97 \text{ km}^3$  et  $0,09 \text{ km}^3$  avec une moyenne de  $1,90 \text{ km}^3$ . Une baisse progressive du volume d'eau mobilisé y est observée à partir de l'année 1970, ce qui a entraîné une augmentation progressive du coefficient de tarissement (figure 7).



**Fig. 7 :** Variation du coefficient de tarissement et du volume annuel d'eau mobilisé à la station de Bouaflé (1955-2004)

Les fluctuations des coefficients de tarissement et des volumes d'eau mobilisés sont asynchrones donc normales sur toute la période d'observation des débits. En effet, en période de forte pluviométrie, les réserves en eau souterraines sont importantes de sorte qu'après la cessation des pluies, les réservoirs souterrains continuent d'assurer l'écoulement du cours d'eau. Les coefficients de tarissement sont alors faibles et indiquent un tarissement long à très long. Dans ce cas alors, les volumes d'eau mobilisés par les réservoirs souterrains sont énormes. La situation contraire se produit en période sèche où les quantités de pluies tombées sur la zone d'étude restent insuffisantes pour compenser les pertes en eau des réservoirs souterrains.

Analyse de l'impact de la sécheresse par les indices de sécheresse hydrologique. Sécheresse hydrologique à court terme. Les résultats de l'analyse de la sécheresse hydrologique à court terme au niveau de la station hydrométrique de Zuénoula sont présentés dans le Tableau 3 et sur la Figure 8.



**Fig. 8 :** Évolution de la sécheresse hydrologique à court terme à l'aide de l'IHN, l'ISD et l'ILDH (Station de Zuénoula)

#### IV. Discussion

Au niveau des eaux de surface, l'analyse de la relation pluie-débit a montré que le rendement annuel des cours d'eau de la zone d'étude est très corrélé avec la pluviométrie. [21] a montré une forte corrélation entre le rendement annuel du bassin versant du N'zi et la lame d'eau précipitée. L'analyse des coefficients de tarissement annuels sur la période 1982-2004 à la station de Zuénoula au Nord de la Marahoué et sur la période 1955-2004 à la station de Bouaflé au Sud du fleuve Marahoué, a montré qu'ils fluctuent fortement dans le temps. Les valeurs moyennes autour desquelles oscillent ces coefficients sont de  $1,37 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$  et  $3,69 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$  pour la station de Zuénoula et de  $1,19 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$  et  $3,59 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$  pour la station de Bouaflé. Des valeurs de k du même ordre ont été obtenues par plusieurs auteurs sur le territoire ivoirien ; par exemple  $5,7 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$  ont été obtenues sur le Cavally à Flampeu et  $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$  sur le Drou à Man (fleuve Sassandra) par [2]. Ces auteurs ont révélé que les résultats d'ordre  $10^{-2}$  convergent vers la mise en évidence d'un tarissement important des réserves souterraines sous l'effet de la variabilité climatique manifestée par une baisse des précipitations et une augmentation de l'évapotranspiration consécutive à l'augmentation monotone de la température depuis la fin de la décennie 1960. [22] ont fait cette remarque dans le bassin versant du N'zi-Bandama. Les volumes d'eau mobilisés par les aquifères connaissent une baisse liée à la réduction pluviométrique constatée à partir de la fin de la décennie

1960. L'appauvrissement durable des apports de l'écoulement de base est lié à une réduction du volume d'eau dans les aquifères. En effet, un amenuisement considérable des réserves souterraines assurant normalement l'alimentation des cours d'eau en période de tarissement est constaté [23], [22]. Ces variations du volume d'eau mobilisé par les aquifères suggèrent une régression considérable des réserves souterraines, ce qui explique alors la forte ampleur de la récente sécheresse sur la baisse des écoulements. Les conclusions des travaux de certains auteurs [2], [13], [24] ayant utilisé la même approche méthodologique que celle de la présente étude, montrent qu'une baisse marquée des volumes d'eau mobilisés par les aquifères a été observée à partir de 1970 sur les cours d'eau ivoiriens.

## V. Conclusion

La présente étude a permis de mettre en évidence les principales fluctuations du régime hydrologique, de retracer les tendances, sur base des données des débits mesurés à la station de Zuénoula et de Bouaflé, de déterminer les différentes périodes sèches sur les différentes chroniques observées. L'utilisation des indices hydrologiques a permis de visualiser et de subdiviser les chroniques étudiées en plusieurs intervalles selon l'état sec ou humide et de caractériser l'ampleur des périodes sèches et leur intensité. L'analyse de la relation pluie-débits a montré une tendance synchrone sur toute la chronique d'étude. À Zuénoula les valeurs moyennes du coefficient de tarissement et du volume d'eau mobilisé sont respectivement  $2,31.10^{-2}j^{-1}$  et  $1,33 \text{ km}^3$ . Et à Bouaflé ces valeurs sont respectivement  $2,28.10^{-2}j^{-1}$  et  $1,90 \text{ km}^3$ . Les indices de sécheresse hydrologique indiquent que les sécheresses les plus intenses se sont produites à partir de l'année 1970. Ces épisodes sèches ont été plus accentué en 1983 dans la zone d'étude avec une sécheresse de type sévère.

## Références Bibliographiques

- [1]. R. Mirabbasia, E.N. Anagnostoub, A. Fakheri-Farda, Y. Dinpashoha, S. Eslamianc, Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index. *Journal of Hydrology*, 492(7), 2013, 35-48.
- [2]. I. Savane, K.M. Coulibaly et P. Gioan, Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. *Revue Sciences et changement planétaire-sécheresse*, 12(4), 2001, 231-237.
- [3]. D.A. Wilhite, Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions, in *Drought: A Global Assessment 1*(Routledge, London, UK, 2000) 3-18.
- [4]. I. Beaudin, Potentiel de la télédétection pour le suivi et la caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen, (Rapport de Maîtrise en Sciences Géomatiques, Université Laval, 2007).
- [5]. T. D. Soro, N. Soro, Y. M. S. Oga, T. Lasm, G. Soro, K. E. Ahoussi et J Biémi. La variabilité climatique et son impact sur les ressources les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue Géographie Physique et Environnement*, 5, 2011, 55-73.
- [6]. I. Doumouya, B. Kamagate, A. Bamba, M. Ouedraogo, I. Ouattara, I. Savane, B. T. A. Goula, J. Biemi, Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, (14), 2009, 203-215.
- [7]. G. R. Irie, G. E. Soro, B. T. A. Goula, Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(2), 2015, 386-397.
- [8]. V. Fadika, B. T. A. Goula, F. W. Kouassi, I. Doumouya, K. Koffi, B. Kamagate, I. Savane, et B. Srohorou, Variabilité Interannuelle et Saisonnière de l'écoulement de quatre cours d'eau de l'ouest côtier de la Côte D'Ivoire (Tabou, Dodo, Néro et San Pédro) dans un contexte de baisse de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest. *Revue European Journal of Scientific Research*, 21(3), 2008, 406-418.
- [9]. B. T. A. Goula, W. F. Kouassi, V. Fatika, K. E. Kouakou et I. Savané, Impacts du changement climatique et de la variabilité climatique sur les eaux souterraines en zone tropicale humide : cas du bassin versant de la Comoé. *Revue International Association of Hydrological Sciences*, 334, 2009, 190-202.
- [10]. F. Kanohin, M.B. Saley et I. Savané, Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les activités humaines en zone tropicale humide : cas de la région de Daoukro en Côte d'Ivoire. *Revue European Journal of Scientific Research*, 26(2), 2009, 209-222.
- [11]. I. Savane, et B. Srohorou, Variabilité Interannuelle et Saisonnière de l'écoulement de quatre cours d'eau de l'ouest côtier de la Côte D'Ivoire (Tabou, Dodo, Néro et San Pédro) dans un contexte de baisse de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest. *Revue European Journal of Scientific Research*, 21(3), 2008, 406-418.
- [12]. M. B. Saley, Cartographie thématique des aquifères de fissures pour l'évaluation des ressources en eau. Mise en place d'une nouvelle méthode d'extraction des discontinuités images et d'un SIHRS pour la région semi-montagneuse de Man (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 2003, 209 p.
- [13]. I. Savané, K. M. Coulibaly et P. Gioan, Étude comparative de trois méthodes de calcul du coefficient de tarissement des cours d'eau. *Revue Sciences et changement planétaire-Sécheresse*, 14(1), 2003, 37-42.
- [14]. T.B. McKee, N.J. Doesken et J. Kleist, The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, du 17 au 22 janvier 1993. Boston, American Meteorological Society, 1993, 179-184.
- [15]. M. J. Hayes, M. D. Svoboda, D. A. Wilhite, and O. V. Vanyarkho, Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index, *National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska* 80(3), 1999, 430-438.
- [16]. T.C. Sharma, U. S. Panu, Analytical procedures for weekly hydrological droughts: a case of Canadian rivers. *Hydrological Sciences Journal*, 55(1), 2010, 79-92.
- [17]. H. N. Bhalme and D. A. Mooley, On the performance of modified Palmer Index Drought conditions, India. *Hydrological aspects of droughts: International symposium*, 3-7 December 1979, New Delhi: Proceedings. Session 3. Trends and Prediction of Droughts, 1980, 373-383.
- [18]. I. Nalbantis, G. Tsakiris, Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23, 2009, 881-897.

- [19]. G. Mahé et J.C. Olivry, Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Revue Sciences et Changements Planétaires-Sècheresse*, 6(1), 1997, 109-117.
- [20]. I.C. Stângă, Quantifier la sécheresse. durée, intensité, fréquence. *Analele Stiintifice Ale Universităţii Al I. Cuza" Iaşi, Tom LV s. II – c, Geografie* 2009, 31-46.
- [21]. A. M. Kouassi, Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 2007, 210 p.
- [22]. A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, M. B. Saley et J. Biemi, Application du modèle de Maillet à l'étude des impacts des changements climatiques sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest : cas du bassin versant du N'zi-Bandama (Cote d'Ivoire). *Revue Journal of Asian Scientific Research*, 3(2), 2013, 214-228.
- [23]. **G. Soro**, Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraines dans la région des lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) : hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiébissou. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody. (Abidjan-Côte d'Ivoire), **2010**, 250 p.
- [24]. B. T. A. Goula, V. J. Kouassi et I. Savané, Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en zone tropicale humide : cas du Bandama en Côte d'Ivoire. *Revue Agronomie Africaine*, 18(1), 2006 a, 1-11.

N'gnessan Bi Vami Hermann "Caractérisation De La Sécheresse Hydrologique Dans La Région De La Marahoué (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire)." *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 6, no. 12, 2017, pp. 19-27.