

Variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques et son incidence sur le tarissement dans les bassins versant de Bô et Débo (département de Soubré au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Spatial and temporal variability of climatic parameters and its effect on drying up in Débo and Bô catchments (Department of Soubré, south-western of Ivory Coast)]

Vano Mathunaise Sorokoby, Mahaman Bachir Saley, Koffi Fernand Kouame, Eric M'moi Valère Djagoua, Kouadio Affian, and Jean Biemi

Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
UFR STRM, Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB),
22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2013 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study deals with the spatial and temporal variability of the climatic parameters and their consequence on the drying up of streams Bô and Débo and on the refill of the ground-water sheet in Soubré area. Methodology used is articulated around the study of the hydrological assessment according to Thornthwaite in the two catchments, the study of the seasonal and interannual variability of the climatic variables and the study of drying up by the determination of the coefficients of drying up and the mobilized volumes as well as their evolution. The hydrological assessment reveals that evapotranspiration is very active in the area of Soubré and has particularly contributed to reduce water resources of the area. Indeed, on the totality of rainfall, only 5.24% joined the underground network to refill the groundwater. The evolution of the curves of drying up reveals that, in Débo and Bô catchments, drying up lasts in general between 30 and 160 days. The coefficients of drying up in the both watersheds knew a rise of 1983 to 1991. Since 1991 there has been a relative decline in these coefficients. Thus, the coefficients of drying up continued to increase in recent years inversely with volumes participating in the reduction of water resources in the area and affecting in a pejorative way the groundwater refill.

KEYWORDS: Climatic variability, drying up, mobilized volumes, catchment, Soubré.

RESUME: La présente étude traite de la variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques et leur conséquence sur le tarissement des cours d'eau Bô et Débo et sur la recharge de la nappe souterraine dans la région de Soubré. La méthodologie utilisée s'articule autour de l'étude du bilan hydrologique selon Thornthwaite dans les deux bassins versants, l'étude de la variabilité saisonnière et interannuelle des variables climatiques et l'étude du tarissement.

Il ressort que l'évapotranspiration est très active dans la région de Soubré. Seulement 5,24 % des précipitations a rejoint le réseau souterrain pour réalimenter la nappe. Le tarissement dans les bassins versants de Débo et de Bô, dure en général entre 30 et 160 jours. Les coefficients de tarissement ont connu une hausse de 1983 à 1991. A partir de 1991 on a constaté une relative baisse de ces coefficients. Les volumes mobilisés ont diminués participant à la réduction des ressources en eau de la région et affectant de façon péjorative la recharge souterraine.

MOTS-CLEFS: Variabilité climatique, tarissement, volumes mobilisés, bassin versant, Soubré.

1 INTRODUCTION

La variabilité climatique dans le monde a fait l'objet de nombreuses études dont celles de [4] en Grande-Bretagne, [7] en France, [18] au Canada, [19] aux Etats-Unis et [21] en Australie occidentale. En Afrique, en Afrique de l'Ouest et en Côte d'Ivoire, les travaux de [1], [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [16], [17], [20], [23] et [24] sont dédiés à la problématique de la variabilité et du changement climatiques et de leurs impacts sur les ressources en eau. La référence [5] a insisté sur la variabilité des paramètres climatiques et leurs influences sur les ressources naturelles. Dans la présente étude il s'agit d'étudier la variabilité des paramètres climatiques et leurs incidences sur le tarissement et par ricochet sur la recharge souterraine et les ressources en eau de surface dans les bassins versants de Débo et Bô dans le département de Soubré.

2 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les bassins versants à l'étude sont situés dans la région de Soubré. Le bassin versant de Débo est compris entre les longitudes 6°07' W et 6°26' W et les latitudes 5°30' N et 6° N. Le bassin de Bô est compris entre les longitudes 6°19' W et 6°37' W et les latitudes 5°39' N et 6°01' N. Ces bassins occupent des superficies respectives de 822.5 km² et 1011 km². La figure 1 présente la zone d'étude.

Dans le bassin versant de Bô l'altitude minimale est de 79 m et l'altitude maximale est de 449 m et se situe à l'extrême Est (à l'Est d'Okrouyo). Ces hautes altitudes appartiennent à une série de collines appelées les Monts Trokoua. Ces collines se prolongent dans le bassin versant voisin celui de Débo à l'Est. Les altitudes dans ce bassin versant varient entre 55 m et 413 m (Mont Trokoua à l'Ouest). On note une prédominance de pentes faibles dans ces bassins. En effet, plus de 93 % de la superficie des bassins a une pente inférieure à 4°. La végétation de ces bassins épouse celle de l'ensemble de la région. C'est une forêt sempervirente avec quelques galeries. Le réseau hydrographique est relativement très dense. Le climat est de type baouléen dans le bassin versant de Bô et de type attien dans celui de Débo. La population y est très forte avec une densité de 103 habitants au kilomètre carré. L'activité économique tourne autour de la vente du cacao, du café et des produits vivriers tels que la banane plantain et le riz.

3 MATERIELS ET METHODES

3.1 DONNEES

Les données climatiques ont été obtenues auprès de la Société de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Les données de température, de durée d'insolation et d'humidité relative (chronique 1975-2001) sont celles enregistrées à la station de Gagnoa (6°8'N ; 5°57'W ; Altitude 214 m) alors que les données pluviométriques sont celles enregistrées à la station de Soubré (chronique 1950-2008). L'utilisation des données de la station de Gagnoa pour combler celles de Soubré s'explique par l'absence de station climatique à Soubré et trouve sa justification dans le fait que les deux régions appartiennent à la même zone climatique. Les données hydrologiques obtenues sont des données de débits des cours d'eau Débo et Bao. Ces données proviennent de la Direction de l'Hydraulique Humaine (DHH) précisément de la Sous- direction de l'Hydrologie. Les données cartographiques concernent une carte topographique à l'échelle 1/500000 (feuillé Sud-Ouest) acquise au CCT (Centre de Cartographie et de Télédétection) et qui date de 1996 et une carte topographique de 1966 à l'échelle 1/200000 acquise également au CCT.

3.2 METHODOLOGIE

3.2.1 CALCUL DU BILAN HYDROLOGIQUE

3.2.1.1 CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP)

L'évapotranspiration potentielle a été calculée selon Thornthwaite par l'équation 1 :

$$ETP(mm / mois) = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)^a \times F(\lambda) \quad (1)$$

Où t est la température moyenne mensuelle en °C, a une fonction complexe de l'indice thermique I avec, $a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,49239$, I l'indice thermique annuel somme des douze indices thermiques mensuels (i) et $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$, $F(\lambda)$ le facteur correctif fonction de la latitude du lieu considéré. Une relation linéaire entre $F(\lambda)$ et la latitude a été établie selon l'équation 2 :

$$F(\lambda) = Cst + a * \lambda \quad (2)$$

Avec Cst une constante et λ la latitude en °.

3.2.1.2 CALCUL DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR) ET DE L'INFILTRATION

La démarche de calcul du bilan hydrologique selon Thornthwaite comporte deux cas de figure :

- Si $P \geq ETP$, l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle ($ETR = ETP$), et il restera une quantité d'eau ($P - ETR$) qui servira à la reconstitution des réserves d'eau du sol ;
- Si $P < ETP$, l'évapotranspiration va se réaliser non seulement sur la totalité des pluies, mais encore sur les réserves du sol : $ETR = P + RFU$.

Le volume d'eau infiltrée est alors donné par l'équation 3 :

$$V = I \times S \quad (3)$$

Avec V : Volume d'eau infiltrée en m^3 , I : Infiltration en mm, S : Surface de la zone en m^2 .

3.2.2 ETUDE DE LA VARIABILITE DES PARAMETRES CLIMATIQUES

L'étude de la variation de la température, de la durée de l'insolation, de l'humidité relative, de l'évapotranspiration potentielle en relation avec la pluviométrie contribue à la compréhension des processus complexes liés au fonctionnement d'un hydrosystème. Ces paramètres ont été étudiés dans la région de Soubré pour comprendre l'impact de la variabilité climatique sur les ressources des hydrosystèmes constitués par les bassins versants de Débo et Bô.

3.2.2.1 ETUDE DE LA VARIABILITE MENSUELLE DES PARAMETRES CLIMATIQUES

Les données étudiées concernent la chronique 1975-2001. Pour chaque paramètre et pour le mois considéré, le calcul de la moyenne mensuelle est basé sur la formule de l'équation 4 suivante :

$$M_{mensuelle} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n M_{ij} \quad (4)$$

Avec M_{ij} valeur moyenne du paramètre climatique concerné de l'année i et du mois j ;

i varie de 1 à n années et j varie de 1 à 12 mois ;

N le nombre total d'année de la chronique concernée.

3.2.2.2 ETUDE DE LA VARIABILITE INTERANNUELLE DES PARAMETRES CLIMATIQUES

Le calcul de la moyenne interannuelle des paramètres climatiques est basé sur le calcul des valeurs moyennes de chaque paramètre pour toute l'année. La formule utilisée pour ce faire est matérialisée par l'équation 5 suivante :

$$M_{interannuelle} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} M_i \quad (5)$$

$M_{interannuelle}$, Moyenne interannuelle du paramètre climatique considéré ; M_i , moyenne mensuelle du paramètre climatique du mois i .

3.2.3 ETUDE DU PHENOMENE DE TARISSEMENT PAR LA LOI DE MAILLET

3.2.3.1 EVALUATION DU TARISSEMENT DANS LES BASSINS VERSANTS DE DEBO ET BO

Pour évaluer les tarissements sur les différents bassins, l'application de la loi de la décroissance exponentielle de Maillet est requise. Cette loi est donnée par l'équation 6 :

$$Q_t = Q_0 e^{-kt} \quad (6)$$

Avec Q_t et Q_0 , les débits aux instants t et t_0 (début du tarissement) exprimés en jours, et k le coefficient de tarissement de Maillet dépendant des caractéristiques physiques et géométriques de l'aquifère qui a la dimension k . La valeur de k est l'inverse du temps et s'exprime en jours⁻¹ et $k = \frac{1}{T}$. Il est généralement constant pour un même aquifère.

Le coefficient de tarissement k se déduit dans ce cas du logarithme de l'expression de l'équation 6 précédente comme suit (équation 7) :

$$k = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0,4343t} \quad (7)$$

La courbe de tarissement se construit à partir des débits caractéristiques de la période sèche. Ces débits sont portés sur un graphique logarithmique de sorte que le temps est porté en abscisses et les débits en ordonnées. Le débit initial Q_0 doit correspondre au débit journalier le plus élevé de la période sèche proche des hautes eaux. Le pas de temps utilisé ici est de 10 jours. Le volume mobilisé, $V_{mobilisé}$ de la réserve hydrogéologique susceptible d'alimenter l'écoulement superficiel est déterminé par approche graphique à partir de la courbe de tarissement. Dans le cas contraire le calcul du volume d'eau mobilisé se fait à l'aide de l'équation 8 suivante :

$$V_{mobilisé} = \int_0^{\infty} Q_0 e^{-kt} dt = \frac{Q_0(m^3/s)}{k} \times 86400(s.j^{-1}) \quad (8)$$

Ainsi les courbes d'évolution des coefficients de tarissement et des volumes mobilisés des bassins versants de Débo et de Bô ont été représentées sur un même graphique pour permettre une étude comparée de leurs évolutions dans ces deux bassins et évaluer leur impact sur les ressources en eau.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 ANALYSE DU BILAN HYDROLOGIQUE DE SOUBRE

4.1.1 PARAMETRES DU BILAN HYDROLOGIQUE DE SOUBRE

Les paramètres du bilan hydrologique calculés sont consignés dans le tableau 3 :

Le bilan hydrologique de Soubré enregistre un déficit d'écoulement estimé à 1258.89 mm. Le déficit hydrique est estimé à 252,09 mm. Sur les 1447 mm précipitées, 1238,9 mm retourne à l'atmosphère sous forme d'ETP soit 85,62 % et seulement 75,79 mm soit 5,24 % s'infiltre dans le sol pour participer à la recharge de la nappe souterraine. La persistance du phénomène de l'évapotranspiration dans la région de Soubré trouve son origine dans la variabilité climatique qui contribue à réduire de façon drastique les ressources en eau de la région et affecte par ricochet la recharge de la nappe souterraine.

4.1.2 EVOLUTION SAISONNIERE DES PARAMETRES CLIMATIQUES DE SOUBRE

La figure 2 montre le graphique d'évolution saisonnière des paramètres climatiques et du bilan hydrologique de la région de Soubré.

L'analyse de cette figure montre que l'humidité relative reste supérieure à 70 % dans la région en période de saison sèche. Cette humidité relative augmente à partir du début de la grande saison des pluies pour atteindre des valeurs très élevées pendant la seconde saison des pluies (98,9 % en septembre).

Il ressort de cette analyse que la région de Soubré est une zone relativement humide du fait des caractéristiques du climat de la région. L'insolation connaît des valeurs élevées d'octobre à avril couvrant presque toute la grande saison sèche avec une valeur moyenne mensuelle qui se situe autour de 160 heures. A partir du mois de mai, les valeurs des heures d'insolation connaissent une baisse importante pour atteindre une valeur de 93,5 heures en août. La période de mai à septembre enregistre des valeurs d'insolation faibles. Au niveau de la température, les faibles valeurs s'observent pendant les mois de mai, juin, juillet, août et septembre alors que les autres mois enregistrent des valeurs relativement élevées. La température moyenne annuelle est relativement faible et oscille autour de 25,8 °C. Les valeurs de l'ETP sont faibles d'avril à octobre et élevées de novembre à mars. C'est dire que le processus d'évapotranspiration est très actif pendant toute la grande saison sèche du fait de l'action conjuguée des fortes valeurs de température, d'insolation et des faibles valeurs de pluviométrie, d'humidité relative. Pendant la période couvrant la petite saison sèche, le processus d'évapotranspiration est moins intense à cause de l'humidité relative élevée, des durées d'insolation courtes et de la température basse.

4.1.3 EVOLUTION INTERANNUELLE DES PARAMETRES CLIMATIQUES DE SOUBRE

L'évolution interannuelle des paramètres climatiques de la région de Soubré pour la période de 1975 à 2001 est présentée à la figure 3.

Cette évolution révèle que les valeurs de températures moyennes interannuelles oscillent entre 24,9 °C et 26,4 °C avec une faible tendance à la hausse (24,9 °C en 1975, 25,7 °C en 1988 et 26,1 °C en 2001). L'humidité relative très forte en 1975 (120,7 %) a connu une baisse à partir de 1976 pour osciller entre 83 % et 75 %. Toutefois on note une faible diminution de cette humidité relative jusqu'en 2001. Les durées d'insolation connaissent des fortunes diverses avec des valeurs faibles en 1977, 1983, 1992 et 1997. Cependant les heures d'insolation dans la région de Soubré restent supérieures à 1600 heures avec une moyenne de 1921,2 heures.

4.2 ANALYSE DES COURBES DE TARISSEMENT

4.2.1 COURBES DE TARISSEMENT DU DEBO

Les courbes de tarissement du Débo sont présentées à la figure 4.

Pour le fleuve Débo, les courbes de tarissement durent entre 50 et 160 jours. Ce sont les années 1995 et 1999 qui enregistrent des tarissements de 50 et 60 jours alors que les années 1983, 1986, 1994 et 2004 enregistrent respectivement 100, 160, 90 et 100 jours. Le bassin versant du Débo étant affecté par un seul type de climat en occurrence le climat attien, caractérisé par deux saisons sèches dont une très longue, le phénomène de tarissement s'étend un peu plus dans le temps. Le tarissement lent du Débo est lié à la faible perméabilité des aquifères car les formations rocheuses qui caractérisent le bassin versant sont surtout de type granitique.

4.2.2 COURBES DE TARISSEMENT DU BAO

La figure 5 montre quelques courbes de tarissement pour des années sélectionnées, de la rivière Bao.

Cette figure montre que les années 1991 et 1999 enregistrent des tarissements de 30 jours. Les années 1983 et 1994 présentent des tarissements de 80 jours alors que les années 1984 et 2004 enregistrent des tarissements de 90 et 120 jours. Dans le bassin versant de Bô, les années 1991 et 1999 ont connu un tarissement rapide à cause de la pluviométrie relativement faible survenue au cours de ces années. Le tarissement des années 1983 et 1994 est dû respectivement à la sécheresse et la rupture hydrologique survenues au cours de ces années. Les années 1984 et 2004 ont enregistré une pluviométrie relativement forte supérieure à la moyenne. Ceci a contribué au ralentissement du tarissement observé pendant ces deux années.

En définitive les bassins versant de Débo et de Bô réagissent de façon générale lentement au tarissement. Ce qui indique une grande perméabilité des aquifères des bassins versants et leur capacité à accumuler les eaux souterraines. Les tarissements rapides sont par contre dus à la pluviométrie relativement importante enregistrée pendant ces années de tarissement rapide.

4.2.3 VARIATION DES COEFFICIENTS DE TARISSEMENT ET DES VOLUMES MOBILISÉS DANS LES BASSINS VERSANTS DE SOUBRE

Les coefficients de tarissement des différents cours d'eau ont été représentés sur le même graphique pour permettre une analyse comparée de ces coefficients. La figure 6 montre le graphique d'évolution des coefficients de tarissement dans les bassins versants de Débo et de Bô.

L'analyse comparative de l'évolution des coefficients de tarissement montre que les coefficients de tarissement du Débo un affluent d'ordre 1 du Sassandra, sont inférieurs à ceux du Bao affluent d'ordre 2. Ces coefficients de tarissement varient respectivement entre $2,7 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$ et $7,2 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$ pour le Débo et entre $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}$ à $1,2 \cdot 10^{-1} \text{ j}^{-1}$ pour le Bô. On remarque que ces coefficients sont relativement élevés. Les valeurs relativement élevées des coefficients de tarissement du Débo et du Bao indiquent que ces cours d'eau sont plus sensibles aux conditions climatiques environnantes et réagissent mieux au phénomène de tarissement. On remarque en général que les valeurs des coefficients de tarissement ont augmentés au niveau des cours d'eau de Soubré ces dernières années.

Les coefficients de tarissement ont été couplés aux volumes mobilisés pour permettre une analyse comparée de leurs évolutions. Ces paramètres sont présentés aux figures 7 et 8.

Au niveau du Débo, les années 1985, 1991 connaissent des faibles valeurs de coefficients de tarissement ($0,0287 \text{ j}^{-1}$ et $0,02206 \text{ j}^{-1}$) et des volumes mobilisés importants ($1,35 \cdot 10^8 \text{ m}^3$).

L'évolution des coefficients de tarissement et des volumes mobilisés au niveau du Débo est en général irrégulière avec par endroit des valeurs plus ou moins élevées ou faibles des coefficients et des volumes mobilisés. Le volume moyen mobilisé pour cette période au niveau du Débo est estimé à $6,52 \cdot 10^7 \text{ m}^3$.

Ce même constat est fait au niveau du Bô mais à la différence qu'on observe une tendance timide à la hausse des coefficients de tarissement de 1983 à 1991 et une relative baisse à partir de cette date. Toutefois on note une forte valeur du coefficient de tarissement en 1999 ($0,1131 \text{ j}^{-1}$) correspondant à un volume mobilisé de $2,15 \cdot 10^7 \text{ m}^3$. L'année 1985 enregistre pour un coefficient de tarissement de $0,0233 \text{ j}^{-1}$, un volume mobilisé élevé de $1,85 \cdot 10^8 \text{ m}^3$. Le volume moyen annuel mobilisé au niveau du Bô est de $6,82 \cdot 10^7 \text{ m}^3$.

4.2.4 ANALYSE COMPAREE DES VOLUMES MOBILISÉS DANS LES BASSINS VERSANTS DE SOUBRE

Les volumes mobilisés des deux cours d'eau ont été représentés sur le même graphique à la figure 9 :

L'analyse comparée des volumes mobilisés (figure 9) révèle que les volumes mobilisés du Débo et du Bô évoluent sensiblement dans le même ordre. En 1985 les volumes mobilisés au niveau des deux cours d'eau ont connu une hausse relative témoignant d'une hausse particulière de la pluviométrie ayant affecté toute la région de Soubré. On note toutefois que le volume mobilisé du Bô ($1,85 \cdot 10^8 \text{ m}^3$) est supérieur à celui du Débo ($1,35 \cdot 10^8 \text{ m}^3$) pour cette même année. Les années 1985 et 1991 se présentent comme celles ayant enregistré des volumes mobilisés importants pour le Débo avec un volume de $1,35 \cdot 10^8 \text{ m}^3$.

4.3 DISCUSSION

Le bilan hydrologique a montré que le phénomène d'évapotranspiration est très actif dans la région de Soubré et a particulièrement contribué à la raréfaction des ressources en eau de la région. En effet, sur la totalité des précipitations tombées dans la région, seulement 5,24 % a rejoint le réseau souterrain pour participer au processus de réalimentation des nappes. La proximité de la grande forêt de la réserve de Taï a sans doute joué un rôle prépondérant dans ce processus d'évapotranspiration. L'évolution des paramètres climatiques reste tributaire de la variabilité et du changement climatique qui a eu un impact réel sur ces paramètres. Les régions tropicales forestières caractérisées par des forêts très étendues sont très sensibles aux variations des états de surface selon [10]. Ainsi, l'augmentation des surfaces sèches provoque une hausse des températures de l'air par transfert de chaleur sensible [10]. Par ailleurs, la diminution de la couverture forestière, qui absorbe naturellement du gaz carbonique contenu dans l'atmosphère, contribue à augmenter la teneur atmosphérique de ce gaz à effet de serre [23].

L'évolution des courbes de tarissement révèle que le tarissement, dans les bassins versants de Débo et de Bô, dure en général entre 30 et 160 jours, les valeurs extrêmes correspondant aux années ayant enregistré respectivement une pluviométrie faible et une pluviométrie abondante. La lente réaction de ces bassins versants au tarissement met en évidence la très grande perméabilité de ces aquifères et leur aptitude à restituer les eaux souterraines accumulées au cours des saisons pluvieuses. En effet, les travaux de [22] dans la région de Soubré ont révélé qu'en période de saison sèche, se sont les

nappes souterraines qui alimentent les cours d'eau en surface.

L'analyse de l'évolution des coefficients de tarissement a montré que les coefficients de tarissement du Débo et du Bô ont connu une hausse de 1983 à 1991. A partir de 1991 on a constaté une relative baisse de ces coefficients. En effet dans la région l'année 1993 se présente comme l'année de la rupture pluviométrique secondaire caractérisée par la reprise de la pluviométrie et une augmentation progressive des coefficients de tarissement après cette année. En général, les valeurs des coefficients de tarissement ont augmenté au niveau des cours d'eau de Soubré ces dernières années. La référence [10] signale aussi cette tendance des coefficients de tarissement à la hausse à partir de la rupture de 1970 dans le bassin versant du N'zo à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Les volumes mobilisés ont évolué inversement aux coefficients de tarissement. On note que ces volumes ont régulièrement baissés depuis l'année 1986 qui est caractérisée par une très faible pluviométrie. En effet l'année 1986 est l'année qui a été marquée par une sécheresse particulièrement intense dans la région de Soubré. Cette sécheresse a contribué à réduire les réserves d'eau de la région et a même affecté la recharge souterraine ce qui a contribué à rendre les volumes mobilisés dans les différents bassins versants de la région. Les références [12] ont également observé une augmentation des coefficients de tarissement dès 1969 sur cinq sous-bassins du fleuve Niger. Ces constatations ont également été faites par [14] qui a signalé ce phénomène sur les bassins versants du Tchad. La référence [24] a fait ce même constat dans le bassin béninois du fleuve Niger.

5 TABLEAUX ET FIGURES

5.1 TABLEAUX

Tableau 1. Paramètres du bilan hydrologique de la région de Soubré

Paramètres	Quantité
Précipitations	1447 mm
ETP	1491 mm
ETR	1238,9 mm
Excédent (E-I)	263,9 mm
Écoulement	188,11 mm
Infiltration	75,79 mm
Déficit	252,09 mm
Volume d'eau infiltrée	$6,47 \cdot 10^8 \text{ m}^3$

5.2 FIGURES

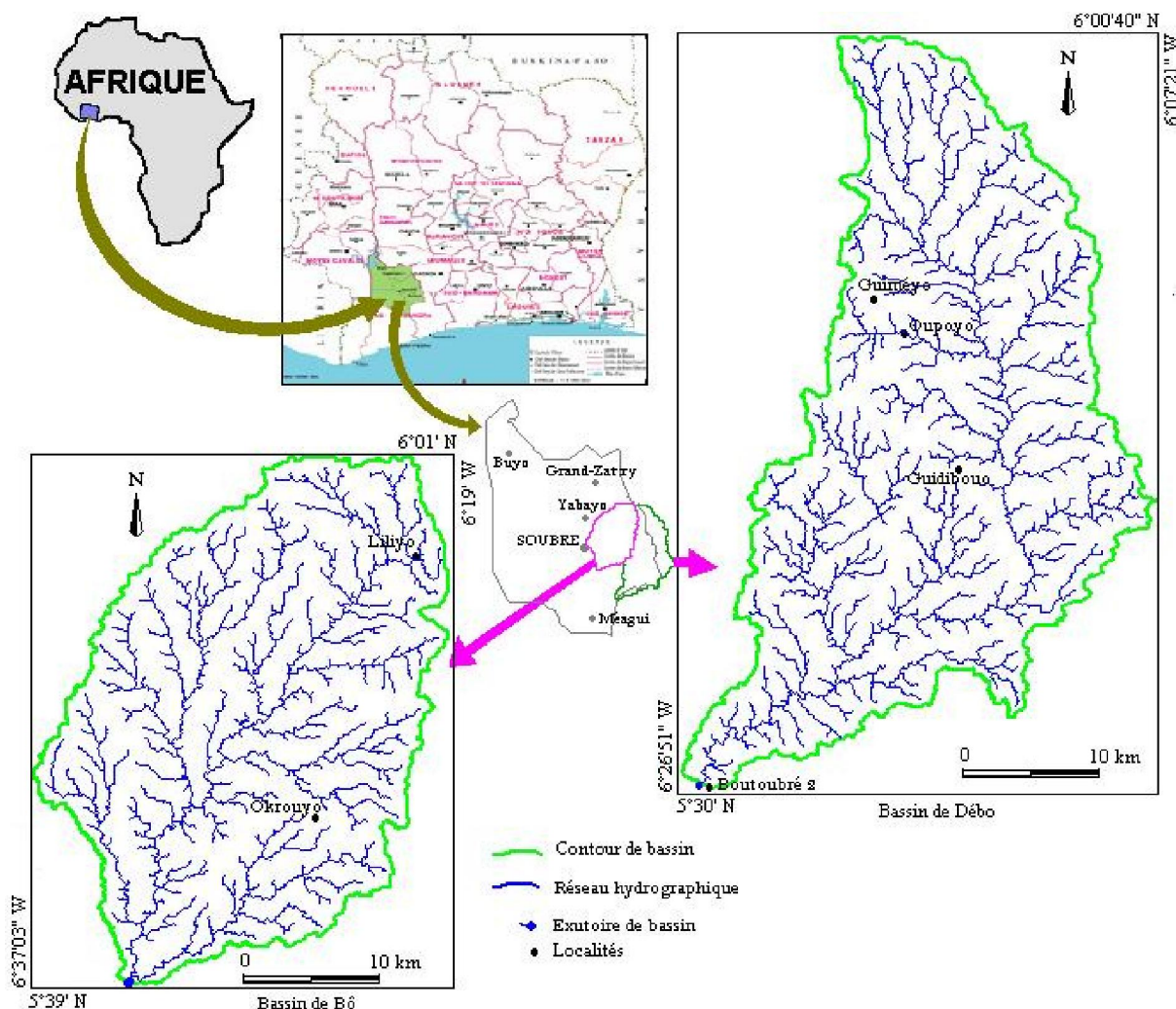


Fig. 1. Présentation et localisation de la zone d'étude

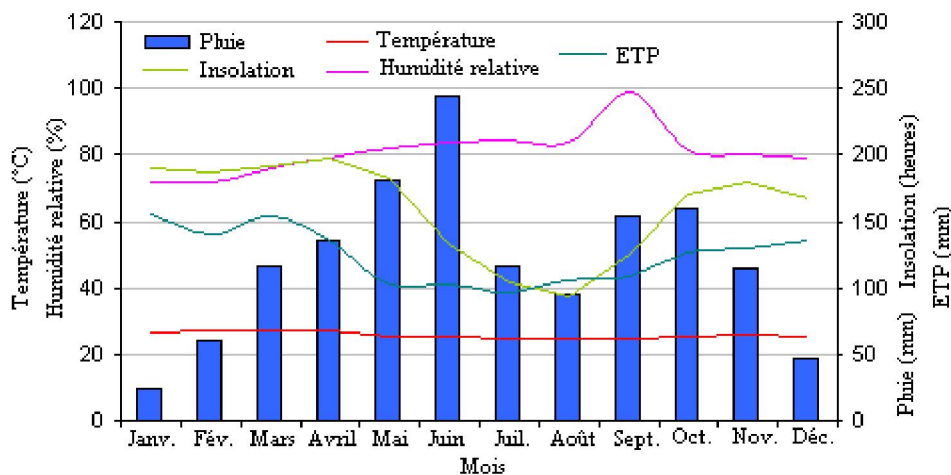


Fig. 2. Evolution saisonnière des paramètres climatiques et de Soubré

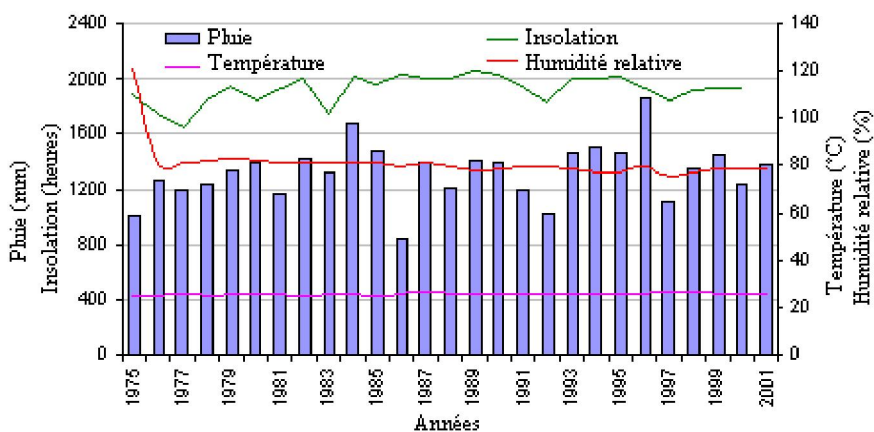


Fig. 3. Figure 3 : Variation interannuelle des paramètres climatiques de Soubré sur la période (1975-2001)

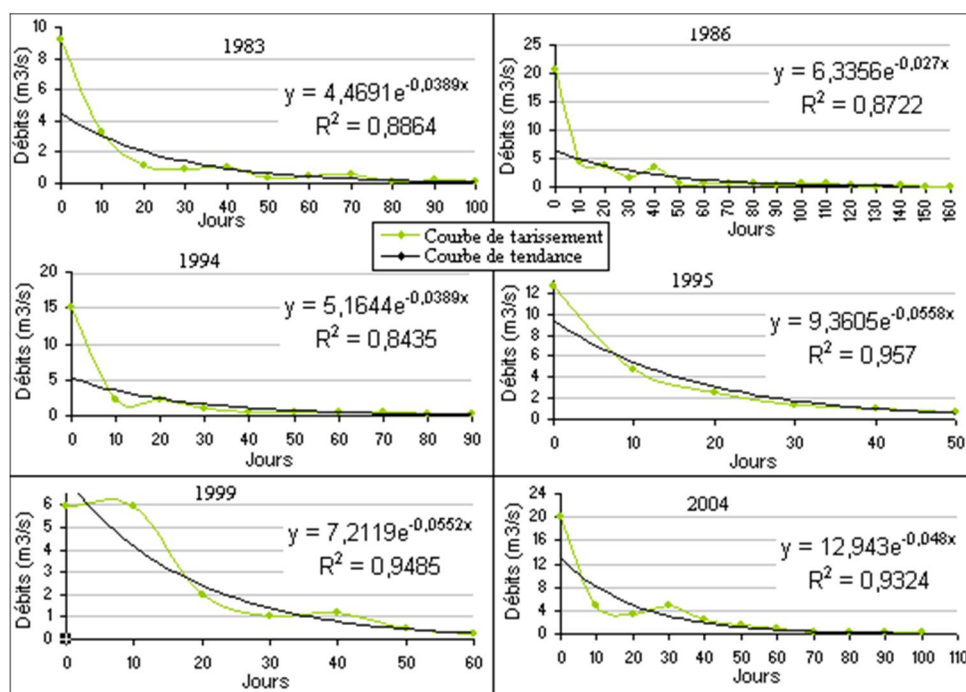


Fig. 4. Courbe de tarissement du Débo pour les années sélectionnées (1983, 1986, 1994, 1995, 1999 et 2004)

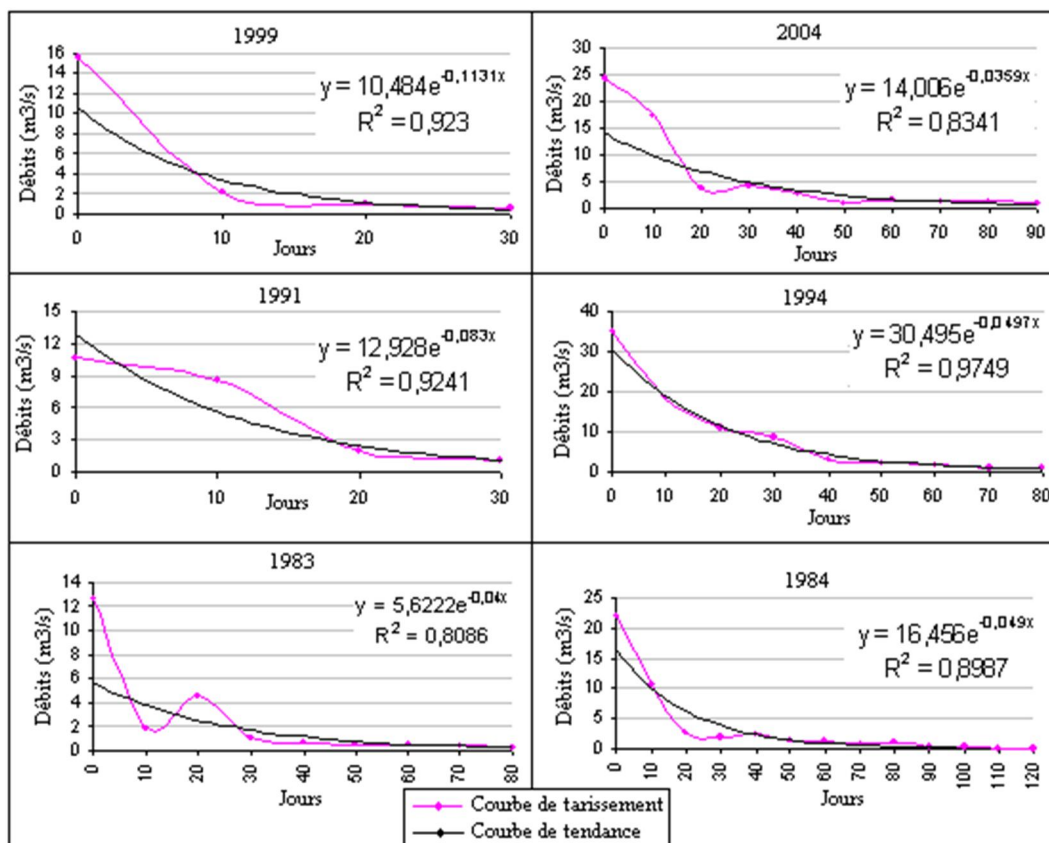


Fig. 5. Courbe tarissement de la rivière Bao (bassin versant de Bô) pour les années sélectionnées (1983, 1984, 1991, 1994, 1999 et 2004)

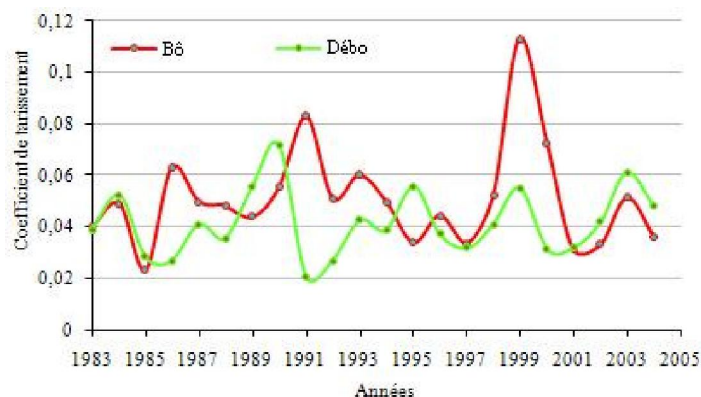


Fig. 6. Evolution des coefficients de tarissement des cours d'eau de Soubré

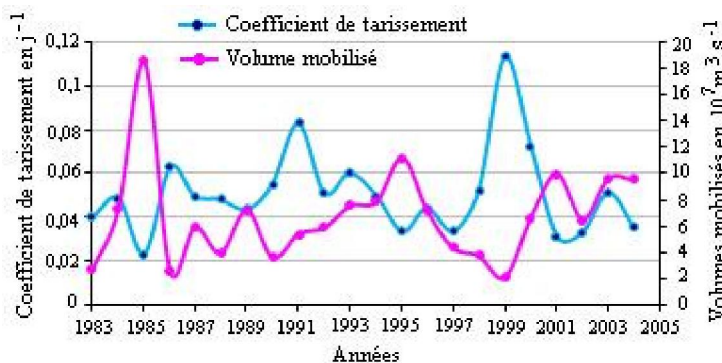


Fig. 7. Variation des coefficients de tarissement et des volumés mobilisés du Débo de 1983 à 2004

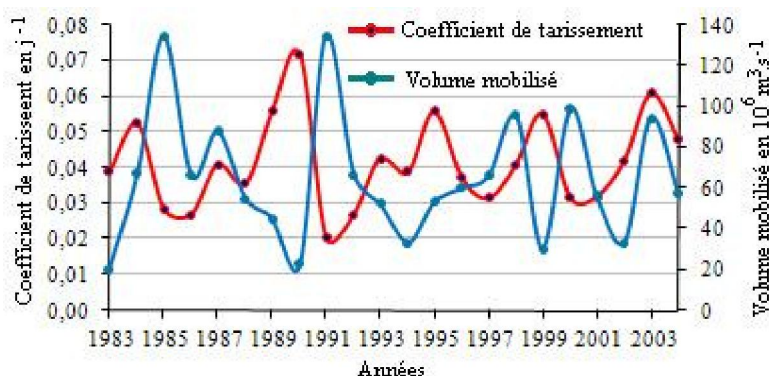


Fig. 8. Variation des coefficients de tarissement et des volumés mobilisés du Bô de 1983 à 2004

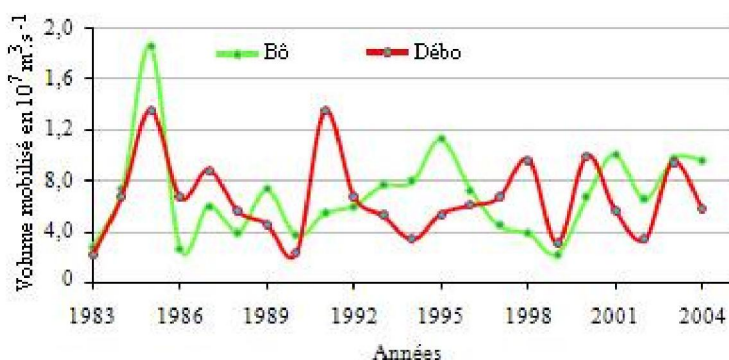


Fig. 9. Variation des volumés mobilisés des cours d'eau de Soubré

6 CONCLUSION

La variabilité des paramètres climatiques dans la région de Soubré a contribué réduire les ressources en eau disponibles. Cette variabilité a eu des conséquences néfastes sur le bilan hydrologique et a affecté la recharge souterraine réduisant ainsi les disponibilités en eau des réserves de la région. Ainsi, les coefficients de tarissement ont continué d'augmenter ces dernières années inversement aux volumés mobilisés dans les bassins versants de la région.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent aux responsables de la SODEXAM et de la Direction de l'Hydraulique Humaine précisément de la Sous-direction de l'Hydrologie qui ont accepté de mettre à notre disposition les données hydroclimatiques ayant servi dans cette étude. Notre reconnaissance va à l'équipe de travail du CURAT de l'Université Félix Houphouët-Boigny qui a permis la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- [1] M.G ADJA, "Etude de l'état hydrique saisonnier du bassin versant de la Bagoé dans un contexte de variabilité climatique. Département de Boundiali et Tengrela (milieux soudano-sahéliens au Nord-Ouest de la cote d'ivoire)," Thèse Unique de Doctorat, Université de Cocody, 184 p, 2009.
- [2] G.E. AKE, "Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)," Thèse Unique, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 200 p, 2010.
- [3] B. S. ARDOIN, Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne," Thèse Université de Montpellier II, France, 330 p, 2004.
- [4] ARNELL N.W. ARNELL, "Climate change and water resources in Britain," *Climate Change*, 39 : 83-110, 1998.
- [5] D. X. BANGABUTU, "Impact de changement et variabilité climatique sur le régime pluviométrique de la ville province de Kinshasa. De 1961-2006 (Profil et perspective à l'horizon 2050)," 2010.
<http://www.memoire online.com 05/10/3457>
- [6] M. BERTHELOT, A. GENIN et D. GOURDON, "Variabilité interannuelle des précipitations dans les Alpes du Sud pour la période 1951/2000 : Analyse statistique des séries," Université François Rebellais, Tours, France, 2004.
<http://www.meteomania.net>
- [7] J. BOE, "Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France," Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, p 67, 2007.
- [8] J. P. CARBONNEL, P. HUBERT, Pluviométrie en Afrique de l'Ouest soudano sahélienne: Remise en cause de la stationnarité des séries," In L'aridité. Une contrainte au développement; Editions ORSTOM, pp. 37-51, 1992.
- [9] B. T. GOULA, I. SAVANE, B. KONAN, V. FADIKA, G. B. KOUADIO, "Etude comparative de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau des bassins du N'zo et du N'zi en Côte d'Ivoire," Poster AOC, Séminaire International, 23-24 novembre 2005, pp 5-36, 2005.
- [10] K. F. KOUAME, "Influences de la variabilité climatique et de la dégradation environnementale sur le fonctionnement de l'hydrosystème du N'zo dans la région guinéenne humide et semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire. Contribution de la télédétection, des Systèmes d'Informations Géographiques et du modèle hydrologique HYDROTEL," Thèse d'Etat ès sciences naturelles. Université de Cocody, Abidjan. 379 p, 2011.
- [11] A. M. KOUASSI, K. F. KOUAME, M. B. SALEY, Y. B. KOFFI, "Identification de tendances dans la relation pluie-débit et recharge des aquifères dans un contexte de variabilité hydroclimatique : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire," *European Journal of Scientific Research*, Vol. 16 (3), pp.412-427, 2007.
- [12] H. LUBES-NIEL, J. M. MASSON, J. E. PATUREL, E. SERVAT E., "Variabilités climatiques et statistiques. Etude par simulation de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques," *Revue des Sciences de l'Eau*, n°3, pp 383-408, 1998.
- [13] G. MAHÉ, Y. L'HÔTE, J. OLIVRY, G. WOTLING, "Trends and discontinuities in regional rainfall of west and central Africa," *J. Sci. Hydrol.*, vol. 46, n° 2, pp.211-226, 2001.
- [14] S. E. NICHOLSON, "Recent rainfall fluctuations in Africa and their relationship to past conditions over the continent," *The Holocene* 4,2 pp 121-131, 1994.
- [15] J. C. OLIVRY, "Long term effects of rain shortage: the ill rivers of Western and Central Africa," FRIEND General Report/UNESCO IHP V. UNESCO, Paris, pp. 158-162, 1997.
- [16] M. OUEDRAOGO, "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 l'Université de Montpellier II. 257 p, 2001.
- [17] J. E. PATUREL, E. SERVAT, O. M. DELATTRE, "Analyse des séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Journal des Sciences Hydrologiques*," volume 43, n°3, pp. 937-945, 1998.
- [18] C. RIVARD, J. MARION, Y. MICHAUD, S. BENHAMMANE, A. MORIN, R. LEFEVRE et A. RIVERA, "Étude de l'impact potentiel des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine dans l'Est du Canada," Commission géologique du Canada, dossier public 1577, 39 pp, 2003.

- [19] J. N. ROSENBERG, J. D. EPSTEIN, D. WANG, L. VAIL, R. SRINIVASAN et G. J. ARNOLD, "Possible impacts of global warming on the hydrology of the Ogallala aquifer region," *Climatic Change*, 42 : 677-692, 1999.
- [20] E. SERVAT, J. PATUREL, B. KOUAME, M. OUEDRAOGO, J. MASSON, "Climatic variability in the humid Africa along the Gulf of Guinea. Part one: detailed analysis of the phenomenon in Côte d'Ivoire," *Journal d'Hydrologie*, n°191, pp 1-5, 1987.
- [21] M. L. SHARMA, "Impact of climate change on groundwater recharge," *Conference on climate and water*, Helsinki, Academy of Finland, 1: 511-520, 1989.
- [22] M. V. SOROKOBY, B. M. SALEY, F. K. KOUAME, V. M. DJAGOUA, M. BERNIER, K. AFFIAN ET J. BIEMI, "Utilisation des images Landsat ETM+ et du SIRS pour la cartographie linéamentaire et thématique de Soubré-Méagui (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire): Contribution à la gestion des ressources en eau souterraine," *Revue Télédétection*, 2010, Vol. 9, N°3-4, p 209-223, 2010.
- [23] B. SULTAN et S. JANNICOT, "La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnières et intra saisonnières," *Revue Sécheresse*, vol. 15, n°4, pp 1-10, 2005.
- [24] E. W. VISSIN, "Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger," *Thèse de Doctorat. Hydroclimatologie. Université de Bourgogne Centre de Recherches de Climatologie - CNRS - UMR 5210. tel-00456097, version 1 - 11 Feb 2010. 285 p, 2007.*