



**PROJECTION DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE A L'HORIZON 2050  
DANS LA ZONE COTIERE AU SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE  
(D'ABIDJAN A ABOISSO)**

**PROJECTION OF CLIMATE VARIABILITY BY 2050 IN THE COASTAL  
AREA IN THE SOUTHEAST OF IVORY COAST (ABIDJAN IN ABOISSO)**

***OGA Y.M.S.<sup>1</sup>, ADJA M.<sup>2</sup>, YAPI A.F.<sup>1</sup>, KPAN J.G.<sup>1</sup>,  
BAKA D.<sup>1</sup>, YAO K.T.<sup>1</sup>, BIEMI J.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences et Techniques de l'eau,  
Université FHB, 22 BP 582 Abidjan 22 - Côte d'Ivoire  
<sup>2</sup> Ecole Nationale Supérieure, Abidjan - Côte d'Ivoire

*oga\_oms@yahoo.fr*

**RESUME**

La zone côtière ivoirienne, d'Abidjan à Aboisso, est une zone fortement agricole qui bénéficie d'un climat équatorial de transition. A l'instar des autres régions du pays, elle connaît des perturbations climatiques suscitées par la détérioration des paramètres climatiques en occurrence les précipitations. La mise en évidence de ces perturbations et la projection de leur évolution à l'horizon 2050, fait l'objet de cette étude. Pour ce faire, la méthode du filtre passe-bas d'ordre 2 de Hanning et le test statistique de détection de rupture de Pettitt sont utilisés. La projection de l'évolution de la variabilité climatique à l'horizon 2050 est mise en évidence par le scénario d'émission A2 du modèle climatique HadCM3. Les données climatiques utilisées se composent des données de pluies moyennes mensuelles (mm) et de températures (°C) des stations d'Abidjan-aéroport, Bingerville, Anonkoua-Kouté et Adiaké. Les résultats obtenus montrent une alternance de phases humides, normales et sèches. Les ruptures climatiques identifiées se situent majoritairement dans la période 1968-1982. Elles correspondent à des baisses pluviométriques qui seront exacerbées à l'horizon 2050. Les simulations du scénario d'émission A2

du modèle climatique HadCM3 prévoient à cette échéance une baisse de 22% des pluies et une augmentation de la température de l'ordre de 1,29°C.

**Mots clés** : variabilité climatique, tests statistiques, modèle climatique HadCM3, zone côtière, Côte d'Ivoire.

## ABSTRACT

The present study on climate variability carried out in south-east of Ivory Coast, in coastal areas between Abidjan and Aboisso. In this area with equatorial regime of transition, agricultural activities are developed. The aims of this study is to characterize climate variability and show the rainfall regime modification until 2050. Application of low pass-filter of Hanning and statistic test (Pettitt) methods were applied to the hydroclimatologic data (pluviometry). A projection until 2050 of climate variability was modeled by HadCM3 model of LARS-WG. The data of pluviometric (mm) and temperatures (°C) come from stations of Abidjan-airport, Bingerville, Anonkoua-Kouté and Adiaké. The results obtained show that the rainfall series studied present an alternation of normal phase, wet phase and dry phase. The rainfall series are marked by ruptures detected mainly between 1968 and 1982 reflecting rainfall declines. By 2050, the HadCM3 model indicates that the climate of the coastal south-east will register 22% of decrease in rainfall and an increase in 1.29° C of temperature.

**Key words**: climate variability, statistic test, model HadCM3, coastal area, Ivory Coast.

## INTRODUCTION

A l'instar des milieux soudano-sahéliens au Nord et des autres régions de la Côte d'Ivoire, les régions forestières du Sud et particulièrement celles du Sud-Est côtier, connaissent les soubresauts des variations du climat. Malgré les divers travaux qui ont mis en évidence la variabilité climatique et son impact sur les ressources naturelles en divers endroits de ce territoire (Mahé et Olivry, 1997; Bricquet et al., 1997 ; Servat et al., 1999 ; Adja, 2009 ; Kouakou, 2010, Kouassi et al., 2010), la zone côtière au Sud-Est, n'a fait jusqu'à présent l'objet d'aucune étude véritable se rapportant au climat. Cette région est par excellence propice à l'agriculture. Elle abrite en effet de grandes plantations agricoles (palmiers à huile, hévéa, cocotiers et ananas). Le rendement de ces cultures pour

la plupart pérennes est assujetti à la disponibilité des ressources en eau. Fort des conséquences avérées de la variabilité climatique sur ces ressources, sa caractérisation et la prédiction de sa tendance à l'horizon 2050 devient une nécessité dans la mesure où cette connaissance est indispensable à la maîtrise et à la gestion de cette ressource.

C'est dans ce contexte que le présent travail est initié. Il se base sur l'utilisation de méthodes classique d'étude de variabilité du climat, en occurrence le filtre passe-bas de Hanning et la méthode de détection de rupture de Pettitt, complété par le scénario d'émission A2 du modèle climatique HadCM3.

## DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est située au Sud-Est du territoire ivoirien entre les longitudes 3°00' et 4°15' Ouest et les latitudes 5°00' et 5°30' Nord. Limitée au Nord et au Nord-Est par le département d'Alépé, à l'Ouest par la commune de Songon et au Sud par l'Océan Atlantique, elle s'étend d'Abidjan à Aboisso en circonscrivant une superficie de 7.717,22 km<sup>2</sup> (figure 1).

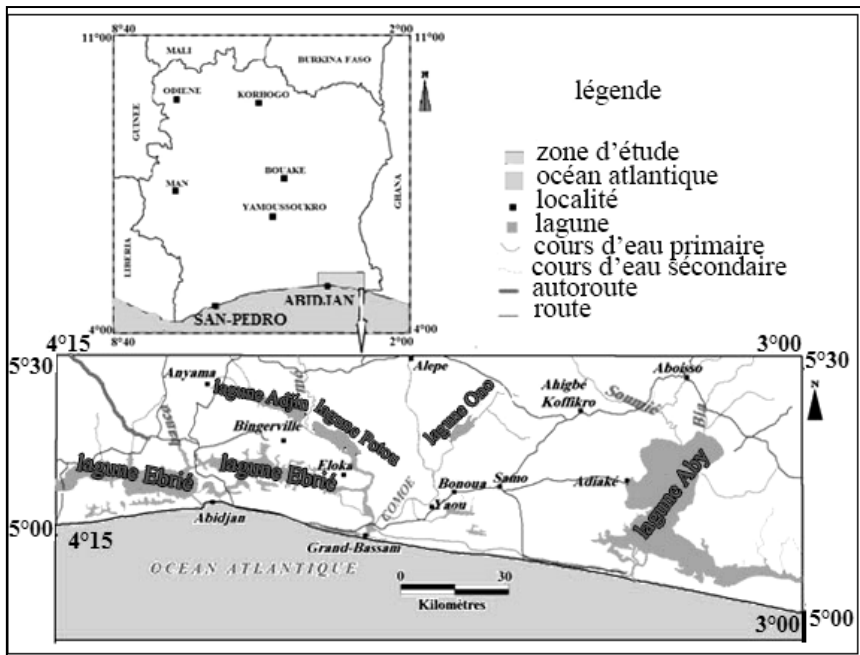


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude



## **Méthodologie**

L'étude projective des variations du climat à l'horizon 2050 sur la zone côtière au Sud-Est du territoire ivoirien, a consisté dans un premier temps à mettre en évidence la variabilité climatique sur cette zone et dans un second temps à simuler sa tendance évolutive jusqu'en 2050.

### ***Mise en évidence de la variabilité climatique***

La mise en évidence de la variabilité climatique sur la zone sud-est côtière est conduite par l'étude des hétérogénéités contenues dans les séries chronologiques de pluies mesurées aux stations d'Abidjan-aéroport, Adiaké, Anonkoua-Kouté et Bingerville. Les hétérogénéités pluri-décennales sont abordées par la méthode du filtre passe-bas d'ordre 2 de Hanning, et les ruptures de tendance par le test statistique de Pettitt.

La méthode du filtre passe-bas d'ordre 2 de Hanning consiste en une élimination des variations saisonnières dans une série chronologique. Pour ce faire, les totaux pluviométriques annuels sont pondérés suivant l'équation 1 (Assani, 1999) :

$$X_{(t)} = 0,06x_{(t-2)} + 0,25x_{(t-1)} + 0,38x_{(t)} + 0,25x_{(t+1)} + 0,06x_{(t+2)} \quad (1)$$

Pour  $3 \leq t \leq (n-2)$

n : taille des échantillons

$3 \leq t \leq (n-2)$  : pour les totaux pluviométriques pondérés compris entre le troisième échantillon jusqu'à l'avant dernier échantillon le calcul est fait en suivant les équations ci-dessous (équations n°2, 3, 4 et 5).

$X_t$  : total pluviométrique pondéré centré sur le temps t ;

$X_{(t-2)}$  et  $x_{(t-1)}$  : totaux pluviométriques observés aux temps t-1 et t-2 immédiatement avant t ;

$x_{(t)}$  : total pluviométrique observé au temps t ;

$x_{(t+1)}$  et  $x_{(t+2)}$  : totaux pluviométriques observés aux temps t+1 et t+2 immédiatement après t.

Pour une série de  $t = 1$  jusqu'à n, les totaux pluviométriques pondérés des deux premiers ( $X_1, X_2$ ) et des deux derniers ( $X_{n-1}, X_n$ ) temps de la série sont calculés au moyen des expressions des équations ci-dessous (équations n°2, 3, 4 et 5):

$$X_1 = 0,54x_1 + 0,46x_2 \quad 2$$

$$X_2 = 0,25x_1 + 0,5x_2 + 0,25x_3 \quad 3$$

$$X_{(n-1)} = 0,25x_{(n-2)} + 0,5x_{(n-1)} + 0,25x_n \quad 4$$

$$X_n = 0,54x_n + 0,46x_{(n-1)} \quad 5$$

Cette méthode permet d'apprécier dans une série chronologique de mesures de pluies, les successions d'années humides, sèches et/ou normales.

Le test statistique de détection de rupture de Pettitt détermine sur une série pluviométrique donnée, la rupture la plus significative dans sa tendance évolutive. Sa mise en œuvre suppose que pour tout instant  $t$  compris entre 1 et  $N$ , les séries chronologiques  $(X_i)$  pour  $i=1$  jusqu'à  $t$  et  $t+1$  à  $N$ , appartiennent à la même population. Ce test repose sur le calcul de la variable  $U_{(t,N)}$  définie par l'équation 6 :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N Dij \quad 6$$

Avec :  $Dij = \text{sgn}(X_i - X_j)$  ;

$$(X) = 1 \text{ si } X > 0 ;$$

$$(X) = 0 \text{ si } X = 0 ;$$

$$(X) = -1 \text{ si } X < 0.$$

### ***Prévision de la tendance évolutive du climat à l'horizon 2050***

La simulation de la tendance évolutive du climat à l'horizon 2050 sur la zone littorale du Sud-Est de la Côte est conduite à partir du logiciel « LARS-WG » (Long Ashton Research Station – Weather Generator). C'est un générateur stochastique de données météorologiques, capable de simuler des données quotidiennes d'après les caractéristiques statistiques du temps observées en un seul lieu. Le processus de génération des données météorologiques synthétiques peut être divisé en trois étapes distinctes : analyse du site, validation des données et génération de données météorologiques synthétiques (Semenov et Barrow, 2002). Dans le cadre de ce travail, les données de pluies et de températures de la station d'Abidjan-aéroport, ont été simulées à l'horizon 2050 à l'aide du modèle HadCM3 (Hadley Center coupled Model, version 3) intégré à ce logiciel. Les séries de données synthétiques obtenues sont représentées graphiquement pour apprécier leur fluctuation.

## RESULTATS

### Variabilité des précipitations

Le filtre passe-bas d'ordre 2 de Hanning, appliqué aux données pluviométriques des stations de la zone littorale du Sud-Est ivoirien, révèle une succession d'années sèches et d'années humides définissant des périodes climatiques résumées au tableau 1.

**Tableau 1** : Résultats du filtre passe bas d'ordre 2 de Hanning

Stations	Chronique	Période normale	Période humide	Période sèche
Anonkoua Kouté	1950-2002	-	1950-1970	1970-2002
Abidjan-aéroport	1936-2012	1936-1948	1948-1983	1983-2012
Bingerville	1960-2012	-	1960-1983	1983-2012
Adiaké	1945-2000	-	1945-1970	1970-2000

Ces chroniques de pluies débutent pour la plupart au tour des années 1950. Elles dégagent deux grandes saisons climatiques. D'abord, une période de pluviométrie satisfaisante ou période humide, située entre 1945 et 1970 s'observe sur l'ensemble des stations. Cette période a fait place à une autre période de pluviométrie déficitaire ou période sèche depuis 1970. La chronique un peu plus longue (1936-2012) de la station d'Abidjan-aéroport, montre que la zone côtière du Sud-Est ivoirien a connu une période d'équilibre pluviométrique dite normale. Elle est antérieure à la période humide de 1945-1970. Ces différentes périodes climatiques (figure 3) sont marquées par des déficits et/ou gains de pluie (tableau 2).

Les gains ou excédents pluviométriques des périodes humides sont quasi-identiques à toutes les stations. Ils fluctuent être + 210 et + 230 mm de lame d'eau précipitée. L'excédent le plus important est observé à la station d'Anonkoua-Kouté (+229,51 mm) dans l'extrême ouest de la zone d'étude. Par contre, et le plus faible (+213,56 mm) s'observe à la station de Bingerville située relativement dans le centre.

**Tableau 2** : Ecart pluviométriques (déficits ou gains) enregistrés au cours des différentes périodes climatiques dans le Sud-Est côtier ivoirien (mm)

Stations	Pluie moyenne interannuelle (mm)	Période normale		Période humide		Période sèche	
		Pluie moy	Ecart	Pluie moy	Ecart	Pluie moy	Ecart
<b>Anonkoua-Kouté</b>	1579,92	-	-	1809,43	+229,51	1430,70	-149,22
<b>Abidjan-aéroport</b>	1873,40	1859,77	≈ 0	2097,42	+224,02	1584,89	-288,51
<b>Bingerville</b>	1846,26		-	2059,82	+213,56	1666,55	-179,71
<b>Adiaké</b>	1897,89		-	2119,27	+221,39	1897,89	-178,5

Les déficits pluviométriques caractéristiques des périodes sèches, fluctuent entre -288,51 et -149,22 mm de pluie. La station d'Abidjan-aéroport a enregistré le déficit pluviométrique le plus important, et celle de la station d'Anonkoua-Kouté, le moins important.

Les périodes humides et sèches décelées par le filtre passe-bas d'ordre 2 de Hanning dans les séries des pluies des stations pluviométriques participent à l'expression d'une tendance évolutive du climat de la zone d'étude. Cette évolution est marquée par des ruptures significatives décelées par le test de Pettitt (tableau 3).

**Tableau 3** : Ruptures et déficits pluviométriques observés sur la zone littorale au Sud-Est

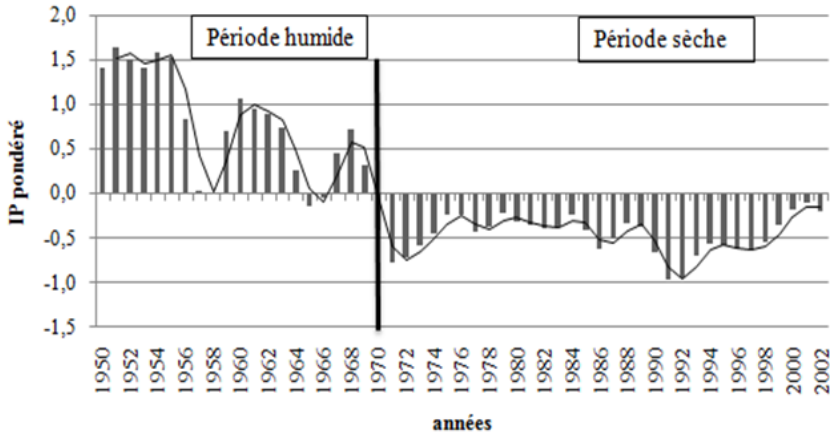
Station	Période d'observation	Date de rupture	Deficit pluviométrique (%)
<b>Anonkoua Kouté</b>	1950-2002	1969	21,73
<b>Abidjan-aéroport</b>	1936-2012	1982	22,79
<b>Bingerville</b>	1960-2012	1982	18,70
<b>Adiaké</b>	1945-2000	1982	24,45

La réalisation de l'évènement pluvieux dans le Sud-Est côtier est marquée par une importante rupture produite en 1982. Elle s'est généralisée d'Ouest en Est aux stations d'Abidjan-aéroport, Bingerville et Adiaké. Quoique produite plutôt en 1969 à la station d'Anonkoua-Kouté (relativement plus à l'Ouest de la zone d'étude). Cette rupture a engendré dans le régime des précipitations du Sud-Est

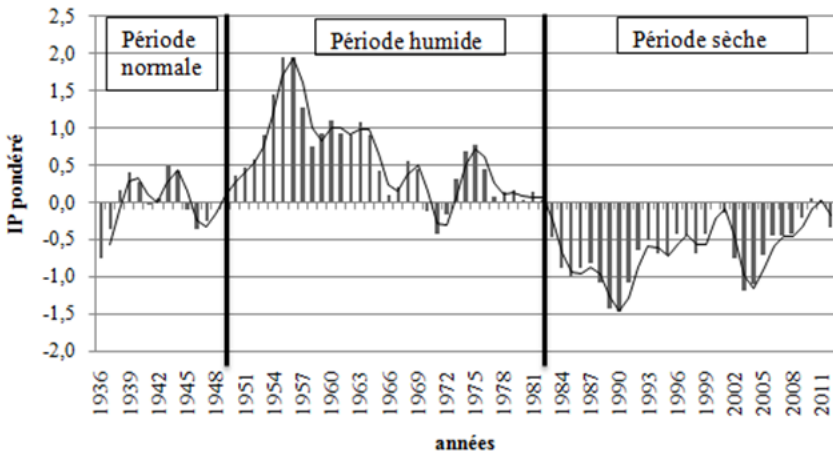


*Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans la zone côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (d'Abidjan à Aboisso)*

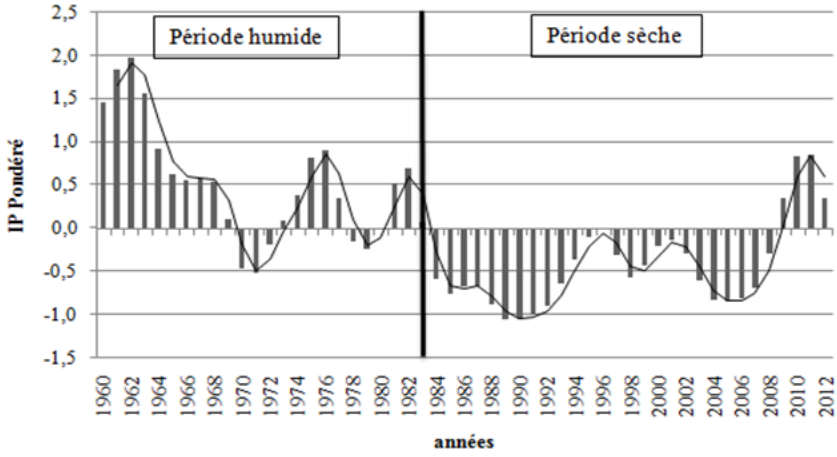
côtier, des déficits pluviométriques importants fluctuant dans l'ordre de 18 à 25%. De plus, elle a marqué la fin d'une période de hausse des précipitations, au profit d'une baisse généralisée des pluies après 1982.



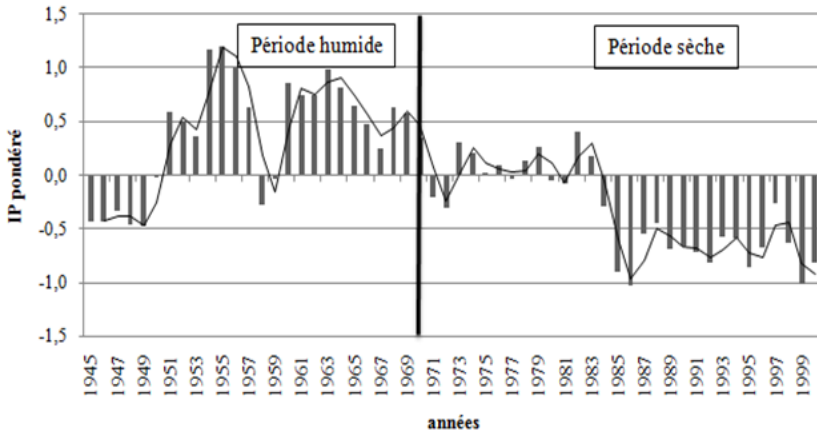
**a) Station d'Anonkoua kouté**



**b) Station d'Abidjan aéroport**



c) Station de Bingerville



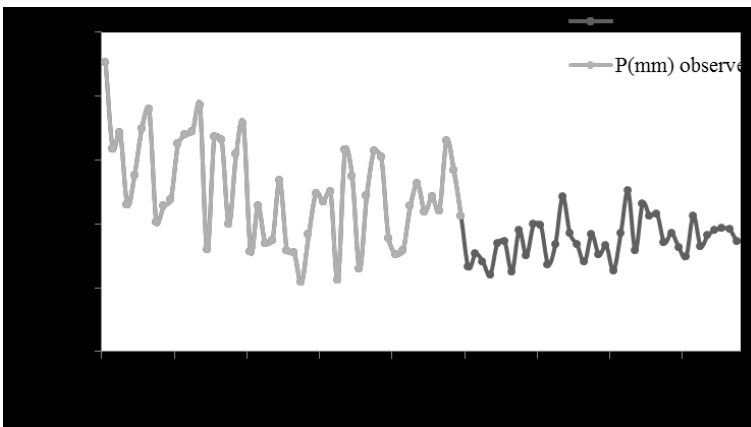
d) Station d'Adiaké

**Figure 3 :** Variation de l'indice pluviométrique pondéré dans le Sud-Est du littoral ivoirien aux stations d'Anonkoua Kouté (a), d'Abidjan aéroport (b), de Bingerville (c) et d'Adiaké (d)

## **Evolution des paramètres climatiques (précipitation et température) à l'horizon 2050**

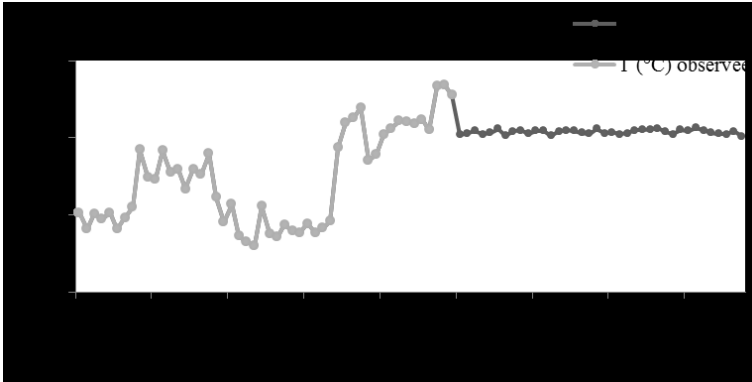
La prédiction de l'évolution à l'horizon 2050 des précipitations et des températures a concerné uniquement la station d'Abidjan-aéroport.

Au niveau des précipitations, la figure 4 illustre les fluctuations des valeurs moyennes de pluies simulées par le modèle HadCM3 à l'horizon 2050. La moyenne interannuelle de la lame d'eau qui précipiterait sur la période de simulation (2013-2050) est de 1374,37 mm contre 1761,29 mm de pluie moyenne interannuelle sur la période d'observation 1963-2012. Il se dégage un déficit de -386,92 mm. Cela traduit une baisse pluviométrique qui atteindra les 22% à l'horizon 2050.



**Figure 4 :** Fluctuation des pluies (mesurées et estimées) à la station d'Abidjan-aéroport

Au niveau des températures (figure 5), la moyenne interannuelle de la période d'observation (1963-2012) est de 25,52°C et celle estimée par le modèle HadCM3 sur la période de simulation (2013-2050) est de 26,81°C. Cette simulation des températures fait ressortir une augmentation moyenne de 1,29°C à l'horizon 2050 sur le Sud-Est côtier de Côte d'Ivoire, mesurable à la station d'Abidjan-aéroport.



**Figure 5 :** Fluctuations des températures observées et estimée à la station Abidjan-aéroport

## DISCUSSION

La baisse de la pluviométrie observée sur la zone côtière au Sud-Est du territoire ivoirien, se situe en générale après 1970, année charnière (UICNBRAO et *al.*, 2003) où cette baisse est connue en Afrique de l’Ouest. Au cours de cette période après 1970 en effet, les chutes pluviométriques très importantes sont signalées en Côte d’Ivoire (Paturel et *al.*, 1995). Les années de ruptures observées dans les séries pluviométriques des stations de la zone littorale du Sud-Est ivoirien (1968, 1969, 1970 et 1982) ont été signalées également dans l’Ouest de la Côte d’Ivoire (Paturel et *al.*, 1995). Ces ruptures ont consacrées des déficits pluviométriques importants de l’ordre de 18 à 25%. Goula et *al.* (2006 b) ; Kouassi, (2007), ont révélé une baisse pluviométrique similaire dans les bassins du N’zi et du N’zo respectivement au Centre et à l’Ouest de la Côte d’Ivoire.

Les prédictions du climat qui prélevera sur le Sud-Est côtier de Côte d’Ivoire à l’horizon 2050, conduites à partir des simulations de l’évolution des précipitations et des températures de la station d’Abidjan-aéroport, ont donné des résultats qui s’inscrivent dans le contexte global des prévisions du climat mondial (OCDE, 2008 ; GIEC, 2013). L’augmentation de 1,29°C de la température dans la zone d’étude à l’horizon 2050 est incluse dans la tranche des augmentations de températures (1,7-2,4°C) déterminées par l’Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE, 2008). Elle est quasi-similaire à l’accroissement thermique (1,1°C) à l’horizon 2050 prévu au

Bénin (Boko et *al.*, 2012). La baisse des précipitations de l'ordre de 22% est logique vis-à-vis de ces accroissements thermiques probables annoncés.

## **CONCLUSION**

L'étude de la variabilité du climat et de sa projection à l'horizon 2050 sur la zone côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, allant d'Abidjan à Aboisso, a nécessité l'utilisation du filtre passe-bas d'ordre 2 de Hanning, du test de détection de rupture de Pettitt et du modèle HadCM3.

Sur l'ensemble des stations pluviométriques utilisées, un découpage en période d'années normales, d'années humides et d'années sèches, marqué par des excédents ou des déficits pluviométriques, est mis en évidence. Dans la succession de ces différentes périodes climatiques, des ruptures marquant des changements de régimes pluviométriques de la zone d'étude, ont été détectées en 1969 (station d'Anonkoua-Kouté) et en 1982 (stations de : Abidjan-aéroport, Bingerville et Adiaké). Ces ruptures ont consacré dans la zone la fin d'une phase de hausse pluviométrique allant depuis le début des enregistrements de la pluviométrie dans les stations jusqu'en 1969 pour la station d'Anonkoua-Kouté et 1982 pour les autres stations, au profit d'une baisse généralisée des précipitations. La période de ces baisses pluviométriques qui a débutée autour des années 1970, est marquée par de très forts déficits.

Les prévisions de la pluviométrie et de la température faites dans la région à partir du modèle HadCM3, révèlent une tendance à la baisse de 22% pour la pluviométrie et une augmentation de 1,29°C pour la température à l'horizon 2050.

## **REMERCIEMENTS**

La présente étude a été initiée dans le cadre des projets d'appui à l'enseignement supérieur (PAES) des pays de l'UEMOA. L'étude a été logée au laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (UFR-STM) et a bénéficié du soutien financier de l'UEMOA et de la BAD. Nous exprimons notre gratitude aux responsables des structures de financement, à l'UFR-STRM et aux structures étatiques (SODEXAM, CNRA, ONEP) qui ont fourni les données climatologiques et hydrométriques

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adja M. G. (2009). Étude de l'état hydrique saisonnier du bassin versant de la Bagoé dans un contexte de variabilité climatique : départements de Boundiali et Tengréla (Milieux soudano-sahéliens au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 177 p.
- Assani A. A. (1999). Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (El Niño/La Niña). *Revue Sciences et Changements planétaires-Sécheresse*, Vol. 10, n°4, pp. 245-252.
- Boko M., Kosmowski F. et Vissin E. W. (2012). Les enjeux du changement climatique au Bénin. Konrad-Adenauer-Stiftung. Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest. 72p.
- Bricquet J. P., Bamba F., Mahé G., Touré M. et Olivry J. C. (1997). Évolution récente des ressources en eau de l'Afrique atlantique. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 10, n°3, pp.321-337.
- CCT-BNETD (2012). Quadrillage kilométrique-Ellipsoïde WGS 84. Projection de Mercator Transverse Universelle (M.T.U.) Fuseau 30 Méridien origine 3° Ouest du méridien International, à l'échelle 1/200000.
- GIEC. (2013). Bilan sur les changements climatiques : Rapport de synthèse GIEC, Stockholm, en Suède, 34 p.
- Goula B. T. A., Savané I., Brou K., Vamoryba F. et Gnamien B. K. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins du N'Zo et du N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *Revue en Sciences de l'Environnement Vertigo*, vol.7, no.1, 24 p.
- Kouassi A. M. (2007). 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), 210 p.
- Kouassi A.M., Kouamé K.F., Yao K.B., Dje K.B., Paturel J.E., Oularé S. (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. *Revue Européenne de Géographie (Cybergéo)*, <http://cybergegeo.revues.org/index23388.html>.
- Mahé G. et Olivry J.C. (1997). Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Revue Sciences et Changements Planétaires-Sécheresse*, Vol. 6, n°1, pp 109-117.
- OCDE. (2008). Changement climatique : relever le défi à l'horizon 2050. Synthèses, l'Observateur, 8 p.

*Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans la zone côtière au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (d'Abidjan à Aboisso)*

- Paturel J. E., Servat E., Kouamé B. et Boyer J.F. (1995). Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne, cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Benin. Bulletin sécheresse, vol.6, n°1, pp. 95-102.
- Semenov M. A. et Barrow E. M. (2002). LARS-WG. A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User Manual. Version 3, 38p.
- Servat E., Paturel J. E., Lubès N. H., Kouamé B., Masson J. M., Travaglio M. et Marieu B. (1999). De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne. Revue des Sciences de l'Eau, vol.12, n°2, pp.363-387.
- UICN-BRAO, GWP-WAWP et CILSS (2003). Eau, changement climatique et désertification en Afrique de l'Ouest : Stratégie régionale de préparation et d'adaptation. Ouagadougou (Burkina-Faso), 57 p.