EVENEMENT CLIMATIQUE EXTREME : CAS DU PHENOMENE ENSO SUR LE CLIMAT ET LES DEBITS DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE N'ZI (COTE D'IVOIRE)

EXTREME CLIMATIC EVENTS : THE IMPACT OF ENSO ON CLIMATE AND STREAMFLOW IN THE N'ZI RIVER BASIN, COTE D'IVOIRE

KOUADIO Zilé Alex[1*], **TOURE** Fanraban Fabrice[1], **OUEDE** Gla Blaise, **DJE** Kouakou Bernard[2]

[1]*Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire*

[2]*Société d'Exploitation Aéroportuaire, Aéronautique et Maritime (SODEXAM), Abidjan, Côte d'Ivoire*

***Auteur de correspondance** : kazile2004@yahoo.fr

RESUME

Le phénomène El Niño-Southern Oscillation (ENSO) est un cycle climatique naturel qui influence les conditions météorologiques à l'échelle mondiale, caractérisé par des variations périodiques des températures de surface de la mer dans l'océan Pacifique tropical. Pendant les événements El Niño, les eaux de surface plus chaudes que la normale dans cette région modifie les modèles de vents atmosphériques, affectant les schémas de précipitations et les températures à travers le monde. En revanche, pendant La Niña, les eaux de surface plus froides que la normale entraîne des effets opposés, avec des précipitations plus abondantes dans certaines régions et des conditions plus fraîches. Ces fluctuations climatiques peuvent provoquer des phénomènes météorologiques extrêmes tels que des sécheresses prolongées, des inondations sévères, des tempêtes tropicales renforcées et des vagues de chaleur. Les impacts socio-économiques d'ENSO sont significatifs, touchant divers secteurs comme l'agriculture, la sécurité alimentaire, la santé publique et les infrastructures. La prévision et la surveillance d'ENSO reposent sur des modèles climatiques avancés et des systèmes de surveillance météorologique qui aident à anticiper ces événements et à minimiser leurs impacts. Les communautés côtières et celles dépendantes des ressources naturelles sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques induits par ENSO, nécessitant des stratégies d'adaptation telles que la gestion des ressources en eau, l'agriculture résiliente au climat et la planification urbaine durable. La coopération internationale est cruciale pour renforcer la résilience face à ces défis, en favorisant l'échange de connaissances, la collaboration scientifique et le soutien aux initiatives de réduction des risques climatiques. En résumé, ENSO joue un rôle central dans la variabilité climatique mondiale, influençant profondément les conditions météorologiques et les écosystèmes à travers des impacts divers et parfois dévastateurs sur les sociétés humaines et l'environnement.

Mots clés : Enso, impact, climat, régime hydrologique, bassin versant du N'Zi

ABSTRACT

The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a natural climate cycle that influences global weather patterns, characterised by periodic variations in sea surface temperatures in the tropical Pacific Ocean. During El Niño events, warmer-than-normal surface waters in this region alter atmospheric wind patterns, affecting precipitation patterns and temperatures

around the world. On the other hand, during La Niña, colder-than-normal surface waters lead to opposite effects, with heavier rainfall in some regions and cooler conditions. These climate fluctuations can lead to extreme weather events such as prolonged droughts, severe flooding, intensified tropical storms and heat waves. The socio-economic impacts of ENSO are significant, affecting sectors such as agriculture, food security, public health and infrastructure. ENSO forecasting and monitoring relies on advanced climate models and meteorological surveillance systems to help anticipate these events and minimize their impacts. Coastal and resource-dependent communities are particularly vulnerable to ENSO-induced climate change, requiring adaptation strategies such as water resource management, climate-resilient agriculture and sustainable urban planning. International cooperation is crucial to building resilience in the face of these challenges, by promoting knowledge exchange, scientific collaboration and support for climate risk reduction initiatives. In summary, ENSO plays a central role in global climate variability, profoundly influencing weather patterns and ecosystems through diverse and sometimes devastating impacts on human societies and the environment.
Keywords : Enso, impact, climate, hydrological regime, N'Zi watershed

INTRODUCTION

Le bassin versant du N'Zi, est un écosystème vital pour les communautés locales, fournissant des ressources en eau essentielles à la consommation humaine, à l'agriculture et à la biodiversité environnante. Cependant, cet écosystème est confronté à des défis croissants liés aux variations climatiques, notamment celles induites par l'El Niño Southern Oscillation (ENSO). En effet, ENSO est un phénomène climatique global qui a pour origine une anomalie de température des eaux de la surface océanique du Pacifique équatorial. Lorsque celle-ci est anormalement supérieure à la normale, on assiste à un épisode El Niño. Mais dans le cas d'un déficit thermique important, on assiste à un épisode de La Niña (Camberlin *et al.*, 2001). Ces deux phénomènes, lorsqu'ils sont persistants, provoquent des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les sécheresses et les inondations (Merle *et al.*, 1984). Ils impactent de façon saisonnière les climats mondiaux. Il existe une étroite relation entre El Niño et la pluviométrie du Nord-Est brésilien. En effet, en situation La Niña, les cumuls pluviométriques annuels d'Angola augmentent considérablement (Doberitz, 1969). En Australie centrale, l'avènement d'un important El Niño occasionne de vastes inondations (Allan *et al.*, 1996). Des situations similaires sont également observées au Canada. Par ailleurs, l'atmosphère tropicale réagit de façon relativement homogène sur des échelles spatiales très vastes supérieures au million de km² aux champs de températures et d'humidité de surface. Une anomalie chaude en surface provoque ainsi une anomalie de convergence du vent et une anomalie d'ascendance dans la troposphère, même si ces dernières sont également reliées au niveau thermique moyen. Si l'air est suffisamment proche de la saturation, la condensation en moyenne troposphère et la libération de chaleur latente associées permettent de coupler la convergence dans les basses couches avec une divergence

dans les couches supérieures de la troposphère. L'air évacué horizontalement au sommet de la troposphère peut retomber vers la surface sur plusieurs milliers de kilomètres. Ce phénomène perturbe la répartition de la masse atmosphérique et est directement à l'origine des téléconnexions. La plus importante d'entre elles est associée au phénomène El Niño Oscillation Australe (ENOA), dont les phases chaudes et froides se produisent tous les 3-7 ans dans le Pacifique tropical (Rasmusson et Carpenter, 1982) et dont les conséquences sont perceptibles dans la quasi-totalité de la zone tropicale (Ropelewski et Halpert, 1987, 1996 ; Kiladis et Diaz, 1989 ; Klein *et al*., 1999), même si sa signature spécifique est mélangée avec d'autres signaux quand on s'éloigne du Pacifique tropical.

Ces dernières années, ces phénomènes sont devenus très récurrents et ont des répercussions directes sur le climat ivoirien. Cette étude vise à analyser les impacts du phénomène ENSO sur le climat en général et particulièrement sur les régimes hydrologiques dans le bassin versant de la rivière N'Zi. Elle devra conduire successivement à caractériser les variations climatiques historiques en lien avec les événements ENSO, caractériser la variabilité hydrologique du fleuve N'Zi et évaluer les effets des événements ENSO sur les régimes hydrologiques du bassin versant de la rivière N'Zi.

2.METHODOLOGIE

2.1. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant de la rivière N'Zi est situé entre les longitudes 3°46' et 5°24' Ouest et les latitudes 5°58' et 9°26' Nord. Il est l'affluent le plus important en rive droite du bassin versant du fleuve Bandama (Figure 1). Il couvre une superficie de 35 500 km² avec une longueur de 725 km (Kouassi et *al*., 2010 ; Koudou, 2013). Il prend sa source à 400 m d'altitude à l'Est de Ferkessédougou au Nord du pays. Il rejoint le fleuve Bandama à N'Zianouan près de la localité de Tiassalé. La rivière N'Zi suit une orientation Nord-Sud au début de son cours, parallèle au Bandama, avant de faire une large boucle vers l'Est, puis de revenir vers le Bandama dans une orientation Nord-Est/Sud-Ouest. Le bassin est caractérisé par une ancienne pénéplaine avec une pente douce vers le Sud, traversant différentes zones climatiques et biogéographiques. Sa pente est moyennement constante de 0,53%. La rivière N'Zi est limitée par le bassin versant du fleuve Comoé au Nord et à l'Est et le cours d'eau principal du fleuve Bandama à l'Ouest et au Sud.

La géologie est celle du domaine protérozoïque de la dorsale de Man et est couvert par trois complexes géologiques que sont les granitoïdes éburnéens (granites à biotite, granites à deux micas, migmatites, granodiorites, pegmatites), les formations birimiennes (méta-sédiments et méta-vulcanites) et les formations antébirimiennes (migmatites). Les sols sont essentiellement ferralitiques. La végétation est très variée du Nord au Sud. Le domaine soudanien au Nord est dominé par des savanes arbustives, herbeuses, arborées et boisées. Des îlots de forêts dégradées et des forêts

galeries se trouvent également sur les plateaux. Le secteur pré-forestier est caractérisé par une forêt dégradée, des savanes guinéennes parsemées de forêts galeries, et des îlots de forêts denses. La végétation devient de plus en plus dégradée à mesure que l'on s'approche du sud, la forêt faisant progressivement place à la savane.

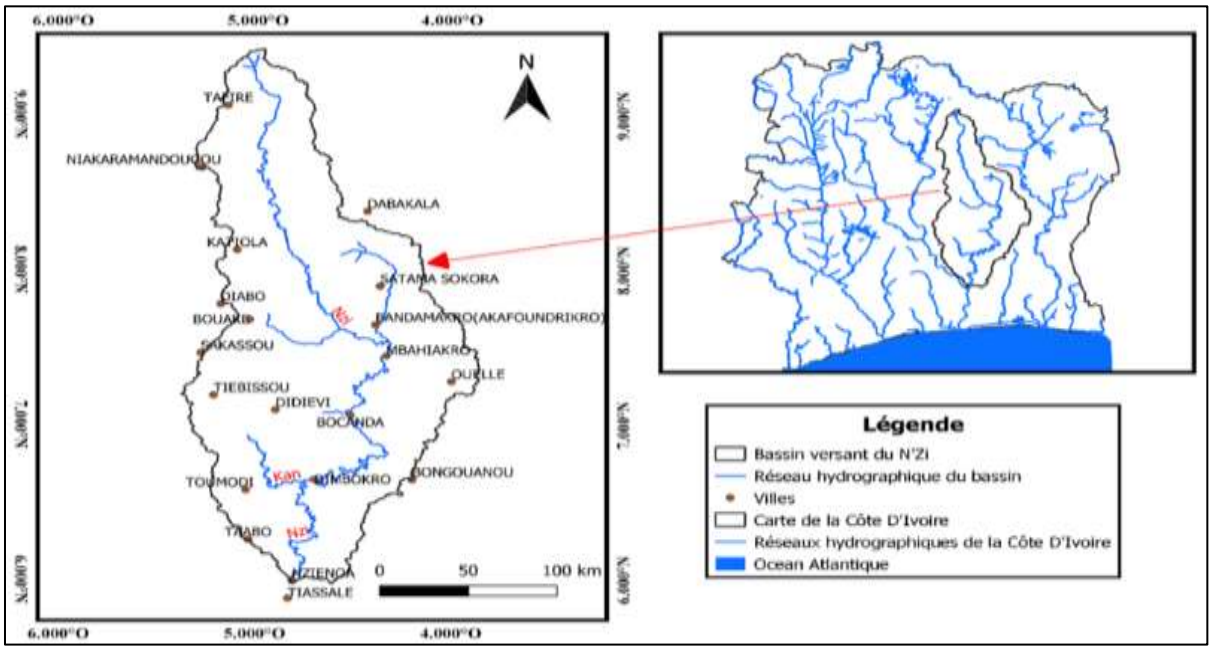


Figure 1. Situation géographique du bassin versant de la rivière N'Zi

2.2. Description du phénomène ENSO

L'ENSO se manifeste par des changements dans les températures de surface de la mer (TSM) dans les régions centrale et orientale de l'océan Pacifique équatorial. En effet, les alizés qui soufflent d'Est en Ouest le long de l'équateur, poussent les eaux chaudes vers l'ouest (Figure 2). Ainsi, les remontées d'eaux plus froides les remplacent. Une augmentation prolongée des vents alizés de sud-est entraîne une accumulation des eaux chaudes dans le Pacifique ouest, une élévation du niveau de la mer et un approfondissement de la thermocline. Dès que les vents tombent, l'eau accumulée a tendance à s'écouler en retour vers le Pacifique est. Le retour des eaux chaudes vers l'est par les courants contraires est un phénomène purement océanique. Le déplacement vers l'ouest de l'anomalie thermique de surface est un phénomène d'interaction entre l'océan et l'atmosphère (Kraus *et al*., 1983). Les conséquences climatologiques locales de l'ENSO sont que les eaux anormalement chaudes du Pacifique équatorial et central favorisent 1'evaporation et donc les précipitations.

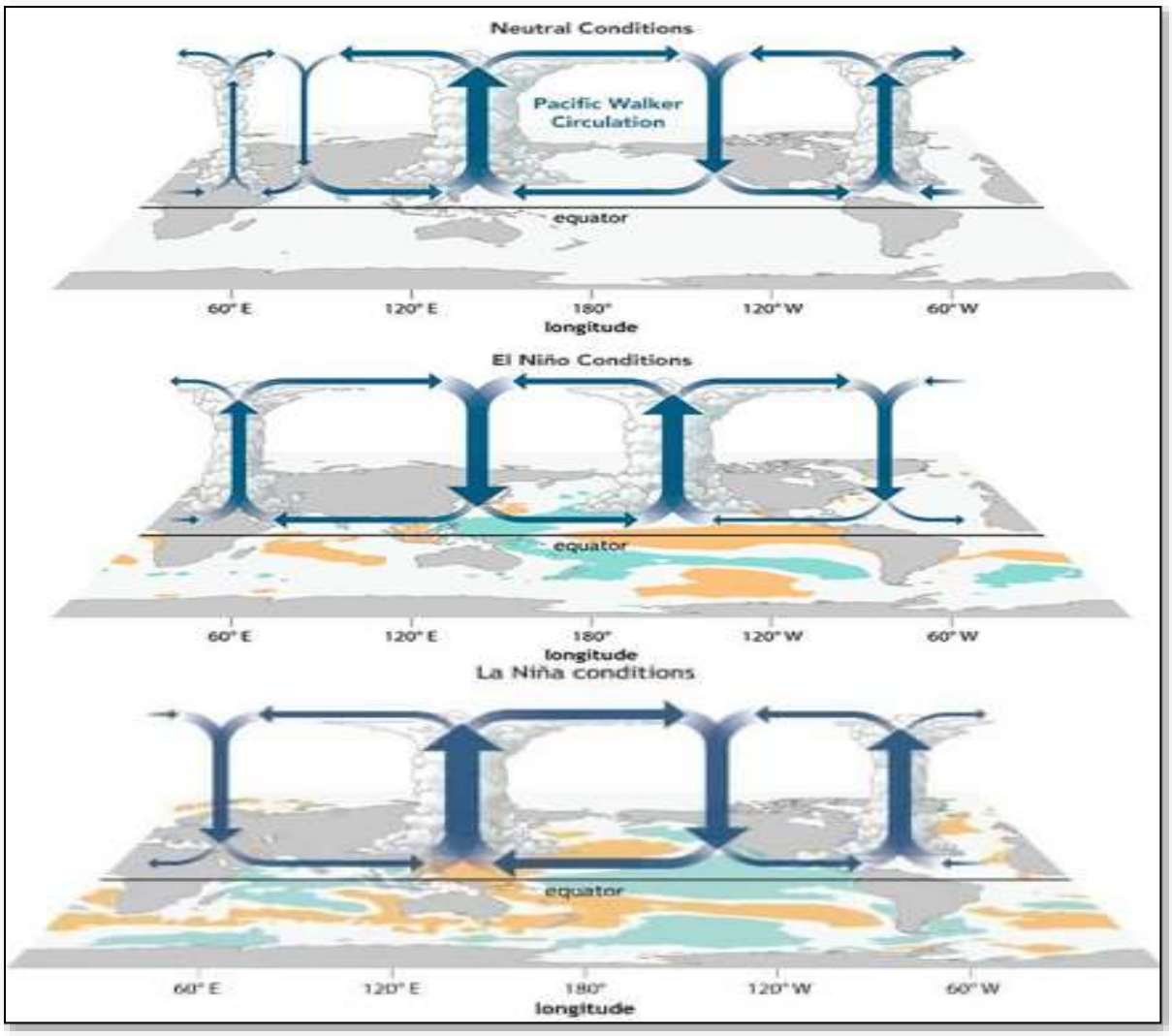


Figure 2. Evolution des cellules de convection/subsidence pendant les épisodes respectifs de l'ENSO

Au niveau socio-économique, El Niño peut affecter l'agriculture de diverses façons selon sa durée et son intensité. Une sécheresse sévère a diminué la production céréalière de 23% dans la même région (FAO, 2016) au cours de la saison 2015-2016. Selon les travaux de Kouakou *et al*. (2018), Kangah & Kaudjhis (2016), la phase chaude de l'ENSO impacte variablement les régions ivoiriennes en termes de précipitations. Ainsi, lorsque les mois de Mai, Juin et Juillet connaissent des déficits pluviométriques, cela conduit à des retards de semis, de croissance et de développement des cultures, les dates de début et de fin de saison une modification de la durée des saisons pluvieuses.

2.3. Matériel et méthodes

2.3.1. Données utilisées

Les données de température de surface de la mer pour l'indice Niño 3.4 des quatre indices NINO existants (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 et Niño 3.4) ont porté sur la période 2000-2020 et

couvrent la zone géographique 5°N/5°S – 170°W/120°W. Les valeurs de l'indice sont issues des archives de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)/Climate Prediction Center (CPC) sont accessibles sur le *site (http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/).*
Les données climatiques utilisées proviennent de la base de données de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) / Direction de la Météorologie Nationale (DMN) sur la période 2000-2020. Ainsi, deux (02) postes pluviométriques et deux stations synoptiques, localisés dans la zone d'étude ont été utilisés pour l'étude. Ces données sont au pas de temps journalier et analysées aux échelles journalières et mensuelles. La chronique des débits journaliers du bassin versant de la rivière N'Zi est fournie par la Direction de l'Hydraulique Humaine (DHH) du Ministère de l'hydraulique. Les stations retenues sont celles de Bocanda, Fêtêkro et de Dimbokro.

2.3.2. Outils utilisés

Les outils utilisés sont :
- ArcGis 10.4.6 pour la réalisation des différentes cartes ;
- Excel 2019 pour les calculs numériques, les représentations graphiques, les analyses et les traitements statistiques des données ;
- Google earth : pour la localisation des localités de la zone d'étude ;
- R Studio pour analyser et simuler les données statistiques descriptives des séries temporelles, moyennes, écart-types, indices, tendances, analyses de variances, régressions simples et multiples, coefficients de corrélation, etc.

2.3.3. Méthodologie

La méthodologie a consisté d'abord à déterminer les années El Niño/La Niña à travers la méthode de Trenberth. Ensuite, analyser les données climatiques et hydrologiques pour évaluer l'impact d'ENSO sur le bassin versant du N'Zi en utilisant l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI) allant de très sec à très humide avec des valeurs comprises entre -2 et 2. Enfin, évaluer l'impact des anomalies liées à ENSO sur la disponibilité en eau à l'aide du logiciel R à travers le coefficient de corrélation qui varie de -1 à 1.

3. RESULTATS

3.1. Identification des périodes correspondant aux événements ENSO (El Niño et La Niña)

Avec les indices Niño 3.4, plusieurs années caractérisées par des phases positive, négative et neutre sont observées (Figure 3). Ainsi, en référence aux années El Niño et La Niña retenues par la communauté scientifique internationale (Figure 4), six années El Niño (indices supérieurs à 0,5) sont observées en 2002, 2004, 2006, 2009, 2015, 2018. A l'inverse, huit années (2000, 2005, 2007, 2010, 2011, 2016, 2017 et 2020) de scores inférieurs à (- 0,5) (La Niña) sont également observées. Ces événements climatiques

majeurs influencent significativement les conditions météorologiques mondiales, affectant les précipitations, les températures et les phénomènes météorologiques extrêmes à l'échelle planétaire.

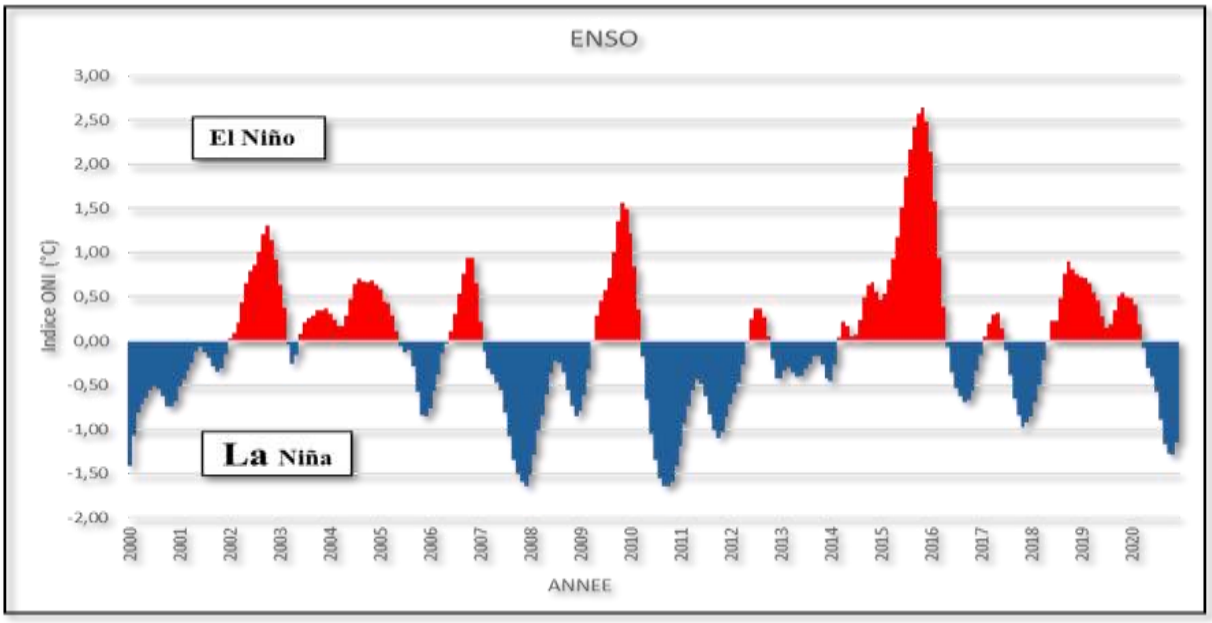


Figure 3. Identification des années ENSO de 2000 à 2020

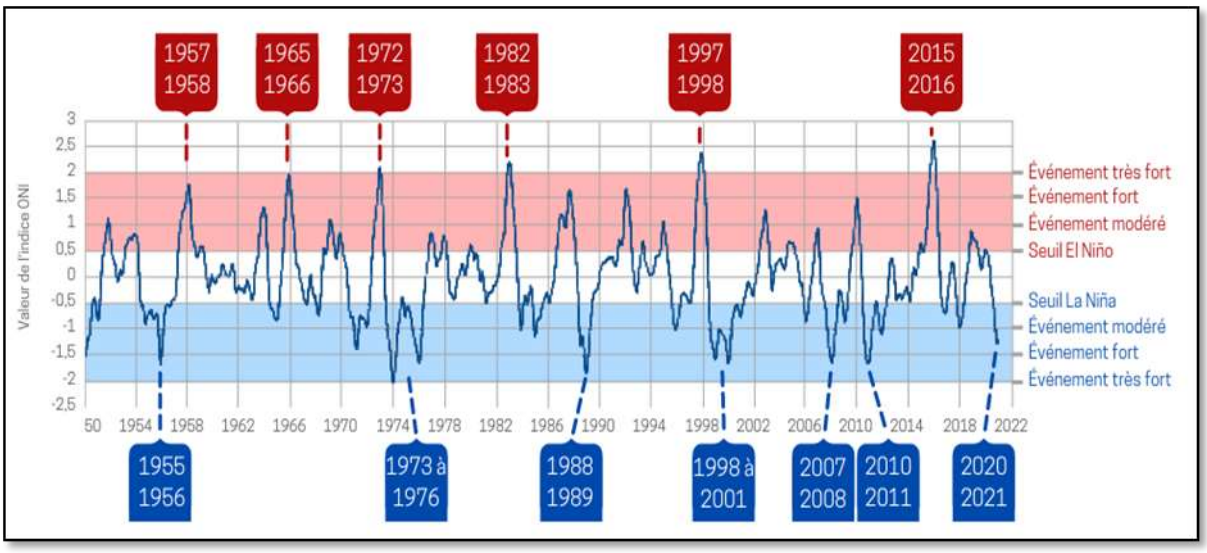


Figure 4. Phénomènes ENSO ayant marqué la période 1950-2020

3.2. Variabilité hydrologique du fleuve N'Zi

Les résultats de la figure 5 révèlent que la zone s'étude a fortement été impactée par de longues séquences sèches au cours de la période 2000-2020. A Fêtèkro deux périodes sèches se dégagent, et deux périodes humides. La première part de 2000 à 2006 à Fêtèkro et de 2009 à 2017 à Fêtèkro, la période humide part de 2007 à 2008 et de 2018 à 2020. A la station de Bocanda, une période humide et une période sèche se dégagent. La période sèche est aperçue de 2000 à 2011, à Bocanda la période humide est aperçue de 2012 à 2020. A la station de Dimbokro, trois périodes humides et deux

périodes sèches sont observables. La période humide commence de 2000 à 2002, 2006 à 2007 et de 2017 à 2020 comprise entre deux et trois années. Les périodes sèches se dégagent de 2003 à 2005 et de 2008 à 2016. Les indices débits de sécheresse négatifs sont en majorité dominants, ce qui traduit une très longue période sèche comprise entre deux et huit années. Le constat le plus marquant, est la domination de la sécheresse d'un point de vue générale. Toutes les stations ont enregistré de périodes sèches dites fortement sèches. La sècheresse la plus sévère a été observée à Dimbokro.

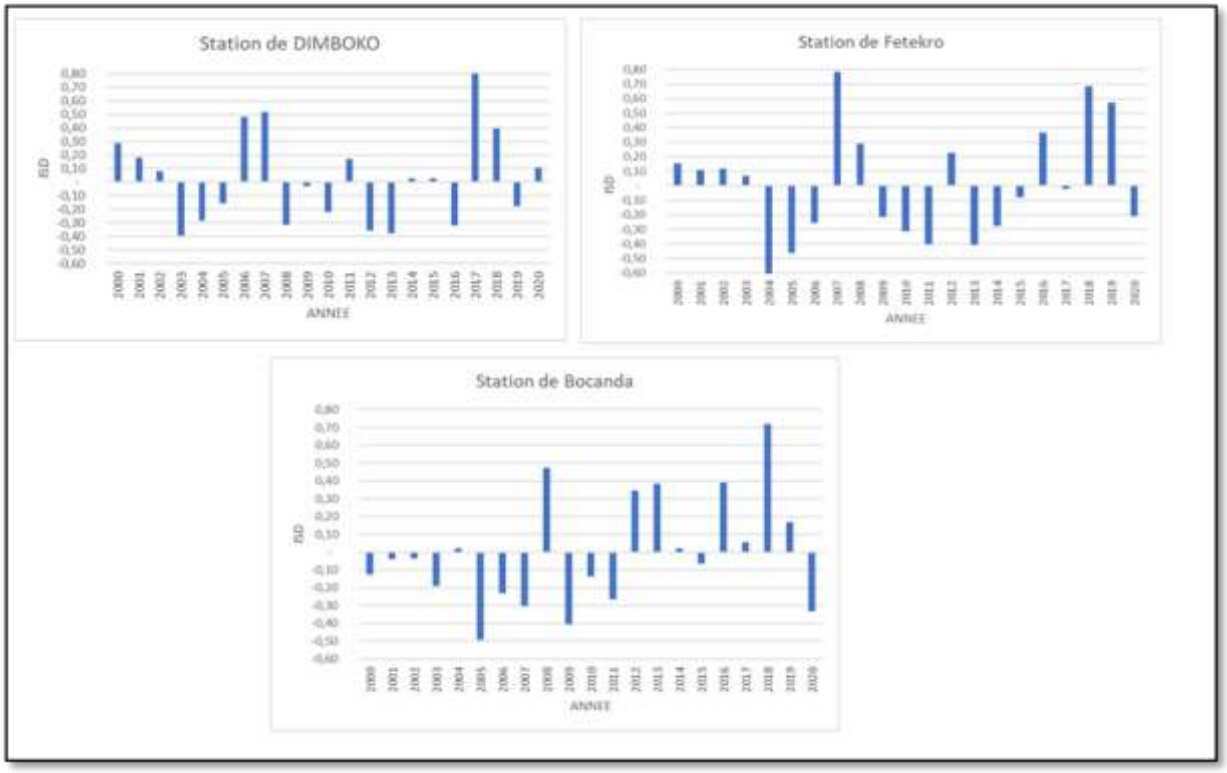


Figure 5. Variations interannuelles de l'indice Hydrométrique aux stations (Bocanda, Dimbokro, Fêtèkro)

3.3. Effets du phénomène ENSO sur les régimes hydrologiques du bassin versant de la rivière N'Zi

3.3.1. Analyse des variations des débits fluviaux et des niveaux d'eau en relation avec les évènements ENSO

Pendant les années de la Nina, les débits du fleuve sont réduits, avec une diminution des précipitations et des niveaux d'eau plus bas. Les débits sont plus élevés, avec des précipitations accrues. Le tableau 1 montre une alternance entre les années de la Nina et d'el Niño, illustrant une variabilité climatique importante. Les évènements la Nina et el Niño se succèdent avec des impacts distincts sur les débits fluviaux et les niveaux d'eau. Durant les années la Nina, les précipitations diminuent entrainant une réduction des débits fluviaux et des niveaux d'eau bas. Cela conduit à une sécheresse accrue et nécessite une gestion prudente des ressources en eau pour éviter les pénuries. Les années el Niño sont marquées par des précipitations accrues, augmentant les

débits fluviaux et les niveaux d'eau. Cette situation accroit le risque d'inondation (Tableau I).

Tableau I. Débits fluviaux et niveaux d'eau

Années	Type d'ENSO	Impacts sur les débits fluviaux	Impacts sur les niveaux d'eau
2000, 2005, 2007, 2010, 2011, 2017, 2020	La Niña	Débits réduits, diminution des précipitations, niveaux d'eau plus bas	Risque accru de sécheresse, gestion prudente des ressources en eau
2002, 2004, 2006, 2009, 2015, 2018	El Niño	Débits plus élevés, précipitations accrues, risque accru d'inondations	Augmentation des niveaux d'eau, risque accru d'inondations

3.3.2. Analyse de la corrélation entre l'ENSO, les Précipitations et la Sécheresse

L'analyse des corrélations entre les indices climatiques, les indices de débit et les phénomènes ENSO révèle plusieurs relations importantes (Figure 6). À Bocanda, l'indice climatique montre une forte corrélation positive avec l'indice de Fêtèkro (0,36), ce qui indique des conditions climatiques similaires entre ces deux régions. Cependant, les indices de Bocanda présentent des corrélations négatives significatives avec l'indice SPI Bocanda (-0,51) et l'indice El Niño (-0,47), suggérant que la sécheresse à Bocanda diminue lorsque ces indices augmentent. De plus, l'indice de débit de Bocanda montre également une corrélation négative avec l'indice El Niño, ce qui indique que les débits peuvent diminuer en période d'El Niño. Pour Fêtèkro, les indices présentent des corrélations positives avec ceux de Dimbokro (0,15) et Bocanda (0,35), mais des corrélations légèrement négatives avec Dimbokro (-0,31) et El Niño (-0,35). Les indices de débit à Fêtèkro montrent également une tendance à diminuer lorsque l'indice d'El Niño augmente, ce qui est cohérent avec les corrélations observées. À Dimbokro, les indices sont positivement liés à ceux de Bocanda (0,29) et Fêtèkro (0,15), mais négativement corrélés avec l'indice Dimbokro (-0,13). Les indices de débit de Dimbokro sont également positivement corrélés avec Bouaké (0,22) et légèrement positifs avec El Niño (0,09), suggérant que les débits peuvent augmenter avec El Niño, bien que cette relation soit faible. Les indices de M'Bahiakro montrent une forte corrélation positive avec ceux de Bocanda (0,33), mais une faible corrélation négative avec l'indice El Niño (-0,10). Les débits à M'Bahiakro montrent une légère tendance à diminuer avec l'augmentation d'El Niño. Les indice de débit de Bouaké sont fortement corrélés avec ceux indices de Dimbokro (0,22) et El Niño (0,49). Les indices de débit de Bouaké montrent aussi des corrélations positives avec El Niño, ce qui indique que les débits augmentent généralement en période d'El Niño. Cependant, Bouaké présente aussi des corrélations négatives avec Dimbokro (-0,13) et Fêtèkro (-0,31). Pour l'indice El Niño, il y a une forte corrélation positive avec Bouake (0,49) et

une faible corrélation positive avec Dimbokro (0,09), mais des corrélations négatives avec Bocanda (-0,20) et SPI Bocanda (-0,47). L'indice de débit pendant El Niño montre des tendances diverses selon les régions, avec une certaine tendance à l'augmentation dans certaines régions comme Bouaké, mais une diminution dans d'autres comme Bocanda. Enfin, l'indice La Niña est négativement corrélé avec l'indice El Niño (-0,28), ce qui montre que les conditions climatiques et les indices de débit sont influencés de manière opposée par ces deux phénomènes ENSO.

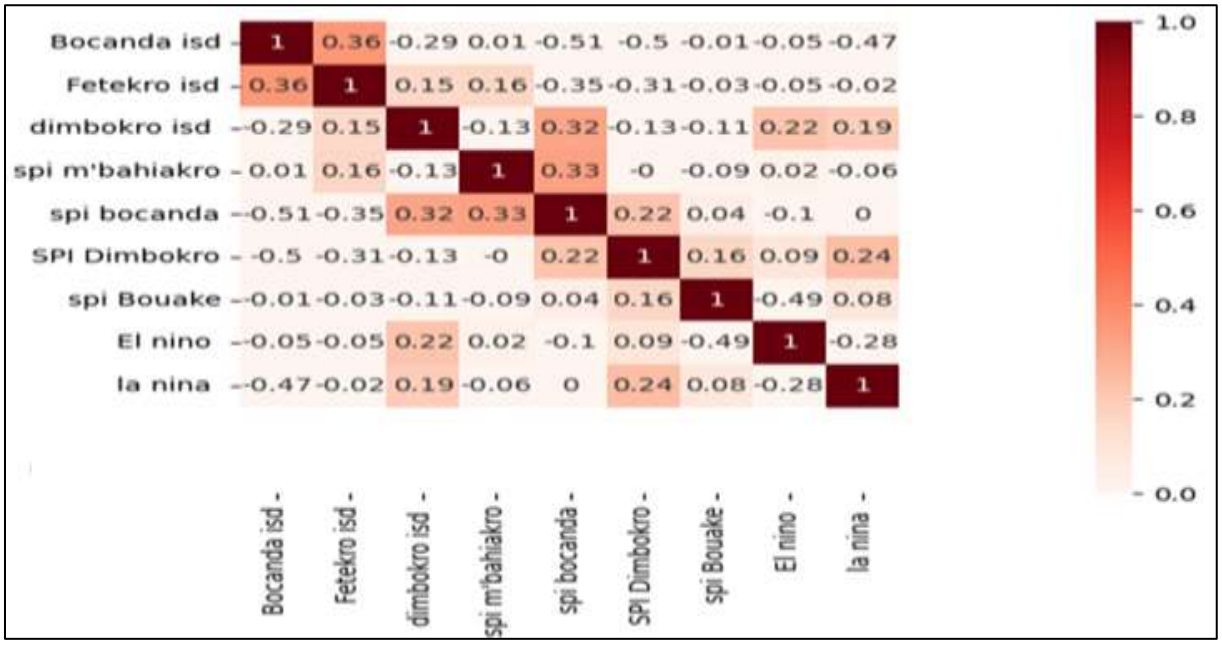


Figure 6. Matrice de corrélation entre les indices ENSO, les indices débits et les indices climatiques

4. DISCUSSION

L'évolution de la pluviométrie de 2000 à 2020 a été analysée pour les stations de Bouaké, Dimbokro, Bocanda et M'Bahiakro. Les anomalies pluviométriques observées dans ces quatre stations montrent que le bassin versant du N'Zi présente majoritairement des déficits pluviométriques. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Kouakou *et al*. (2018). Les causes de ces déficits peuvent être liées aux variations de la température de surface de la mer (TSM) dans l'océan Atlantique, ainsi qu'aux phénomènes ENSO, en particulier El Niño et La Niña. Louvet (2008) souligne que les températures de surface des océans montrent un réchauffement de 0,5 à 2 °C dans le Golfe de Guinée et en Côte d'Ivoire pendant les années El Niño de 1997 et 1998. Ce réchauffement a été observé dans le Golfe de Guinée durant les mois d'octobre à décembre 1997, et janvier à mars 1998, mais il a disparu progressivement à partir d'avril. En revanche, La Niña, caractérisée par des températures de surface de la mer plus froides, pourrait entraîner un excès de précipitations dans le bassin versant du N'Zi. Le phénomène El Niño-Southern Oscillation (ENSO) exerce un impact significatif sur le climat et les régimes hydrologiques du bassin versant du N'Zi en

Côte d'Ivoire. El Niño, caractérisé par des températures de surface de la mer plus chaudes que la normale dans l'océan Pacifique équatorial, le Nord de la Côte d'Ivoire, y compris le bassin versant du N'Zi, fait face à des conditions de sécheresse accrue et à des déficits pluviométriques (Dibi *et al*., 2016). Cette période se traduit souvent par une diminution des débits fluviaux et des niveaux d'eau, ce qui affecte l'approvisionnement en eau, l'agriculture et d'autres activités économiques. Lors des épisodes La Niña, marqués par des températures de surface de la mer plus froides que la normale, la région connaît généralement un excédent de précipitations (ACMAD, 2009). Cela se traduit par des débits fluviaux plus élevés et des niveaux d'eau augmentés dans le bassin versant du N'Zi, avec des implications positives et négatives pour l'agriculture et la gestion des ressources en eau. Ces fluctuations dans les régimes hydrologiques dues à l'ENSO montrent l'importance de comprendre et de surveiller ces phénomènes pour une gestion efficace des ressources en eau dans la région du N'Zi et au-delà (OMM, 2015). Les effets conjugués d'El Niño et d'autres paramètres environnementaux propices au développement de violentes tempêtes ont fait que la saison des ouragans de 2015 a battu tous les records, notamment à l'Est du Pacifique Nord (Collins *et al*., 2016). De l'autre côté de l'océan Pacifique, le climat sec dû à El Niño a provoqué des feux de forêt dans plusieurs parties de l'Indonésie, les pires jamais enregistrés. En conséquence, une brume sèche et dense s'est abattue sur de nombreuses régions de l'Indonésie et des pays voisins. La sécheresse liée à l'épisode El Niño de 2015/2016 a eu des conséquences graves, surtout en Afrique de l'Est et du Sud.

CONCLUSION

L'analyse des variations climatiques historiques dans le bassin versant du N'Zi en relation avec les événements ENSO montre une influence des phases d'El Niño et de La Niña sur le climat de cette région. Les événements ENSO perturbent de manière significative les régimes de précipitations et les températures, entraînant des périodes de sécheresse ou des excès d'eau. Cela affecte directement les écosystèmes locaux, les pratiques agricoles et les ressources en eau. Les années El Niño réduisent les précipitations et augmentent les températures dans le bassin du N'zi. Par contre, les années La Niña sont associées à des précipitations plus abondantes et des températures plus fraîches. Cependant, l'intensité et l'impact de ces phénomènes peuvent varier d'une période à l'autre, selon la durée et la force des événements ENSO. La caractérisation de la variabilité hydrologique du bassin versant du N'Zi est marquée par des sécheresses prolongées, particulièrement sévères à Dimbokro. Fêtèkro et Bocanda ont connu des périodes sèches entrecoupées de courtes périodes humides. Globalement, les indices de débits révèlent une dominance des périodes sèches dans toute la zone d'étude. Les événements ENSO ont des effets significatifs sur les régimes hydrologiques du bassin versant du N'Zi, influençant les indices de précipitations et de débits. Les phases El Niño, associées à des déficits pluviométriques, entraînent une

diminution des débits fluviaux et une baisse des niveaux d'eau. En revanche, les phases de la Niña, caractérisées par des excédents de précipitations, augmentent les débits et les niveaux d'eau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACMAD., 2009. Bulletin de veille climatique pour l'Afrique, Niamey, Niger, 8 p.

ALLAN R.J., LINDESAY J.A., PARKER D.E., 1996. El Niño Southern Oscillation and Climatic Variability, CSIRO, Collingwood, Australia, 405 p.

CAMBERLIN P., BELTRANDO G., FONTAINE B., RICHARD Y., 2001. Pluviométrie et crises climatiques en Afrique Tropicale : changements durables ou fluctuations interannuelles. *Histoires et Géographie*, 379, 263-273.

Collins J.M., Klotzbach P.J., Maue R.N., Roache D.R., Blake E.S., Paxton C.H., Mehta C.A., 2016. The record-breaking 2015 hurricane season in the eastern North Pacific : An analysis of environmental conditions. *Research Letters*, 43, 9217–9224.

DIBI K.A.P., COULIBALY K., DJE K.B., 2016. Influences des températures de surface des océans atlantique et pacifique sur la pluviométrie en Côte d'Ivoire, climat et développement, Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE). *Vertigo*, 28, 5-15.

DJE K.B., OCHOU A.D., KOUADIO Z.A., COULIBALY A., 2018. Impacts of El Nino on Rainfall and Its Agrocltmatic Incidences in the Zanzan Region : North-East of Côte d'Ivoire. *Geosciences Research*, 3(2), 9-20.

DOBERITZ R.,1969. Cross-spectrum and filter analysis of monthly rainfall and wind data in the tropical Atlantic region. *Bonn Meteor Abhand*, 11, 43 p.

FAO., 2016. El Niño - Early action and response for agriculture, food security and nutrition, Sowing the seeds of resilience in southern Africa's epic drought, Rome, Italy, 201 p.

KANGA K.H., KAUDJHIS A.P.J., 2016. La sécheresse dans le quart nord-est de la Côte d'Ivoire : de la réalité climatique à la perception paysanne. *European Scientific Journal*, 214-231.

KILADIS G.N., DIAZ H.F., 1989. Anomalies climatiques globales associées aux extrêmes de l'oscillation australe. *J. Clim.* 2, 1069–1090.

KLEIN S.A., SODEN B.J., LAU N.G., 1999. Variations à distance de la température de surface de la mer pendant l'ENSO : preuve d'un pont atmosphérique tropical. J. Clim. 12, 917–932.

KOUAKOU B.D., OCHOU A.D., KOUADIO Z.A., COULIBALY A., 2018. Impacts of El Nino on Rainfall and Its Agroclimatic Incidences in the Zanzan Region : North-East of Cote d'Ivoire. *Geosciences Research*, 3(2), 9-20.

KOUASSI A.M., 2010. Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'Zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 210 p.

KOUASSI A.M., KOUAME K.F., KOFFI Y.B., DJE K.B., PATUREL J. E., OULARE 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. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 12, 56-98.

KOUDOU A., 2013. Conception d'outils d'aide à la décision pour la gestion intégrée des ressources en eau dans un contexte de variabilité climatique : application à la sélection des zones à potentialité aquifère et moins vulnérables à la pollution du bassin versant du N'Zi. Thèse de Doctorat en Géosciences, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 323 p.

KRAUS E.B., HANSON H.P., 1983. Air-Sea interaction as a propagator of Equatorial ocean surface Temperature Anomalies. *Journal of Physical Oceanography*, 13, 130-138.

LOUVET S., 2008. Modulations intrasaisonnières de la mousson d'Afrique de l'Ouest et impacts sur les vecteurs du paludisme à Ndiop (Sénégal). *International Journal of Climatology*, 14, 106-189.

MERLE J., TOURRE Y., 1984. El Niño 1982-83 et ses conséquences climatologiques. *Office de la recherche scientifique et technique outre-mer*, 120, 1-10.

RASMUSSON E.M., CARPENTER T.H., 1982. Variations de la température de surface de la mer tropicale et des vents de surface associés à l'oscillation australe/El Niño. *Mon. Wea. Rev*, 110, 354–384.

ROPELEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1987. Précipitations à l'échelle mondiale et régionale associées au phénomène El Niño/Oscillation australe. *Mon. Wea. Rev*, 115, 985–996.

ROPELEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1996. Quantification des relations oscillation australe-précipitations. *J. Clim*, 9, 1043–1059.