

Vulnerability of Wetlands to Hydroclimatic Extremes in the Department of Atlantique in Southern Benin

Vulnérabilité des milieux humides face aux extrêmes hydroclimatiques dans le département de l'Atlantique au sud du Bénin

Géo Warren Pédro Dossou Assogba¹, Rafiatou Bamisso^{1,2}, Ibouaïma Yabi¹

¹Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi

²Ecole Normale Supérieure de Porto-Novo (Bénin), Université d'Abomey-Calavi, 03BP 1122, Cotonou, Bénin

Auteur correspondant: Email: geowarrenpedro@gmail.com

Received: 25 Jul 2026,

Received in revised form: 23 Aug 2026,

Accepted: 28 Aug 2026,

Available online: 03 Sep 2026

©2026 The Author(s). Published by AI Publication. This is an open-access article under the CC BY license

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords— South Benin, wetlands, extremes, vulnerability, hydro-climatic extremes.

Mots-clés— Sud-Bénin, milieux humides, extrêmes, vulnérabilité, extrêmes hydro-climatiques.

Abstract— Wetlands in the Atlantique Department play a fundamental role in the functioning of both environmental and socio-economic systems. However, they are increasingly exposed to hydro-climatic extremes, particularly floods and droughts, exacerbated by climate change and anthropogenic pressures. This study aims to analyze the vulnerability of wetlands in response to hydro-climatic extremes in the Atlantique Department. The methodology is based on the analysis of hydro-climatic data (1958–2023), the use of climate anomaly indices, diachronic analysis of land use/land cover change, and the PEIR (Pressure–State–Impact–Response) framework. The results reveal marked climate variability, characterized by alternating deficit and surplus periods, along with a rising trend in temperatures. Annual precipitation ranges between 1100 and 1340 mm, with mean temperatures of 26.5–26.7 °C, indicating a high exposure to flood and drought risks, with more than 35 % of the territory classified as high-risk zones. These dynamics, combined with 99 % of pressures of anthropogenic origin (urbanization, agricultural pollution, fragmentation of lowlands, etc.), lead to rapid ecosystem degradation and biodiversity loss. In light of this situation, the implementation of integrated and sustainable management strategies is essential to enhance the resilience of wetlands to hydro-climatic extremes.

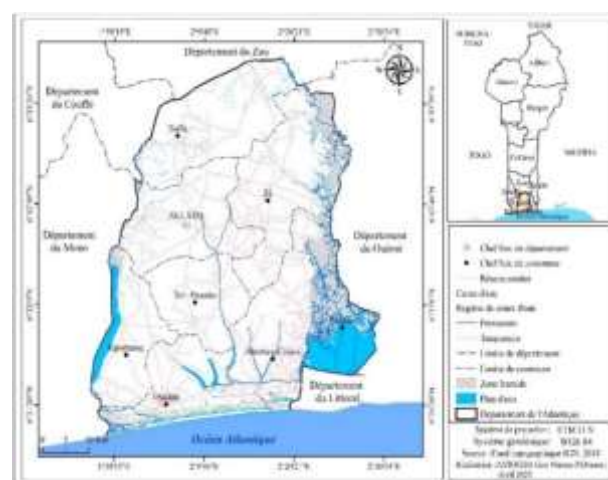
Résumé— Les milieux humides du département de l'Atlantique jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des systèmes environnementaux et socio-économiques. Toutefois, ils sont de plus en plus exposés aux extrêmes hydro-climatiques, notamment les inondations et les sécheresses, exacerbés par les changements climatiques et les pressions anthropiques. La présente étude vise à analyser la vulnérabilité des milieux humides en réponse aux extrêmes hydro-climatiques dans le département de l'Atlantique. La méthodologie repose sur l'analyse des données hydro-climatiques (1958-2023), l'utilisation d'indices d'anomalies climatiques, l'analyse diachronique de l'occupation du sol et l'approche PEIR (Pression–État–Impact–Réponse). Les résultats montrent une

I. INTRODUCTION

des populations qui en dépendent directement (H. S. Totin Vodounon, 2010, p. 54).

1.1. Caractéristiques biophysiques et humaines du secteur d'étude

Le département de l'Atlantique est compris entre 6°18' et 6°58' de latitude Nord et 1°56' et 2°30' de longitude Est. Il s'étend sur une superficie de 3233 km² et compte 500 villages répartis dans 74 arrondissements et 8 communes que sont Abomey-Calavi, Allada, Kpomassè, Ouidah, So-Ava, Toffo, Torri-Bossito et Zè. L'Océan Atlantique forme la limite sud du département qui est limité à l'Ouest par le département du Mono. Le lac Ahémé, le fleuve Couffo et le fleuve Aho constituent les limites naturelles de ses frontières.



Au nord, le département de l'Atlantique se trouve limité par le département du Zou. Cette frontière se situe au niveau géographique des villages de Sêhouè, Kpomè et Djigbé et passe par la dépression de la Lama. A l'Est, il est limité par le département de l'Ouémé. La frontière passe au milieu de

la vallée de l'Ouémé et traverse le lac Nokoué pour rejoindre la côte à la limite du département du littoral.

1.2. Données

Les méthodes de collecte utilisées concernent la recherche documentaire et les investigations en milieu réel afin de recueillir toutes les données et informations nécessaires à la réalisation de cette étude. Les données climatologiques de la station synoptique de Cotonou (pluviométrie, température, évapotranspiration potentielle, vent et insolation) sur la période 1958-2023 ont été collectées au niveau de Météo-Bénin et hydrologique collectée à la Direction Générale de l'Eau (DG-EAU). Ces données ont permis d'analyser le rythme hydro-climatique et son influence sur les milieux humides. Les données d'occupation du sol (2004-2024) sont celles issues des bases de données de l'IGN. Elles ont permis d'analyser l'état du couvert végétal autour des milieux humides et leurs interactions. Elles ont servi à savoir le fonctionnement hydrologique des milieux humides qui constituent les axes de convergence référentielles des drainages, les écoulements et disponibilité des eaux superficielles, et la nature de la végétation dans les milieux humides. A ces données s'ajoutent celles collectées lors des entretiens individuels et collectifs.

1.3. Méthodes

Les matériels utilisés dans le cadre de cette étude sont entre autres : les logiciels SIG (Arc GIS, QGIS, ENVI, etc.) pour la réalisation des cartes et une base de données vectorielles de source : IGN, 1992. Le GPS pour prendre les coordonnées des zones vulnérables et l'appareil Photo pour les prises de vues instantanées des différents phénomènes relatifs à la dynamique des milieux humides.

1.3.1. Analyse et traitement des données

Le traitement des données et l'analyse des résultats ont rapport à la nature des informations recueillies dans les documents et sur le terrain. Il consiste au dépouillement manuel des réponses aux questions puis au traitement. Les données collectées ont été traitées d'une part avec le logiciel statistique SPSS, Microsoft Excel et avec Word et Xlstat pour la mise en forme des tableaux, des graphiques l'analyse. Ces données ont permis de réaliser des cartes de traits physiques de l'espace puis compléter avec les données de terrain afin d'obtenir les cartes thématiques sur la zone d'étude. La saisie des données et le traitement des images ont été faits avec la feuille Word 2007. Les logiciels Envi et ArcGis 10.2 ont été utilisés pour la réalisation des différentes cartes utilisée dans cette recherche et la spécialisation des différents milieux humides du département de l'Atlantique.

1.3.2. Méthodes d'analyse des données

❖ Analyse de l'évolution hydroclimatique dans le département de l'Atlantique

Les séquences pluvieuses et sèches sur la série 1958-2023 ont été caractérisées à partir des indices de l'OMM (2009), notés IAS qui expriment les anomalies standardisés et Calculés par la formule :

$$IAS = \frac{PI - Pm}{\sigma}$$

Avec : Pi, variable étudiée pour une année ; Pm et Pi-Pm Σ σ , respectivement moyenne et écart type des séries hydro-climatiques sur la période d'étude. Selon V. S. H. Totin (2010), cet indice mesure l'écart entre les variables étudiées par rapport à une moyenne établie sur une longue période et pondérée. Les anomalies hydroclimatologiques négatives (années déficitaires) ou positives (années excédentaires) (M. Adigbegnon *et al.*, 2018, p. 367) sont utilisées pour analyser l'état hydrique des milieux humides pendant les 30 dernières années. La grille d'interprétation de l'OMM (2012, p. 5) a été utilisée pour déterminer les années excédentaires, moyennes et déficitaires (tableau I).

Tableau I: Grille d'interprétation des anomalies centrées réduites des précipitations

Indices d'anomalies	Caractéristique l'année
2,0 et plus	Extrêmement humide
de 1,5 à 1,99	Très humide
de 1,0 à 1,49	Modérément humide
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale
de -1,0 à -1,49	Modérément sèche
de -1,5 à -1,99	Très sèche
-2 et moins	Extrêmement sèche

Source : Organisation Météorologique Mondiale (OMM), 2012, p. 5

Les extrêmes pluviométriques sont représentés par les valeurs 2 et plus (années extrêmement humides) et -2 et moins (années extrêmement sèche). Les indices compris entre -1,0 et -1,49; 1,0 et 1,49 et -0,99 et 0,99 correspondent respectivement aux années modérément sèches et humides et proche de la moyenne. Les indices -1,5 à -1,99 et 1,5 à 1,99 présentent la caractéristique des années très sèches et très humides. Les données de pluviométrie et de l'évapotranspiration potentielle permettront d'exprimer le bilan climatique noté (Pu). Le bilan climatique correspond à la différence entre les apports pluviométriques (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) : $Pu = P - ETP$. Il correspond à la partie de l'averse ayant pu raisonnablement donner lieu au ruissellement (E. Amoussou, 2010, p. 112). Le bilan climatique a permis d'analyser le rythme

hydroclimatique saisonnier des milieux humides du département de l'Atlantique.

❖ Méthode de détermination des aléas climatiques

La probabilité d'occurrence des risques hydro-climatiques et ses impacts a permis d'élaborer la matrice de criticité afin de renseigner sur les niveaux de priorité du risque de

sécheresse dans le département de l'Atlantique. En se basant sur la classification des années extrêmes (OMM, 2012, p. 5), quatre classes (1 à 4) de risque de sécheresse (normale, modérément sèche, très sèche et extrêmement sèche) ont été définies. L'analyse et l'interprétation des risques se sont résumées dans le tableau II.

Tableau II: Typologie des risques

Risques identifiés	Occurrence	Cotation	Gravité	Cotation	Criticité	Présentation
R ₁						
R ₂						
R ₃						
R _n						

La première étape a consisté à l'identification et la classification des différents aléas de sécheresse dans le département de l'Atlantique en fonction de leur probabilité d'occurrence, leur gravité et leur criticité (tableau III).

Tableau III : Matrice de criticité

Gravité de l'impact Probabilité du risque	Limité	Modéré	Significatif	Critique
1 (peu probable)				
2 (assez-probable)				
3 (probable)				
4 (très probable)				

Source : Inspiré de M. Badolo, 2009

La matrice de criticité a permis d'évaluer le niveau de priorité des risques par rapport à leur probabilité (peu probable, assez probable, probable et très probable) et le degré d'impact (limité, modéré, significatif et critique)

II. RESULTATS

2.1 Caractérisation des extrêmes hydro-climatiques dans le département de l'Atlantique

Le département de l'Atlantique est caractérisé par un climat subéquatorial marqué par une alternance de deux saisons sèches et de deux saisons pluvieuses.

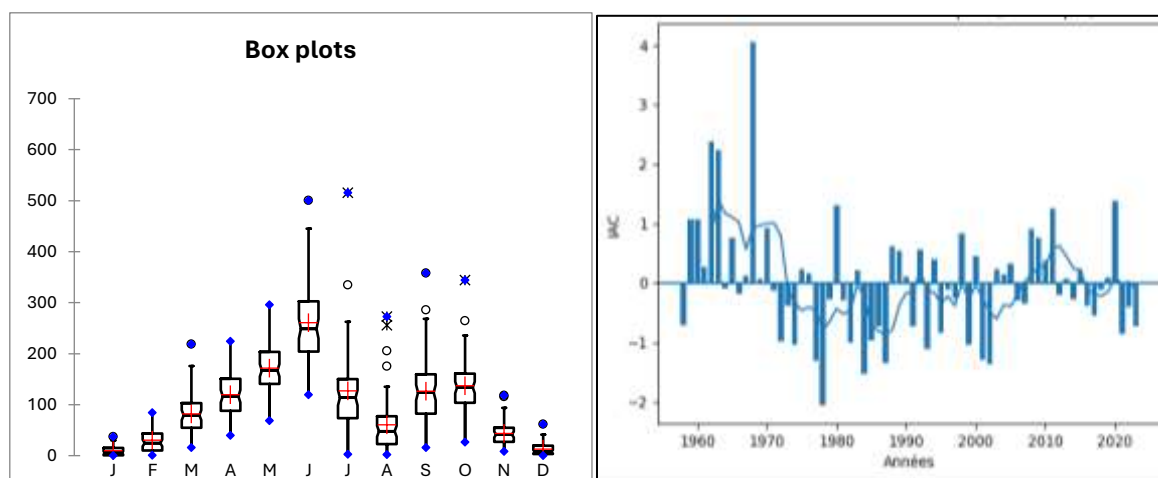


Fig.2: Précipitations moyennes mensuelles et anomalies pluviométriques des stations de l'Atlantique entre 1958 et 2023

Source : Données Météo-Bénin, 2024

Le régime pluviométrique est bimodal, caractéristique du sud du Bénin, avec une grande saison des pluies entre avril et juillet (figure 2). Les cumuls moyens évoluent d'environ 20-40 mm en janvier-février à plus de 220-280 mm en juin, qui constitue le maximum pluviométrique. La forte dispersion observée en mai-juin, avec des valeurs extrêmes pouvant atteindre 450 à 500 mm. L'indice d'anomalies climatiques (IAC) met en évidence une alternance nette de phases humides et sèches entre 1960 et 2024. Les années 1960 apparaissent globalement excédentaires avec des anomalies positives atteignant +3 à +4, tandis que la période 1970-1985 est dominée par des déficits marqués, avec des valeurs négatives proches de -2, correspondant à la grande sécheresse sahélienne. Cette rupture climatique majeure est bien documentée en Afrique de l'Ouest et associée à des modifications des températures de surface de l'Atlantique

et des circulations atmosphériques (S. E. Nicholson, 2001, p. 138). Depuis les années 1990, on observe une reprise relative des précipitations, mais avec une forte variabilité interannuelle et une augmentation des événements extrêmes, traduisant un régime climatique plus instable. Cette variabilité a des impacts directs sur la dynamique des milieux humides.

2.1.2 Evolution des températures : Régimes, variabilité et tendances thermométriques

2.1.2.1. Variation moyenne annuelle thermométrique entre 1958 et 2023

La figure 3 montre l'évolution de la température mensuelle maximale, moyenne et minimale dans le département de l'Atlantique 1958 à 2023.

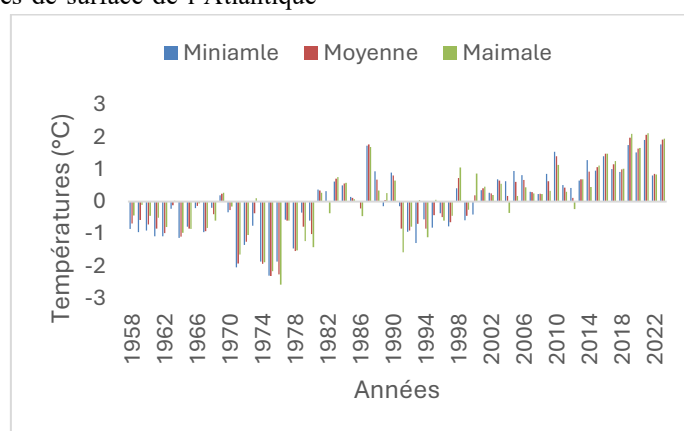


Fig.3 : Variation interannuelle des températures annuelles entre 1958 et 2023

L'analyse de la figure 3 montre des anomalies interannuelles des températures minimale, moyenne et maximale et met en évidence une évolution climatique structurée en plusieurs phases distinctes dans le département de l'Atlantique entre 1958 et 2023. La période allant de la fin des années 1950 jusqu'au milieu des années 1970 est dominée par des anomalies majoritairement négatives entre 1970 et 1976, où les températures moyenne et maximale atteignent -2 voire -2,5 °C traduisant ainsi une phase relativement fraîche à l'échelle régionale. À partir de la fin des années 1970 et au début des années 1980, on observe une transition progressive vers des anomalies proches de zéro, puis ponctuellement positives, avec des pics notables au milieu des années 1980, indiquant les premiers signaux d'un réchauffement durable. La période des années 1990 se caractérise par une alternance d'anomalies positives et négatives, révélant une forte variabilité interannuelle, mais avec une tendance générale à l'atténuation des anomalies négatives. A partir des années

2010, les anomalies deviennent majoritairement positives et de plus en plus élevées, dépassant fréquemment +1 °C et atteignant localement près de +2 °C pour les températures maximale et moyenne en fin de période, tandis que les températures minimales montrent également une hausse 0,02 °C/an persistante, signe d'un réchauffement marqué.

2.1.3. Vulnérabilité des milieux humides face aux risques hydro-climatiques dans le département de l'Atlantique

2.1.3.1 Evaluation du seuil de criticité des risques hydro-climatiques dans l'Atlantique

La probabilité d'occurrence ainsi que la gravité de ces aléas sont respectivement à quatre niveaux (très probable, probable, peu probable et improbable) et (catastrophique, très grave, grave et faible). Les cotations (1 à 4) sont attribuées les populations enquêtées (tableau IV).

Tableau IV : Typologie des risques hydro-climatiques

Risques identifiés	Probabilité d'occurrence	Cotation	Gravité	Cotation	Criticité	Représentation
Sécheresse	Probable	2	Moyen	3	6	
Inondation	Très probable	4	Grave	3	12	
Niveau élevé des côtes	Très probable	4	Grave	4	16	

Source : Résultats des travaux de terrain, juin 2024

Dans le département de l'Atlantique, les milieux humides sont exposés aux risques d'inondation avec un seuil de criticité de 12 et 16 et une occurrence très probable. Par contre, la sécheresse a une gravité moyenne avec un seuil de criticité de 6 et est souvent probable.

2.1.3.2. Criticité des risques d'inondation et de sécheresse dans le département l'Atlantique

La matrice de criticité s'exprime comme étant le produit entre la probabilité et la gravité (tableau V).

Tableau V : Matrice de criticité des risques de sécheresse et d'inondation dans le département de l'Atlantique

Gravité de l'impact	1 Limité	2 Modéré	3 Significatif	4 Critique
Probabilité du risque				
4 (très probable)	4	8	12	16
3 (probable)	3	6	9	12
2 (assez-probable)	2	4	6	8
1 (peu probable)	1	2	3	4

Source : Enquêtes de terrain, Juin 2024

Il ressort de l'analyse du tableau X que les indices de criticité d'après leur grandeur permettent de définir les risques (limité à critique). Ainsi, la gravité de risques hydro-climatiques dans le département de l'Atlantique dépend des cotes pluviométriques et thermométriques. Par exemple, plus ces cotes sont élevées (16), plus les risques hydro-

climatiques sont significatifs à critique avec des probabilités d'occurrence peu probable à très probable.

2.2 Analyse diachronique de l'occupation du sol dans le secteur d'étude (2004-2024)

La physionomie du secteur d'étude présente différents états entre 2004 et 2024 (figures 5).

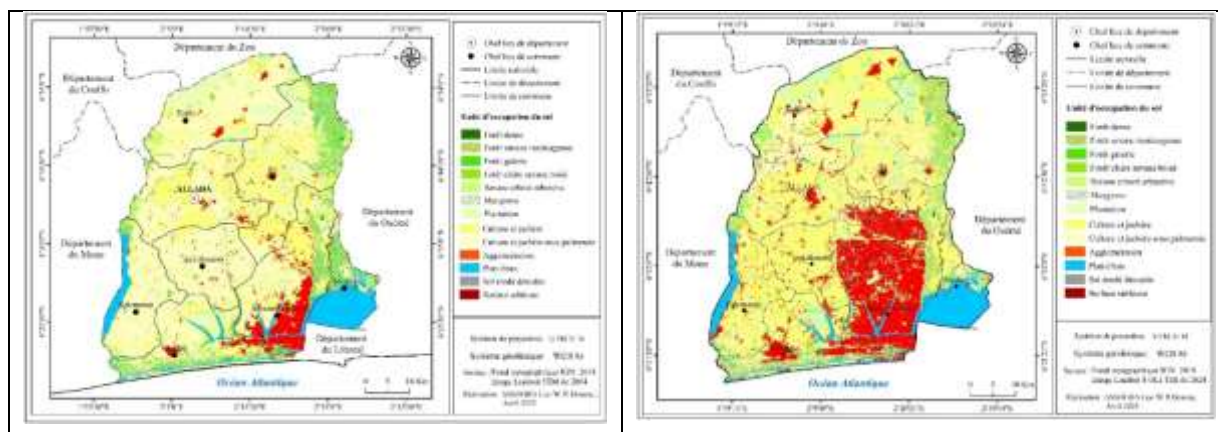


Fig.5 : Occupation du sol du département de l'Atlantique en 2004 et 2024

L'analyse de la figure 5 met en évidence une mutation significative de l'occupation du sol dans le département de

l'Atlantique entre 2004 et 2024. En 2004, les formations naturelles (savanes, forêts claires, zones humides)

dominaient encore l'espace avec une proportion estimée entre 60 et 65 %, tandis que les zones anthropisées (agglomérations, cultures et jachères) représentaient moins de 20 %. En 2024, cette configuration s'inverse : les espaces agricoles et urbains atteignent près de 40 à 50 % de la superficie totale, avec une forte concentration au sud et au centre du département. Parallèlement, les milieux humides et formations végétales naturelles connaissent une régression notable, estimée entre 20 et 30 %, traduisant une artificialisation accélérée du territoire. La diminution et l'irrégularité des précipitations observées depuis les décennies 1970-1990, combinées à une reprise partielle mais instable des pluies, influencent fortement les hydrosystèmes et les zones humides (B. Sultan et S. Janicot, 2003, p. 490). En effet, les milieux humides dépendent étroitement des apports pluviométriques et de la recharge des nappes, ce qui les rend particulièrement sensibles aux

fluctuations interannuelles et saisonnières des pluies. Ainsi, les périodes de déficit hydrique contribuent à leur assèchement progressif, facilitant leur conversion en terres agricoles ou en zones d'habitat. Cette évolution traduit une déstabilisation des équilibres côtiers, aggravée par les pressions anthropiques. En outre, la régression des milieux humides observée au niveau de la figure traduit une perte de leurs fonctions écologiques essentielles, notamment la régulation hydrologique et la réduction des risques d'inondation.

2.3. Bilan de l'occupation du sol du département de l'Atlantique entre 2004 et 2024

La figure 7 présente la synthèse de l'évolution de la superficie des différentes unités d'occupation du sol du département de l'Atlantique entre 2004 et 2024.

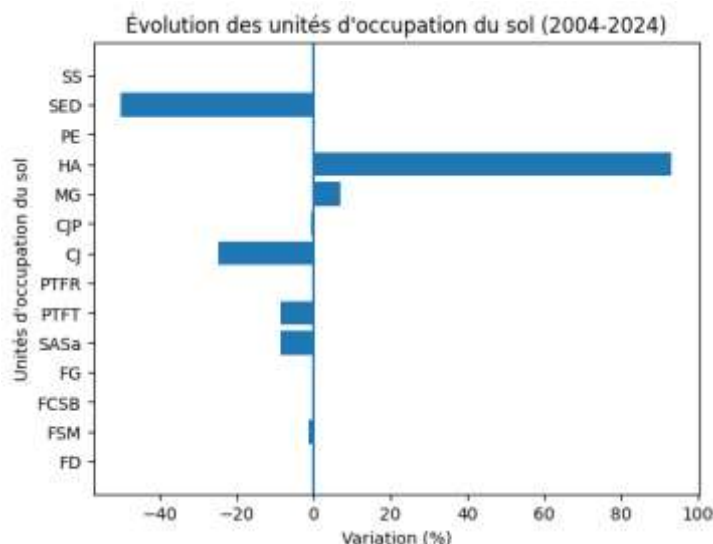


Fig.7 : Synthèse des unités d'occupation du sol entre 2004 et 2024

FD : Forêt dense ; FSM : Forêt savane marécageuse ; FG : Forêt galerie ; SASa : Savane arboré et savane arbustive ; PTFT : Plantation fruitière ; PTFR : Plantation forestière ; CJ : Culture et jachère ; CJP : Culture et jachère sous palmeraie ; MG : Mangrove ; HA : Agglomération ; PE : Plan d'eau ; SED : Surface érodé dénudée ; SS : Surface sableuse

Dans le département de l'Atlantique, les différentes unités d'occupation du sol ont connu des dynamiques à la fois régressive et progressive entre 2004 et 2024. Ainsi, les cultures et jachères (CJ) enregistrent une forte régression de leur superficie, estimée à -24,88 %, de même que les formations de savane arborée et arbustive (SASa) (-8,38 %) et les plantations de type PTFT (-8,48 %). Les formations savaniques marécageuses (FSM) (-1,21 %) ainsi que les cultures et jachères sous palmeraie (CJP) (-0,56 %) connaissent également une légère diminution. Par ailleurs, les sols érodés dénudés (SED) présentent la plus forte régression relative (-50 %), traduisant une recomposition de ces espaces. À l'inverse, certaines unités affichent une

dynamique progressive. Les mosaïques de cultures sous palmier (PTFR) connaissent une légère augmentation de 0,47 %, tandis que les mangroves (MG) progressent de 7,14 %. Toutefois, la transformation la plus significative concerne les agglomérations (HA), dont la superficie a presque doublé, avec une augmentation de 93,23 %, traduisant une expansion urbaine très marquée. En revanche, les plans d'eau (PE) restent globalement stables (+0,03 %), tout comme certaines formations forestières (FD, FG, FCSB) et les surfaces sableuses (SS), dont les superficies n'ont pas connu de variation notable. Ces évolutions traduisent ainsi une dynamique globale d'anthropisation du territoire, marquée par une régression

des espaces naturels et agricoles au profit des zones urbanisées.

III. DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence une variabilité hydro-climatique marquée dans le département de l'Atlantique sur la période 1958-2023, caractérisée par une alternance de phases humides et sèches et une tendance significative au réchauffement depuis les années 1990. Ces constats sont en accord avec les travaux de S. E. Nicholson et Y. Xungang (2001, p. 388) et B. Sultan et S. Janicot (2003, p. 68), qui ont documenté des fluctuations similaires du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest, largement attribuées aux modifications des températures de surface de l'océan Atlantique et des circulations atmosphériques. Aussi, les études de Y. L'Hôte et al., (2002, p. 569) et L. Descroix et al., (2009, p. 96) ont montré également que les épisodes de sécheresse sévère enregistrés durant les années 1970-1980 coïncident avec la grande sécheresse sahélienne, dont les impacts sur les systèmes hydrologiques et la productivité agricole ont été significatifs.

La hausse progressive des températures minimales, moyennes et maximales observée depuis le début des années 2000 (+0,02 °C/an) confirme la signature régionale du réchauffement climatique global. E. Amoussou et al., (2012, p. 810) sont allés dans le même sens et ont montré que cette élévation thermique a des implications directes pour les écosystèmes humides, car elle accroît les taux d'évapotranspiration, réduit la disponibilité en eau du sol et aggrave le stress hydrique en saison sèche. La combinaison d'une instabilité pluviométrique et d'une hausse des températures dans le département de l'Atlantique crée ainsi un contexte hydrologique plus volatil, augmentant la fréquence et l'intensité des inondations comme des sécheresses. Ce qui est conforme avec les travaux de W. J. Mitsch et J. G. Gosselink (2015, p.) qui montrent que cette double exposition est particulièrement critique pour les milieux humides, dont le fonctionnement écologique dépend d'un équilibre délicat entre les apports et les pertes en eau.

Dans le département de l'Atlantique, les inondations ont été classées comme ayant une occurrence « très probable » et un impact « significatif à critique » (indices de criticité de 12 à 16), tandis que les sécheresses sont considérées comme « probables » avec un impact « modéré » (indice de criticité de 6). Cette asymétrie également par E. Amoussou (2010, p. 218) et H. S. Totin Vodounon (2010, p. 189) s'explique par le régime pluviométrique bimodal et la topographie côtière de basse altitude, qui favorise un ruissellement rapide et une accumulation d'eau lors des épisodes pluvieux

intenses. À l'inverse, les épisodes de sécheresse sont moins fréquents mais leurs effets sont cumulatifs, entraînant un assèchement progressif des sols et une dégradation de la végétation hygrophile.

En effet, l'urbanisation rapide observée dans la zone d'étude amplifie les coefficients de ruissellement et réduit l'infiltration naturelle des eaux, exacerbant ainsi les aléas d'inondation. Ce constat est cohérent avec les études globales montrant que la conversion des zones humides naturelles en espaces bâtis ou agricoles diminue leur capacité tampon et accroît les pics de crue en aval (Zedler et Kercher, 2005 ; Bullock et Acreman, 2003).

Ainsi, la réduction des classes d'occupation liées aux zones humides (ex. : savanes marécageuses -1,21 %, savanes arborées et arbustives -8,38 %) témoigne d'une artificialisation progressive des espaces hydromorphes.

IV. CONCLUSION

L'analyse des paramètres hydro-climatiques dans le département de l'Atlantique met en évidence une variabilité marquée des précipitations, des températures et des niveaux d'eau, traduisant l'influence croissante des extrêmes hydro-climatiques sur les milieux humides. Le régime pluviométrique bimodal, caractérisé par une forte contribution de la petite saison des pluies par rapport à la grande, associé à une tendance à la hausse des températures et à des fluctuations importantes des niveaux hydrométriques, révèle un contexte climatique instable. Ces conditions favorisent l'occurrence d'événements extrêmes tels que les inondations et les périodes de déficit hydrique, qui affectent directement le fonctionnement écologique des zones humides. Par ailleurs, l'intensité des risques hydro-climatiques apparaît étroitement liée à la variabilité des paramètres pluviométriques et thermiques. L'augmentation des cumuls pluviométriques et des températures accroît significativement le niveau de risque, qui évolue d'un état modéré vers des niveaux critiques, avec des probabilités d'occurrence allant de faible à très élevée. Cette dynamique traduit une exposition accrue des milieux humides aux perturbations climatiques.

REFERENCES

- [1] ADIGBEGNON Marcel, TOTIN VODOUNON Sourou Henri, AMOUSSOU Ernest, HOUNDENOU Constant, BOKO Michel, 2018. Facteurs climatiques et anthropiques de la désertification dans le domaine du climat de transition au Bénin. In les échelles spatiales et temporelles fines. Actes du colloque de Nice4 -7 juillet 2018, XXXIe Colloque de L'association Internationale de Climatologie, Éditeur NICOLAS Martin, pp. 50-55.

- [2] AMOUSSOU Ernest, CAMBERLIN Pierre, MAHE Gil, 2012 : Impact de la variabilité climatique et du barrage Nangbéto sur l'hydrologie du système Mono-Couffo (Afrique de l'Ouest). *Hydrological Sciences Journal*, 57 (2), pp. 1-13.
- [3] AMOUSSOU Ernest, 2010. Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du Bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Docteur de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 315p.
- [4] BADOLO Mathieu, 2009. Cahier des changements climatiques. Bulletin mensuel d'information sur les changements climatiques de l'Institut d'Applications et de Vulgarisation en science, Numéro 5, pp.1-25.
- [5] KODJA Domiho Japhet, 2018. Indicateurs des événements hydro-climatiques extrêmes dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou en Afrique de l'Ouest. Géographie. Université Montpellier ; Université d'Abomey-Calavi (Bénin), Thèse de doctorat, 288 p.
- [6] KOUMASSI Dègla Hervé, 2014. Risques hydro-climatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la sota à l'exutoire de Couberi. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH, UAC, Cotonou, Bénin, 245 p.
- [7] L'HÔTE Y., MAHÉ Gil SOME B. et TRIBOULET J.P. (2002) - Analysis of a sahelian rainfall index from 1896 to 2000 : the drought continues. *Hydrological Sciences*, vol. 47, n° 4, p. 563-572.
- [8] SULTAN Benjamin, JANICOT S, Mourirdhiou UN. 2003. Le West africain mousson dynamique. Partie je : Documentation de intrasaisonnière variabilité. *Journal de Climat*, 16, 338, pp 9-3406
- [9] TOTIN VODOUNON Sourou Henri, 2010. Sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation modes d'exploitation : stratégies de gestion durable. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 283 p.
- [10] VODOUNOU Kpatindé Jean Bosco et ONIBONDOUBOGAN Yvette, 2016. Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 794, mis en ligne le 15 novembre 2016, consulté le 27 décembre 2017. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/27836> ; DOI: 10.4000/cybergeo.