



CARTOGRAPHIE DU RISQUE D'INONDATION DANS LES POLES DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE (PDA) 4 ET 6 DU BENIN

Hervé Dègla KOUMASSI^{1, 2,*} and Akibou A. AKINDELE^{1,3}

¹Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin (IGATE/ UAC)

²Laboratoire Pierre Pagny, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE)

³Département de Géographie et Aménagement du Territoire (Centre Universitaire d'Adjarra).

ARTICLE INFO

Article History:

Received 20th February, 2021
Received in revised form
25th March, 2021
Accepted 18th April, 2021
Published online 30th May, 2021

Key Words:

Cartographie, Inondation,
Pôle de Développement Agricole,
Bénin.

*Corresponding author:
Dègla Hervé KOUMASSI

ABSTRACT

Les inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes dans le monde et sont celles qui affectent le plus grand nombre d'individus. L'objectif de la présente étude est donc de faire la cartographie des zones à risque d'inondation dans les pôles de développement 4 et 6 du Bénin. L'approche méthodologique utilisée consiste en la collecte des données hydro-climatiques, d'occupation du sol et produits dérivés des modèles numériques de terrain. Le traitement des données est fondé sur l'intégration dans un système d'information géographique (SIG), des données interprétées à partir des images TM de Landsat, des données hydro-climatiques et des produits dérivés d'un modèle numérique de terrain (MNT). L'analyse spatiale multicritère, réalisée a permis d'élaborer les cartes des aléas climatiques et de la vulnérabilité des populations à l'inondation. La combinaison de ces deux cartes a permis la cartographie des zones à risque d'inondation les PDA 4 et 6. Des résultats, il ressort que le secteur d'étude présente un niveau de vulnérabilité proportion allant du niveau faible (33,1 %) au fort (35,25 %) en passant par le moyen (31,65 %). Cette répartition à peu près proportionnelle montre la grande sensibilité des PDA 4 et 6 aux risques d'inondation. Cette répartition pourrait croître considérablement vers le fort au regard des modes d'exploitation des terres observés dans le secteur. En ce concerne le niveau du risque d'inondation, il ressort que les zones à fort risque d'inondation représentent environ 28,91 % de la superficie des PDA. Les zones à moyen risque d'inondation sont situées sur les formations métamorphiques ayant une pente moyenne. Elles représentent 31,47 % de la superficie et les zones à faible risque d'inondation représentent environ 39,62 % de sa superficie.

Copyright © 2021. Hervé Dègla KOUMASSI and Akibou A. AKINDELE. 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.

Citation: Hervé Dègla KOUMASSI and Akibou A. AKINDELE. "Cartographie du risque d'inondation dans les poles de developpement agricole (pda) 4 et 6au benin", 2021. International Journal of Current Research, 13, (05), 17632-17636.

INTRODUCTION

Les inondations sont, de toutes les catastrophes naturelles qui frappent le monde chaque année, les plus fréquentes, les plus dommageables et les plus mortelles (Pulvirenti et al., 2011b). Elles sont la source de près de la moitié des décès occasionnés par les catastrophes naturelles au cours des 50 dernières années, et sont responsables de près du tiers des pertes économiques au niveau mondial (James, 2008). Les inondations sont au cours des deux dernières décennies au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde. Elles représentent 34 % des catastrophes enregistrées à l'échelle mondiale entre 1990 et 2007

(Boucher, J.-P., 1994). L'inondation constitue un phénomène naturel se matérialisant par la submersion temporaire de surfaces non habituellement submergées (Torterotot, 1993). Le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, 2013), établi par l'Organisation Mondiale de la Météorologie et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement en 1983, prévoit une hausse de la fréquence des inondations dans les années et les décennies à venir. Cet accroissement paraît être lié, d'une part, au développement anarchique de l'urbanisation en zone inondable dans les grands pays émergents d'Asie et certains pays en voie de développement, et d'autre part au réchauffement climatique de la planète. Parmi les nombreuses caractéristiques des inondations, leur grande variabilité spatiale, leur magnitude et la difficulté d'en prévoir

les conséquences moyennes à long terme compliquent la tâche des aménagistes (Blin *et al.* ; 2005). Pour une gestion optimale des inondations, les autorités concernées désirent toutefois avoir une idée précise des caractéristiques de leur territoire face inondation. La connaissance des conséquences des inondations futures sur les bâtiments et infrastructures actuelles est un outil d'aide de prise de décision chez les autorités locales. L'objectif de la présente étude est donc de faire la cartographie des zones à risque d'inondation dans les pôles de développement 4 et 6 du Bénin. Les pôles de Développement Agricole 4 et 6 sont situés entre 6°30' et 10°05' de latitude nord et 1°15' et 3°45' de longitude est. Elles sont limitées au Nord par les pôles de Développement Agricole 2 et 3, à l'Est par la République fédérale du Nigeria, au Sud par les pôles de Développement Agricole 5 et 7 et à l'Ouest par la République du Togo (Figure 1).

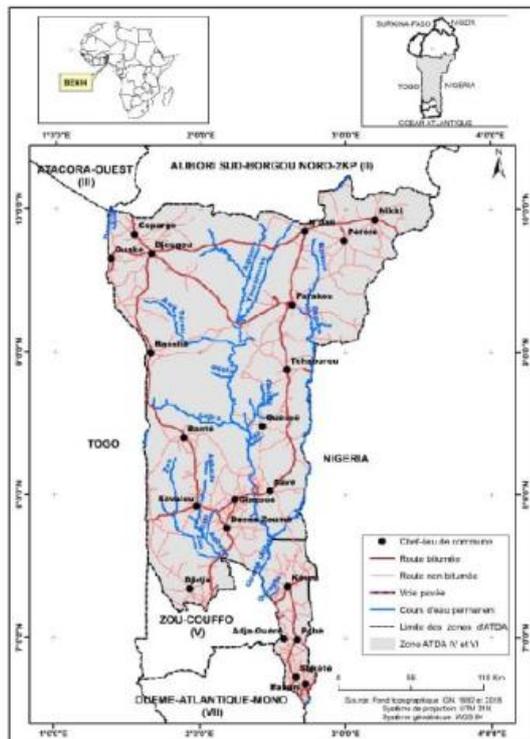


Figure 1. Situation géographique et administrative des PDA 4 et 6

Le Pôle de Développement Agricole N°4 regroupe le Borgou-Sud, la Donga et les Collines » ; il comprend les Communes de Savalou, Tchaourou, Bassila, Bantè, Djougou, Ouaké, Kopargo, Glazoué, Dassa-Zoumè, Djidja, Savè, N'dali, Ouessè, Parakou, Pélerè Nikki. Le Pôle de Développement Agricole n°6, ne prend en compte que le département du Plateau c'est-à-dire les Communes de Ifangni, Kétou, Sakété, Adja-Ouèrè, Pobè.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériels

Plusieurs matériels ont été utilisés dans le cadre de cette étude. au nombre de ceux-ci, dérivés du MNT que sont:

-)] SRTM 90 mètres version 4 – Shuttle Radar Topography Mission par le CGIAR-CSI
-)] (Consortium for Spatial Information), données au format GeoTiff disponibles sur :

-)] <http://srtm.csi.cgiar.org/>;
-)] Aster GDEM5 de résolution 30 mètres (Advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer), au format GeoTiff, disponible sur le site : <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>.
-)] Les données géologiques sont utilisées pour développer la description des formations, les structures rocheuses, la localisation des failles, et la profondeur maximale des roches. Elles permettent de déterminer la capacité d'absorption en eau des couches

Méthode de cartographie du risque d'inondation: La méthode de cartographie à l'index a été utilisée pour la cartographie des zones à risques d'abondance hydrique ou de déficit hydrique. Cette méthode de cartographies à index s'est basée sur la combinaison de cartes à divers paramètres (critères de vulnérabilité), en donnant un index numérique ou une valeur à chaque paramètre. La combinaison des cartes est faite au moyen de logiciels de traitement multicritères. La carte du risque est le produit de la confrontation de la carte de l'aléa avec celle de la vulnérabilité. La combinaison et l'analyse croisée de ces composantes (même pondération pour tous les facteurs) dans le Système d'Information Géographique (SIG) a permis l'élaboration de la carte de vulnérabilité à l'inondation.

Techniques de traitement des facteurs d'inondation: Dans la présente étude, la méthode cartographique à index et les SIG sont mis à contribution pour cartographier les niveaux de risques d'inondation dans les pôles de développement agricole (4 et 6). Au Bénin, on connaît deux types d'inondation (inondations pluviale et fluviale). Pour cela, la méthodologie utilisée pour la cartographie de ce risque s'est basée sur l'analyse de la dynamique et le comportement des cours d'eau suite aux pluies torrentielles, c'est-à-dire délimiter les zones dans lesquelles des inondations sont susceptibles de se produire suite à l'élévation du niveau de l'eau en tenant compte des variations de l'altimétrie du terrain. Cette méthode est basée sur la combinaison de cartes de divers paramètres du bassin en donnant un index numérique à chaque paramètre. Il s'agit des systèmes de pentes, du faciès lithologique du bassin versant, du réseau hydrographique, de l'occupation du sol et de la répartition des hauteurs pluviométriques. Une combinaison et une analyse multicritères des facteurs a conduit à définir deux descripteurs de l'inondation : la vulnérabilité du terrain à l'inondation et l'aléa hydrologique.

Cartographie de la vulnérabilité spatiale à l'inondation: A partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) échantillonné à 30 m, les systèmes de pente, le réseau hydrographique (complété avec la carte topographique des sous bassin, le réseau de densité et de drainage des cours d'eau sont extraits. A ces trois éléments s'ajoute le faciès lithologique. Le réseau hydrographique sert également à la modélisation des lits mineurs et majeurs dans la propagation des inondations. A partir de ces cartes thématiques, sont définies des classes de vulnérabilité (faible, moyenne et forte).

Cartographie de l'aléa d'inondation: A partir des données de précipitations, la carte des isohyètes a été établie. De cette carte des isohyètes, trois classes de pluviosité ; faible, modérée et forte sont définies. Un deuxième paramètre est le couvert végétal, qui retient une proportion variable de la pluie (eau d'interception) au cours d'une averse. En prenant en compte le rôle des différentes classes d'occupation du sol de la carte du couvert végétal dans la production des écoulements de

surface, une nouvelle classification a été réalisée et a permis de retenir trois classes:

-)] rôle faible (forêt et dômes rocheux dénudés) ;
-)] rôle moyen (savane arborée et arbustive, forêts galeries) ;
-)] rôle fort (cultures et mosaïques de cultures, agglomérations et sols nus ou à couvert végétal peu dense, cours d'eau).

Le croisement de ces deux facteurs (pluviosité et couvert végétal) a permis de cartographier l'étendue spatiale et les zones potentiellement exposées aux aléas climatiques. La Figure 2 montre la synthèse de la démarche de cartographie du risque d'inondation. Au-delà de l'approche cartographique, la démarche méthodologique utilisée a aussi permis de recueillir la perception des populations cible sur la représentation graphique des zones habitées, des établissements humains ainsi que des équipements et des ressources déterminants pour la communauté. Ceci inclut les maisons (toutes les maisons ne sont pas représentées sur la carte ; la représentation des zones où se trouvent des maisons est suffisante), les lieux de culte, les pistes/routes, les centres de santé, les écoles et les ressources telles que les zones boisées ou les zones d'eau.

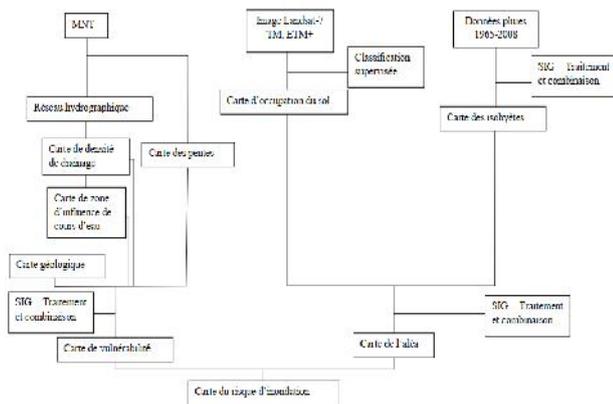


Figure 2. Méthode d'étude du risque d'inondation

RÉSULTATS

Caractérisation du risque d'inondation dans les PDA 4 et 6: Le risque est défini comme résultant de deux facteurs réputés indépendants que sont: l'aléa et la vulnérabilité (MolinValdes, 1994). Puisque le risque d'inondation est caractérisé par deux composantes que sont l'aléa d'inondation et la vulnérabilité des enjeux exposés. Alors l'évaluation de celui-là se base à la fois sur l'évaluation de ces deux derniers. Ainsi, évaluer le risque d'inondation veut dire apprécier, estimer, quantifier, calculer et mesurer la valeur de l'aléa, délimiter, localiser, identifier, peser, chiffrer et analyser l'importance de la vulnérabilité.

Caractérisation de la vulnérabilité au risque d'inondation dans les PDA 4 et 6: La vulnérabilité physique désigne l'impact physique d'un aléa sur les modes et moyens d'existence. L'approche de la vulnérabilité physique discerne la vulnérabilité en matière de quantité de dommages potentiels causés à un système biophysique par un événement climatique nuisible (Brooks, 2003). La caractérisation de la vulnérabilité physique dans la présente étude a été faite par la combinaison à l'intérieur d'un SIG des différents facteurs du milieu dont la susceptibilité de favoriser une inondation est évidente

(caractéristiques géologiques et géomorphologiques). Les facteurs responsables de la vulnérabilité physique du bassin à l'inondation sont issus des données physiques et concernent l'altitude, la pente, la facette géologique et le réseau hydrographique (Figure 3). Le croisement et l'analyse croisée de ces composantes (même pondération pour tous les facteurs) dans le SIG permet l'élaboration de la carte de vulnérabilité à l'inondation dans les différents sous-bassins versants.

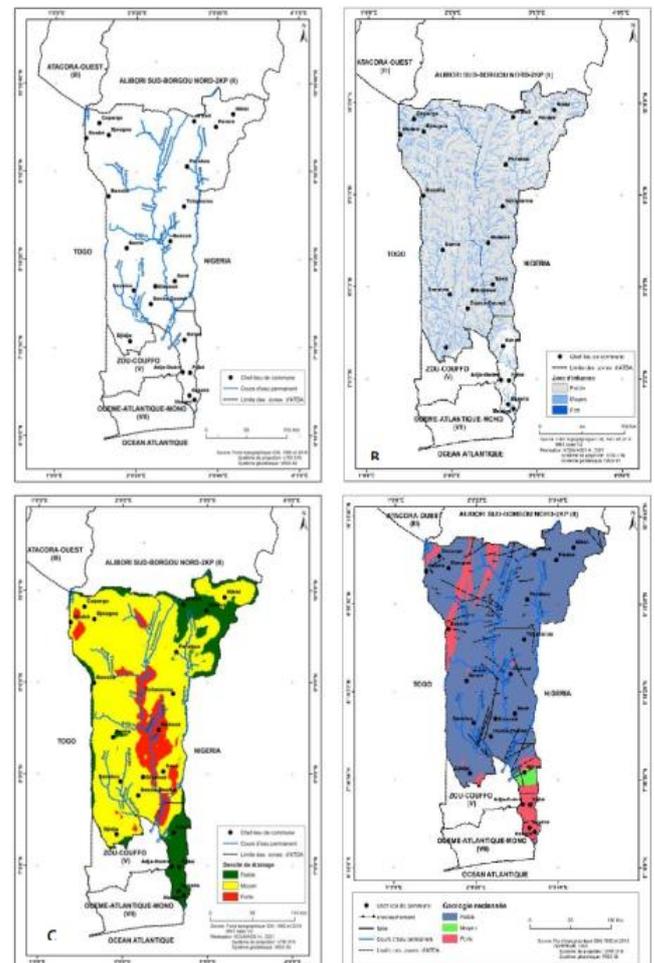


Figure 3: Différentes cartes thématiques pour l'établissement de la vulnérabilité à l'inondation

- A) Réseau hydrographique ; B) Distribution des zones d'influence des cours d'eau ; C) Distribution de la densité de drainage ; D) Distribution des domaines lithologiques

Les facteurs responsables de la vulnérabilité physique à l'inondation concernent l'altitude, la pente, la facette géologique et le réseau hydrographique. Ces données proviennent des cartes topographiques et géologiques du secteur d'étude. La combinaison et le traitement de ces différents facteurs, grâce aux SIG, ont permis d'obtenir la répartition des niveaux de vulnérabilité à l'inondation (Figure 4).

La vulnérabilité à l'inondation a permis d'identifier dans le secteur d'étude, tous les secteurs où les caractéristiques intrinsèques de l'environnement (caractéristiques géologiques et géomorphologiques) sont susceptibles de favoriser et d'amplifier l'inondation. La zone d'étude présente un niveau de vulnérabilité proportion allant du niveau faible (33,1 %) au fort (35,25 %) en passant par le moyen (31,65 %).

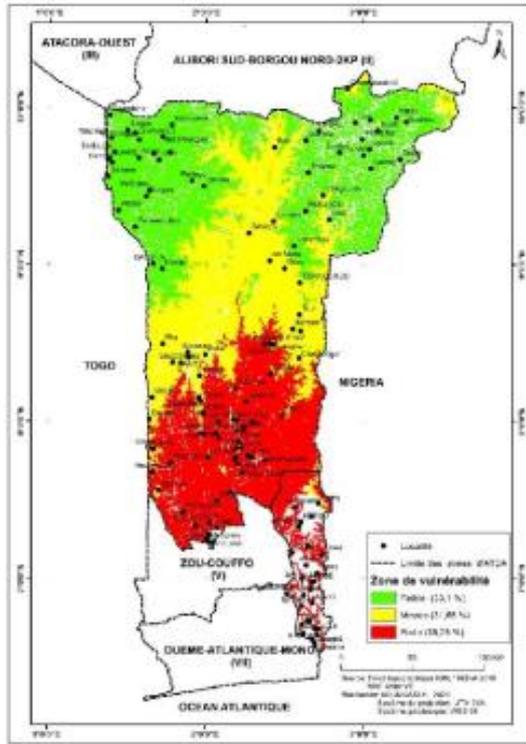


Figure 4. Répartition du niveau de vulnérabilité dans les PDA 4 et 6

Cette répartition à peu près proportionnelle montre la grande sensibilité des PDA 4 et 6 aux risques d'inondation. Cette répartition pourrait croire considérablement vers le fort au regard des modes d'exploitation des terres observés dans le secteur. L'aléa d'inondation est obtenue par la combinaison de la répartition des isohyètes et les unités d'occupation du sol dans le secteur d'étude (Figure 5).

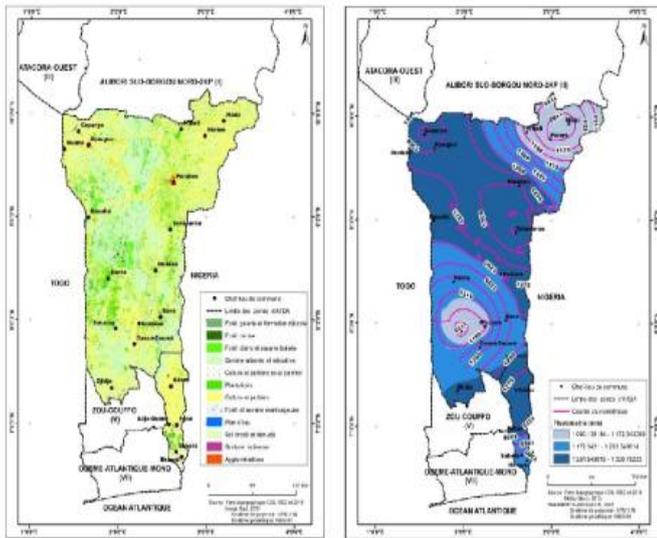


Figure 5 : Répartition des unités d'occupation du sol et des isohyètes dans les PDA 4 et 6

A partir de la combinaison des principaux facteurs de l'aléa d'inondation, la distribution de aléa d'inondation a été obtenue (Figure 6). La combinaison et le traitement de l'aléa d'inondation et de la vulnérabilité physique à l'inondation a permis de déterminer les zones à risques d'inondation dans le secteur d'étude. Ainsi, la superposition de ces deux cartes a permis d'obtenir une carte de synthèse qui fait apparaître les zones à risque d'inondation.

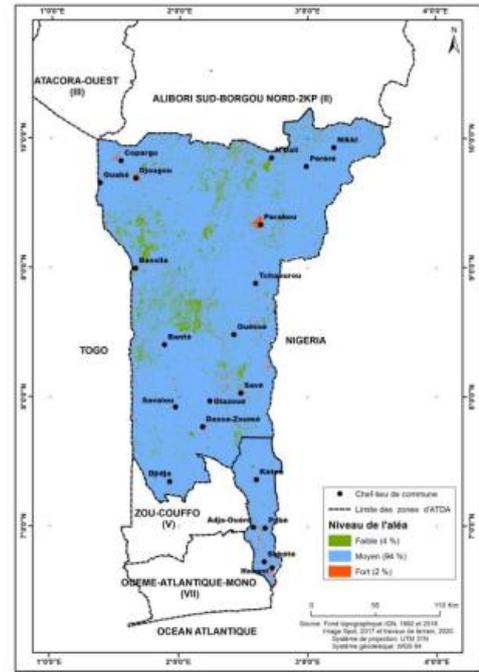


Figure 6. Répartition du niveau de l'aléa dans les PDA 4 et 6

Les secteurs où l'inondation est tolérable en fonction du type d'usage se distinguent d'autres secteurs où elle est intolérable. La Figure 7 montre la distribution des zones d'inondation dans les PDA 4 et 6. De l'analyse de la figure, il ressort que les zones à fort risque d'inondation représentent environ 28,91 % de la superficie des PDA et sont situées au sud du PDA 6.

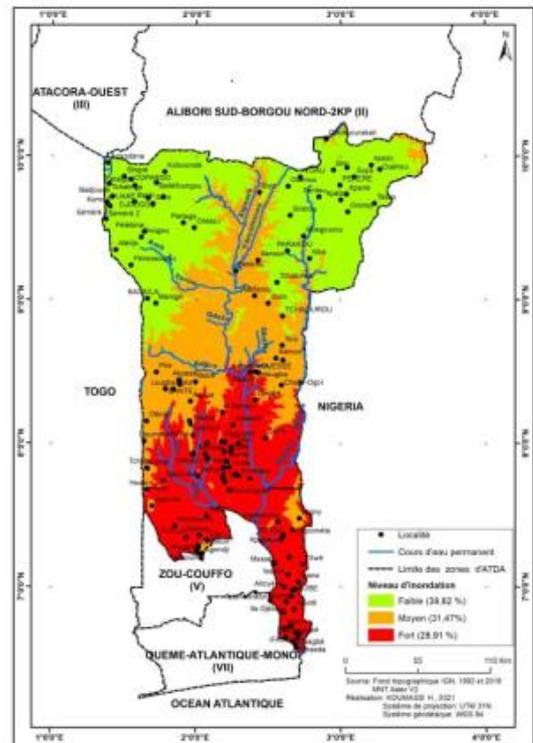


Figure 7. Distribution des zones d'inondation dans les PDA 4 et 6

En effet, dès sa sortie du socle cristallin, la pente du lit fleuve du Ouémé et ses différents affluents diminuent sur les formations du sédimentaire côtier ayant une densité de drainage élevée, la vitesse d'écoulement se réduit considérablement et favorise l'étalement de l'eau dans

l'ensemble de la basse vallée de l'Ouémé. C'est dans cette zone que sont concentrées les agglomérations et les zones de cultures soit 38 % des mosaïques de cultures. Les localités concernées sont entre autres Daagbé, Tchaada, Ko-Koumoulou, Banigbé, Takon, Sakété 1, Sakété 2, Ita-Djèbou, Aguidi, TatonnonkonOkpomètaKpankouTôwé, Ahoyéyé, Djidja. Les zones à moyen risque d'inondation sont situées sur les formations métamorphiques ayant une pente moyenne. Elles représentent 31,47 % de la superficie des PDA 4 et 6, et concernent les localités Idigny, Lèma, Sokponta, Gomé, Ouèdèmè, Gbafo, Paouingnan, Lèma, Djalloukou etc. Elles sont aussi marquées par une forte présence humaine. Les zones à faible risque d'inondation sont constituées sur les pentes moyennes. Elles sont entièrement situées dans la partie septentrionale du secteur d'étude et représentent environ 39,62 % de sa superficie. Les localités de Bariéno, Atokolibé, Badjoudé, Sanson, Bétérou, Ouénou Biro, Kpébié, Perere, Bassila, N'dali, Nikki, Ouake, Barèi, Djougou, Copargo etc sont les plus concernées.

DISCUSSION

Les inondations sont au cours des deux dernières décennies au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde. Elles représentent 34% des catastrophes enregistrées à l'échelle mondiale entre 1990 et 2007. Le nombre de personnes touchées par les catastrophes s'est considérablement accru, atteignant près de 200 millions en 2007 contre 135 millions en 2006 (Dauphiné A. 2003). Les populations pauvres sont les plus vulnérables du fait qu'elles disposent de peu de moyen d'adaptation. Dans ce contexte, cette étude revêt donc son tout son intérêt car elle a permis de spatialiser le risque d'inondation afin d'identifier les zones à risque d'inondation nécessitant une intervention prioritaire. L'approche utilisée pour cartographier les zones vulnérables à l'inondation et les zones à risque d'inondation a été déjà utilisée par plusieurs autres auteurs dont Saley *et al.* (2003) dans la région semi-montagneuse à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Dans cette étude, l'auteur a identifié cinq niveaux de risque (très faible, faible, modéré, fort, très fort) contre trois pour nos travaux (faible, moyen et fort). Cette différence du niveau d'appréciation des zones vulnérables à l'inondation et des zones à risque d'inondation résiderait dans la qualité des outils utilisés pour la détermination des facteurs d'inondabilité utilisés (SRTEM et Images spot). Cette différence pourrait s'expliquer par l'altitude. En effet le fait que Saley *et al.* (2003) ont travaillé dans une zone très contrastée (altitude comprise entre 200 et 600 m) alors que l'altitude dans notre secteur d'étude varie entre 150 et 400 m. D'autres auteurs tel que Kodja (2013) dans le bassin de l'ouémé à Bonou et (ABV-OMM-GWP, 2016) dans la Volta ont utilisé les mêmes approches et sont parvenus à des résultats similaires à ceux obtenus dans la présente étude.

Conclusion

La cartographie des zones à risques d'inondation dans les pôles de développement agricoles 4 et 6 du Bénin a permis de caractériser d'une part les zones vulnérables à l'inondation et les zones à risque d'inondation. L'identification de ces zones s'est faite par la combinaison de plusieurs facteurs dits de facteurs d'inondabilité.

Ainsi au 35,25 % de la superficie des PDA 4 et 6 présentent une forte vulnérabilité à l'inondation de même que 28,91 % de la superficie présentent un niveau de risque élevé à l'inondation. L'approche utilisée dans cette étude permet d'avoir des résultats qui sont parmi les meilleurs outils pour la représentation, la communication et l'aide à la décision. Cependant, ces cartes se caractérisent parfois par des lacunes dans leur figuration, notamment en raison de l'échelle utilisée et de la qualité des données utilisées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Pulvirenti, L., Pierdicca, N., Chini, M., Guerriero, L., 2011b. An algorithm for operational flood mapping from Synthetic Aperture Radar (SAR) data using fuzzy logic. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(2): 529-540.
- James, B., 2008. La prévention des catastrophes: le rôle de l'UNESCO. Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la culture, Paris. 49 pages.
- Torterotot J. P. (1993), Le coût des dommages dus aux inondations : estimations et analyse des incertitudes, thèse de doctorat, CERGÈNE, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Blin, P., Leclerc, M., Secretan, Y. & Morse, B. (2005). Cartographie du risque unitaire d'endommagement (CRUE) par inondations pour les résidences unifamiliales du Québec. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 18(4), 427-451. <https://doi.org/10.7202/705566ar>
- GIEC (2013) : Changements climatiques. Les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Résumé à l'intention des décideurs, 34 p.
- Boucher, J.-P. et F. Picard, (1994). Cartographie des zones inondables – Rivière Montmorency, du rapide de Trois Saules jusqu'à l'île Enchanteresse, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du milieu hydrique, Service de l'hydrologie et de la cartographie, Rapport no DH-94-01, 25 pages + annexes.
- MolinValdes, H. (1994). The international decade for natural disaster reduction and the link with agenda 21. In *Ecocodecision* (pp. 42-5).
- Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper*, 38(38), 1-16.
- Dauphiné A. (2003). Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Collection U, Armand Colin, Paris, 288 p.
- Saley M., Kouame F., Penven M.J., Biemi J et Boyassoro K. H (2003): Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'Ouest de la Côte d'Ivoire : Apport des MNA et de l'imagerie satellitaire, *Revue de Télé-détection*, vol5, n°(1-2-3), (pp53-67).
- Kodja DJ., 2013. Etude des risques hydroclimatiques dans la Vallée de l'Ouémé à Bonou. Mémoire de DEA. Géographie et Gestion de l'Environnement. Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 102 p.
- ABV-OMM-GWP Initiative Volta GIC, 2016. « Initiative Préparation de Projets de Mise en œuvre de la Gestion Intégrée des Crues –GIC- » dans le bassin de la Volta et ses six pays riverains.