



CARACTERISATION DES ZONES A RISQUE D'INONDATION DANS LA COMMUNE D'ATHIEME (SUD-OUEST BENIN)

CHARACTERIZATION OF FLOOD RISK AREAS IN THE MUNICIPALITY OF ATHIÉMÉ (SOUTH-WEST BENIN)

Adjiha Edid AMOUZOUNVI¹, Jean SODJI², Pierre OUASSA¹, Davy Fifamè Karine KODJI³, et Expédit Wilfrid VISSIN¹

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

²Laboratoire de Géographie Rurale et d'Expertise Agricole (LaGREA), FASHS, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

³Département de l'Eau pour l'Agriculture et la Société (DEAS), INE, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Abstract

In recent decades, the world has been confronted with a phenomenon of climatic variability marked by cyclical floods that threaten populations and property. Like the large municipalities of Benin, the municipality of Athiémé suffers from flooding due to extreme rainfall and especially from the overflow of the Mono River. The objective of this study is to map the areas at risk of flooding in the municipality of Athiémé. The methodological approach consisted of integrating into a geographic information system (GIS), data interpreted from Landsat OLI images, hydro-climatic data and products derived from a digital elevation model (DTM). The cartographic processing was done using the ArcGis 10.4 software. The reclassification and combination of the various factors related to the floods made it possible to obtain the hazard and vulnerability maps. These maps have four classes ranging from low to very high risk of flooding. The results of the flood risk mapping show that the low and medium risk areas cover 24.27% and 24.48% of the Municipality respectively, the high-risk areas occupy 30.54% of the total area of the Municipality. The very high-risk areas are located in the immediate vicinity of watercourses and occupy 20.70% of the municipality. This risk map is a useful decision-making tool to prevent and effectively manage the risk of flooding in the Commune of Athiémé (South-West Benin).

Keywords: Cartography, GIS, Flood risk, flooding, Municipality of Athiémé.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.14603793>

1. Introduction

La problématique des changements climatiques est mondiale. Les catastrophes naturelles présentent des risques majeurs pour tous les pays du monde, quel que soit leur niveau de développement. Parmi celles-ci, il faut distinguer les catastrophes issues des phénomènes climatiques extrêmes comme les inondations (Gbaguidi, 2015). Elles font partie des fléaux dévastateurs qui frappent le plus aujourd'hui dans le monde. Le Sahel et l'Afrique de l'Ouest sont, selon le GIEC (2007), parmi les régions les plus vulnérables aux fluctuations climatiques futures. Ainsi, la gestion des événements extrêmes est une des préoccupations majeures de la politique de l'eau (Hamdane, 2015). Le sixième rapport du GIEC (2022), réaffirme que le réchauffement climatique provoque notamment une hausse de l'instabilité climatique et de la fréquence des événements météorologiques extrêmes : canicules, sécheresses, incendies, mais aussi, inondations, tempêtes, cyclones. Le réchauffement climatique affecte aussi de manière globale les écosystèmes, notamment les plus fragiles, il perturbe la vie des sols, le cycle de l'eau, la vie des océans. Il participe également à la crise mondiale de la biodiversité en perturbant l'équilibre des habitats naturels notamment.

Le Bénin a connu par le passé plusieurs phénomènes d'inondation dont les plus importantes en 1999, 2009 et 2010. Ces inondations étaient dues aux crues et au débordement des fleuves Ouémé, Mono, Couffo et des lacs Nokoué et Ahémé (Amoussou *et al.*, 2012). En effet, dans le bassin béninois du fleuve Mono, les fortes précipitations enregistrées dans les mois de juin et juillet engendrent les crues du fleuve avec comme corollaire les inondations dans les communes d'Athiémé, Lokossa et Grand-Popo (Atiyé, 2017).

Ainsi, la commune d'Athiémé est sujette à des inondations récurrentes chaque année qui rendent difficile les conditions de vie des populations. Compte tenu de l'importance des conséquences des inondations sur l'agriculture et de la place que celles-ci occupent dans les économies locales de la Commune, il devient de plus en plus évident qu'il faut renforcer les mesures adoptées par les populations. Cette recherche vise à caractériser les zones à risque d'inondation dans la commune d'Athiémé.

1.1. Cadre d'étude

La commune d'Athiémé est située à environ 8 km de la ville de Lokossa (par l'axe Lokossa, Athiémé, Cotonou) et à 104 km de la ville de Cotonou. C'est une Commune du nord-ouest du Bénin située dans le département du Mono entre 6°27' et 6°41' de latitude nord et entre 1°33' et 1°48' de longitude Est. Elle couvre une superficie de 238 km² soit 14,83 % du département du Mono. Elle est limitée au nord par la commune de Lokossa au sud par la commune de Grand Popo et à l'Est par la commune de Houéyogbé et à l'Ouest par la République Togolaise avec laquelle elle partage une frontière naturelle qui est le fleuve Mono. La figure 1 présente la situation géographique de la commune d'Athiémé.

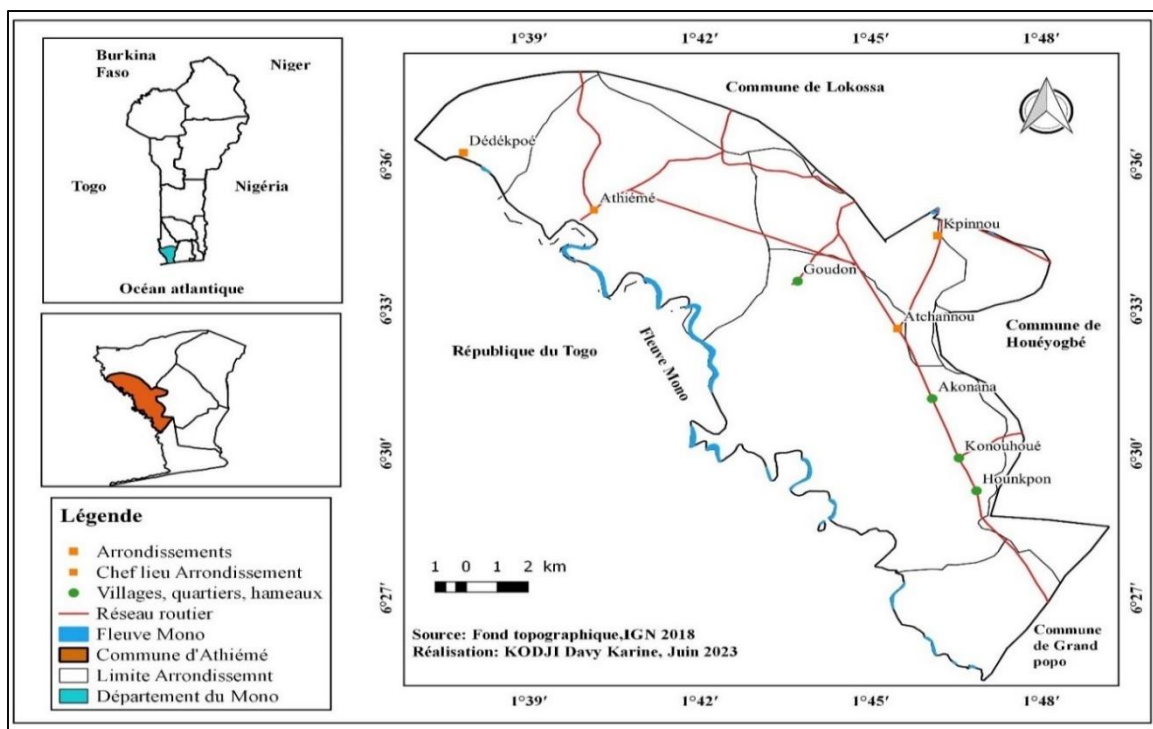


Figure 1 : Situation géographique de la commune d’Athiémé

2. Données et méthodes

2.1. Données utilisées

Les données utilisées pour la cartographie du risque d’inondation sont exclusivement pluviométriques et planimétriques. Les données pluviométriques sont celles issus du réseau de station couvrant le secteur d’étude (1981-2021) extraite de la base de données de Météo Bénin. Par contre, les données de débits en (m³/s) et de côtes en (cm) sont extraites de la base de données de la Direction Générale de l’Eau (DG Eau) sur la période de 1981 à 2021 pour appréhender la dynamique de l’écoulement du fleuve Mono et son implication dans les inondations de la Commune. Les données planimétriques sont constituées des images Landsat de type Oli Tirs 08 de 2018 et le Modèle Numérique de Terrain de type SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponible sur le site <https://earthexplorer.usgs.gov> d’une résolution de 30m x 30m. Les feuilles géologiques de Lokossa à l’échelle 1/30000^e ont été également utilisées.

2.2. Méthodes utilisées

2.2.1. Enquête de terrain

Les enquêtes de terrain portent sur trois arrondissements à haut risque d’inondation. Ces arrondissements sont choisis par le principal critère qu’est : Arrondissement ayant des villages

caractérisés par une proximité avec le fleuve ou les zones inondables et reconnu pour une production agricole. La taille de l'échantillon a été déterminée en suivant la méthode de Schwartz (2002). Elle a été calculée avec un degré de confiance de 95 % et une marge d'erreur de plus ou moins 5%.

$$N = \frac{Z^2 PQ}{d^2}$$

N : taille de l'échantillon par village

Z : niveau de confiance à 95 % (valeur type de 1,96)

On fixe une probabilité d'erreur raisonnable, par exemple un seuil de signification de 5%. La valeur de la statistique t (normale) correspondant à un seuil est approximativement 1,96

d = marge d'erreur est donc égale à 5%

P = nombre de ménages agricole du village/nombre de ménages agricoles de l'arrondissement

$$Q = 1 - P$$

En procédant ainsi par village choisi, un taux d'échantillonnage de 10 % a été appliqué au résultat pour déterminer le nombre exact de ménage à interroger par arrondissement.

Au total le nombre de personnes enquêtées est de 103. La sélection des personnes à interroger a été faite par la méthode de choix raisonné en fonction du sexe, de l'âge et des classes professionnelles :

- avoir un âge supérieur ou égal à 30 ans et une ancienneté de 10 ans dans son village : le choix de cette tranche d'âge s'explique par le fait que pour mieux appréhender les questions sur les événements hydro-climatologiques, il faut des personnes âgées pour disposer des informations historiques fiables ;

- avoir été victime des inondations : les victimes pourront mieux relater les faits vécus, les impacts et les stratégies d'adaptation développées face aux inondations ;

- avoir résidé dans la commune pendant ces vingt dernières années. Ce critère est retenu afin que ces derniers puissent bien décrire les réalités du milieu.

Les classes sociales enquêtées sont : des agriculteurs, des pêcheurs, des éleveurs, des commerçantes et des autorités locales qui répondent selon leur volonté, de manière parfois exhaustive ou partielle aux questions qui leurs ont été posées.

2.2.2. Méthode de cartographie de la vulnérabilité de la Commune à l'inondation

L'analyse de la vulnérabilité demande l'utilisation de plusieurs techniques et outils (Koumassi, 2014). Dans cette étude la méthode de combinaison et de superposition a été retenue. Pour ce faire, les variables définies sont les suivantes : la densité de drainage, la géologie, la pente.

La densité de drainage : est un élément important dans les mesures de contrôle des crues. Elle exprime la longueur des cours d'eau par unité de surface (km/km^2). Généralement, une densité de drainage élevée signifie une grande surface de ruissellement par rapport aux zones de faible densité de drainage. Par conséquent, elle a une forte probabilité d'être inondée. La carte de densité de drainage a été produite en utilisant l'outil Kernel Density dans le logiciel ArcGIS.

La pente : l'inondation se produit dans les zones de faible pente due à l'accumulation vers le bas de l'eau en provenance des zones de haute altitude. La carte des pentes a été extraite du Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude sous le format SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponible sur le site « <https://earthexplorer.usgs.gov> » avec une résolution de 30 m par l'outil slope dans le logiciel ArcGIS 10.4.

La géologie : est un facteur important dans l'étude des risques d'inondation, car elle peut soit amplifier, soit atténuer le degré de risque lié à cette catastrophe naturelle. Ce facteur est lié à la perméabilité et à la capacité de stockage de l'eau qui varient selon les types de roche. Lorsque la roche est imperméable, l'infiltration des eaux pluviales est moins importante, ce qui favorise l'extension des surfaces de ruissellement et amplifie les effets des inondations. La géologie de la Commune est extraite d'une feuille géologique (IGN, 2012).

Le traitement des différentes variables a permis de dresser des cartes thématiques. La combinaison de ces différentes cartes en utilisant l'outil Raster calculator sous ArcGIS a permis l'élaboration de la carte de vulnérabilité de la Commune d'Athiéme à l'inondation. La figure 2 présente les cartes thématiques des différentes variables considérées.

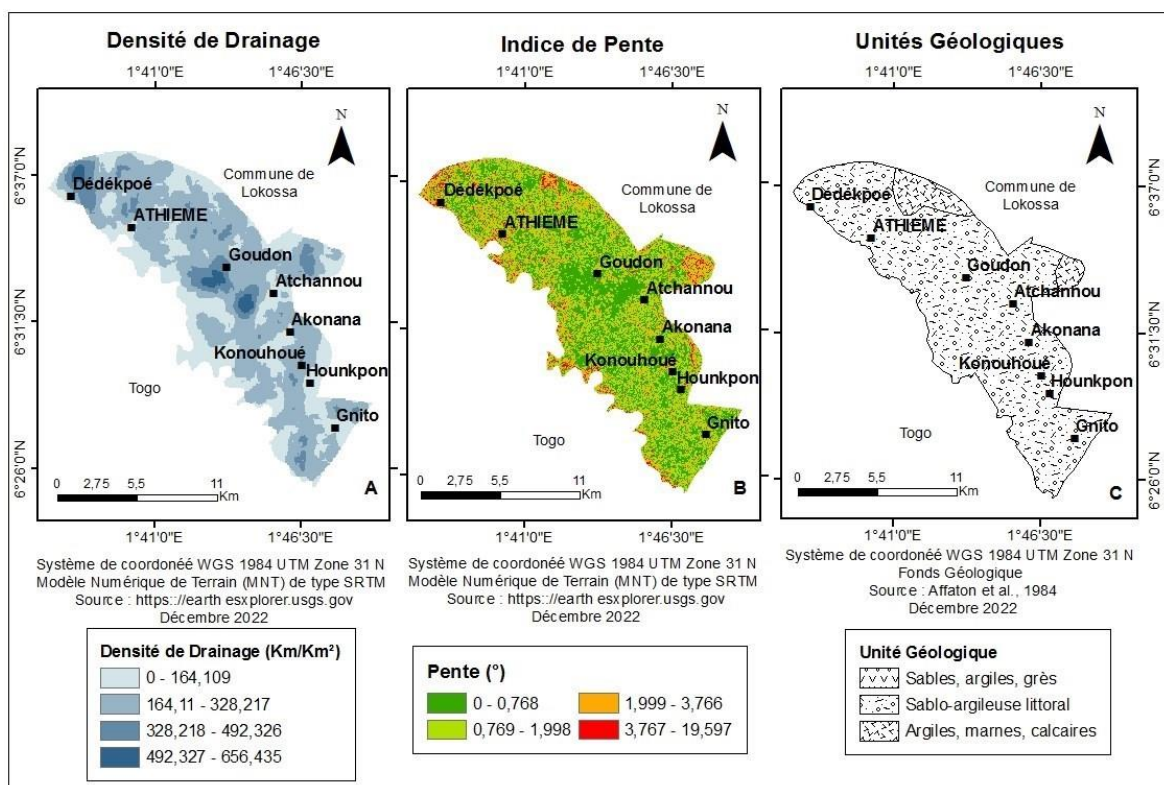


Figure 2 : Carte des différentes variables

La figure 2 montre les cartes des trois variables considérées pour la détermination de la vulnérabilité de la Commune d’Athiémé. Il s’agit de la carte de la densité de drainage, la carte des pentes et la carte des unités géologiques.

Pour caractériser la vulnérabilité aux inondations, une échelle descriptive a été établie en fonction du poids de chaque variable dans le processus de vulnérabilité. Cette échelle varie de faible à très fort et correspond à des côtes qui varient de 1 à 4. Le tableau I présente l’échelle descriptive et les côtes associées.

Tableau I : Echelle descriptive et côtes associées

Echelle	Côtes
Faible	1
Moyen	2
Fort	3
Très fort	4

Le tableau II présente la classification des variables considérées

Tableau II : Classification des variables considérées pour la vulnérabilité

Paramètres	Caractéristiques	Côtes	Echelle
Densité de drainage (Km/km ²)	0-164,109	1	Faible
	164,11-328,217	2	Moyen
	328,218-492,326	3	Fort
	492,327-656,435	4	Très Fort
Pente (°)	0-0,768	4	Très fort
	0,769-1,998	3	Fort
	1,999-3,766	2	Moyen
	3,767-19,597	1	Faible
Géologie	Sable, argiles, grès	2	Moyen
	Sablo-argileuse littoral	3	Fort
	Argiles, mânes, calcaires	4	Très fort

2.2.3. Méthode de cartographie de l'aléa d'inondation

La carte des aléas résulte de la combinaison de la carte des champs de pluies et de celle de l'occupation du sol.

L'occupation du sol : constitue le principal facteur pour identifier les zones susceptibles d'être submergées par les crues. Cette dernière influence le taux d'infiltration. Par exemple, la forêt et la végétation favorisent l'infiltration de l'eau. D'autre part, la zone urbaine, qui est principalement constituée de surfaces imperméables et de terres nues, augmente le ruissellement des eaux. La carte de l'occupation du sol est produite à partir d'une image satellite Landsat OLI 08 TIRS, 2018.

Les champs de pluies : les précipitations ont une influence significative sur les inondations lorsque les cours naturels des rivières ne peuvent pas transporter l'excès d'eau. Par conséquent, les cours d'eau débordent entraînant des crues fluviales. Les données pluviométriques ont été analysées dans la Commune en utilisant la méthode IDW (Inverse Distance Weight). La figure 3 présente la carte de l'occupation du sol et des champs de pluies.

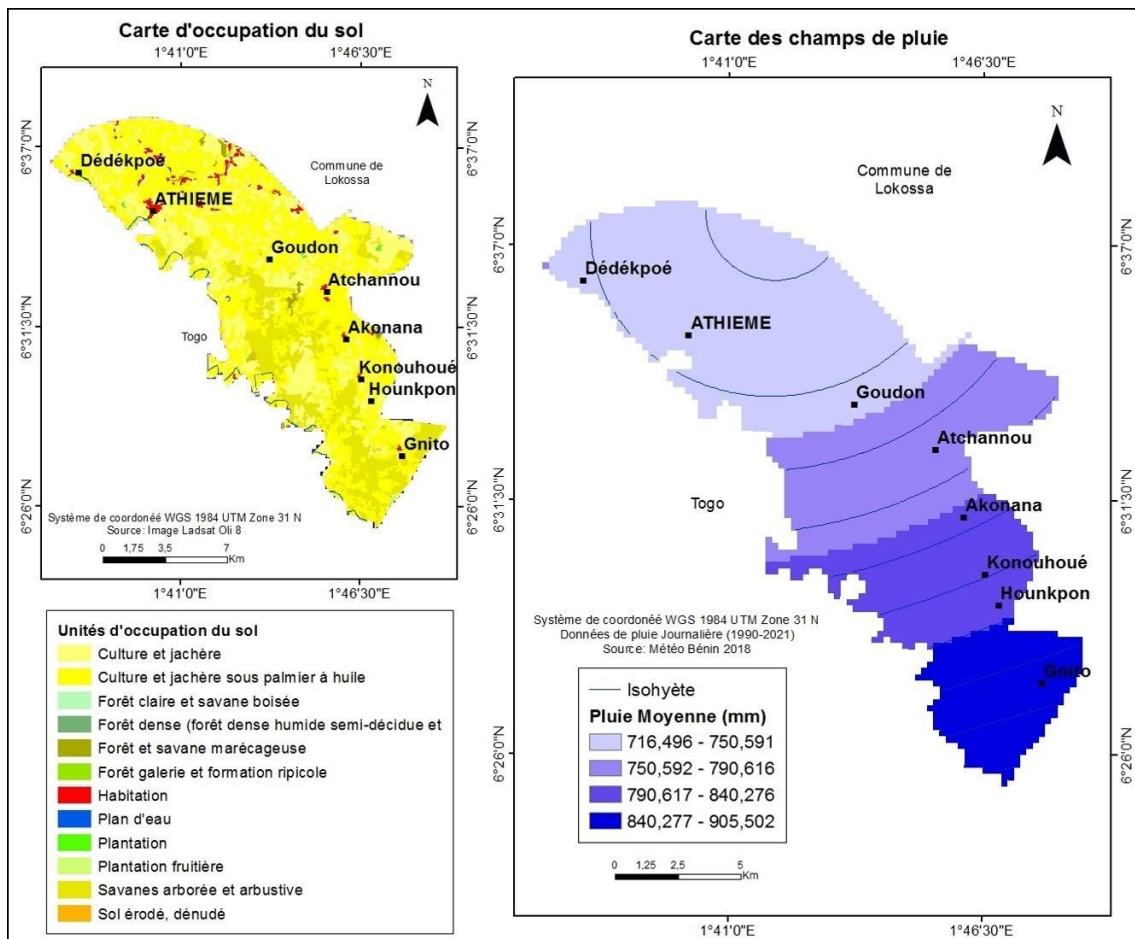


Figure 3 : Cartes de l'occupation du sol et des champs de pluies

La Figure 3 montre les cartes des champs de pluies et de l'occupation du sol. En prenant en compte le rôle des différentes unités d'occupation du sol dans la production des écoulements de surface, une classification est réalisée à partir des unités d'occupation du sol et a permis de retenir quatre classes. Le deuxième paramètre est les champs de pluies. A partir de la répartition de l'intensité des pluies réalisée à l'aide des données de précipitations (1981 - 2021), quatre classes d'abondance pluviométrique ont été définies. Le tableau III présente la classification des variables considérées

Tableau III : Classification des variables considérées pour l'aléa

Paramètres	Caractéristiques	Côtes	Echelle
Occupation du Sol	Forêt dense (forêt dense humide semi décidue)	Faible	1
	Forêt claire et savane boisée	Moyen	2
	Forêt et savane marécageuse		
	Savane arborée et arbustives		
	Culture et jachère	Fort	3
	Culture et jachère sous palmier		
	Forêt galerie et formation ripicole		
	Plantation		
	Habitation	Très fort	4
	Plan d'eau		
Sols érodé et dénudé			
Champs de pluies	716,496-750,591	Faible	1
	750,592-790,616	Moyen	2
	790,617-840,276	Fort	3
	840,277-905,502	Très fort	4

Le croisement de ces deux facteurs (champs de pluies et occupation du sol) a permis de déterminer l'étendue spatiale et les zones potentiellement exposées aux aléas climatiques pouvant engendrer des inondations à l'échelle du secteur d'étude.

Pour obtenir la carte de risque d'inondation de la commune d'Athiémé, la carte d'aléa a été croisée avec celle de la vulnérabilité à l'aide des différents outils du Système d'information Géographique (SIG) selon la formule suivante : **Risque = Aléa * Vulnérabilité**

3. Résultats

3.1. Facteurs liés aux inondations dans la Commune d'Athiémé

3.1.1. Caractéristiques pluviales et fluviales de la commune d'Athiémé

❖ Caractéristiques pluviales

La figure 4 montre la variabilité interannuelle des hauteurs de pluies de la commune d'Athiémé.

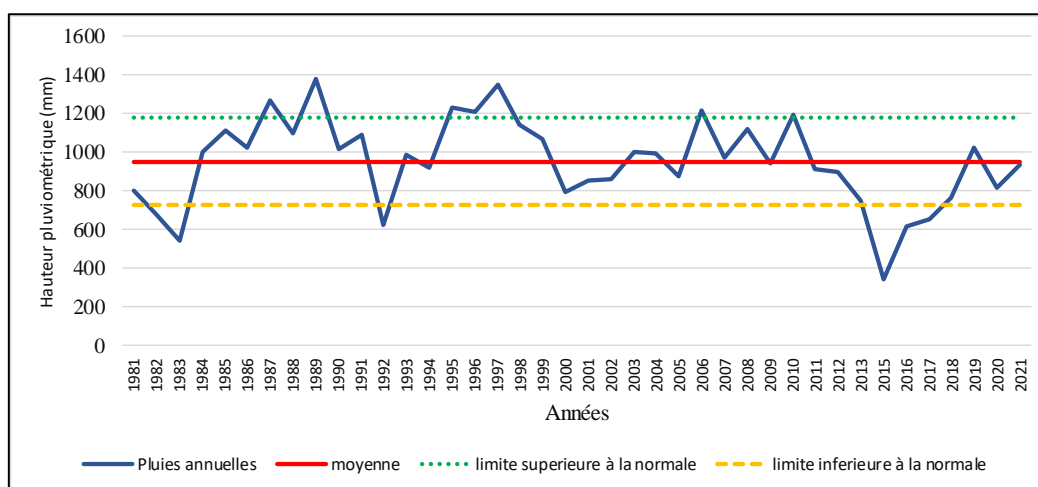


Figure 4 : Variabilité interannuelle de la pluie de 1981 à 2021

Source : Météo Benin, Septembre 2022

L'analyse de cette figure 4 montre que les hauteurs annuelles de la basse vallée du Mono à Athiémé varient entre 727 mm et 1177 mm. La moyenne annuelle sur la période est de 952 mm. La variation interannuelle des hauteurs de pluies influence les activités agricoles avec une grande difficulté pour les agriculteurs à gérer les extrêmes. Les années moyennes ; déficitaires et excédentaires de la série sont les suivantes :

- Les années déficitaires sont les années 1983, 1992, 2015, 2016, 2017 avec les hauteurs respectives de 544 mm ; 625,9 mm ; 343 mm ; 617 mm ; 656 mm ;
- Les années moyennement pluvieuses sont les années 1981, 1982, 1984, 1986, 1988, 1991, 1993, 1994, 1995, 1999, 2000 à 2005, 2007, 2008, 2009, 2011 à 2014, 2016, 2018 à 2021 avec les hauteurs respectives de 801 mm ; 678 mm ; 1001 mm ; 1023 mm ; 1095 mm ; 1092,2 mm ; 986,6 mm ; 917 mm ; 1232,2 mm ; 1068 mm ; 794,6 mm ; 943,7 mm ; 1016,3 mm ; 884,7 mm ; 1046,3 mm ; 835,1 mm ; 790,5 mm ; 903,7 mm ; 957,8 mm ; 978 mm ; 1087 mm ; 858,2 mm ; 1104 mm ; 820 mm ; 791,6 mm ; 1071,1 mm ; 913 mm ; 933,5 mm

- Pour les années 1985, 1987, 1989, 1996, 1997, 2006, 2010, 2015, la pluviométrie dans la Commune a une tendance à la hausse avec respectivement pour seuils pluviométriques 1110 mm ; 1269 mm ; 1376 mm ; 1208,7 mm ; 1348,6 mm ; 1223 mm ; 1196,9 mm ; 1191,9 mm. Ayant des seuils pluviométriques largement supérieurs à la moyenne annuelle qui est de 952 mm, ces années sont donc qualifiées d'excédentaires. Par conséquent, elles enregistrent beaucoup des cas d'inondations.

❖ **Caractéristiques fluviales**

La figure 5 montre la variabilité inter mensuelle des côtes moyennes.

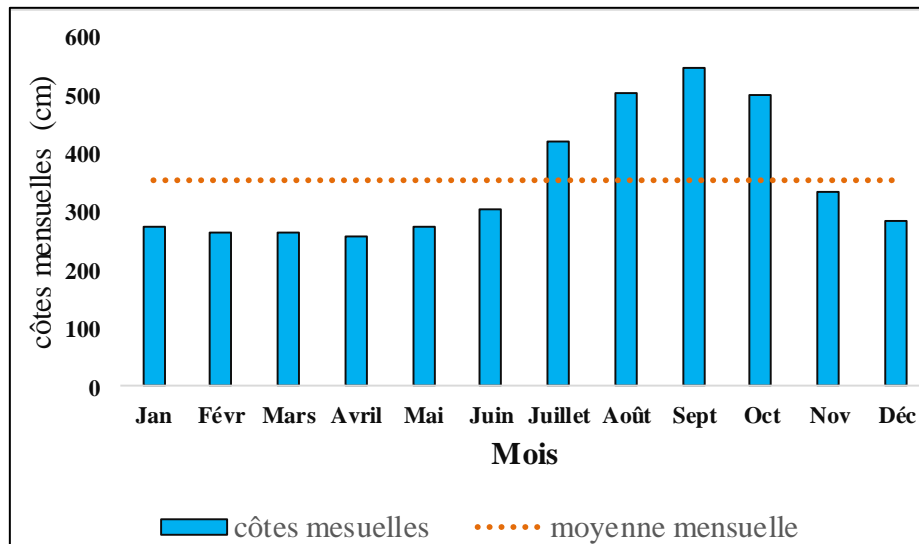


Figure 5 : Variabilité inter mensuelle des côtes moyennes mensuelles

Source : Direction Générale de l'Eau, Septembre 2022

De l'analyse de la figure 5, il est constaté trois phases dans l'évolution des côtes moyennes au cours de l'année dans la commune d'Athiémé

- La première phase couvre la période de Janvier à mai pendant laquelle les côtes sont pratiquement stationnaires autour de 2,756 m. Cela s'explique par le fait que les premières pluies arrivent en Mars-Avril et rechargent la nappe avant de se diriger dans le lit majeur du fleuve.

- La deuxième phase s'étend de Juin à Septembre ou le niveau du fleuve croit rapidement et passe de 3,04,2 m à 5,482 m (son niveau le plus élevé). C'est la période de concentration des eaux puisque la nappe déjà saturée pendant la première phase, le niveau s'accroît rapidement et atteint son point culminant en septembre ou on assiste au débordement du fleuve et aux inondations dans la Commune.

- Pendant la dernière phase on note la diminution du niveau du fleuve qui passe de 5,487 m en septembre à 2,85 m en décembre.

Ces résultats confirment les données recueillies sur le terrain qui indiquent que les mois août, septembre et octobre sont les périodes d'inondations et que le mois de septembre est le plus

redouté. La figure 6 présente les anomalies centrées réduites appliquées aux données de débits du fleuve Mono à Athiémé.

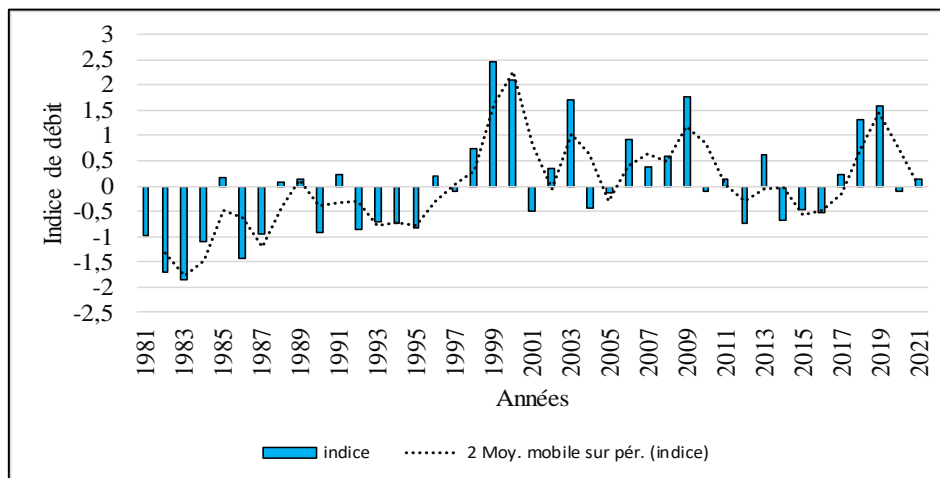


Figure 6 : Variabilité inter annuelle des débits d’eau du fleuve Mono à Athiémé

Source : Météo Bénin, Septembre 2022

De l’analyse de la figure 6, il ressort des anomalies positives et négatives qui varient de -2,5 à 3. Les anomalies positives de 0 à 3 indicatrices des années marquées par des épisodes hydrologiquement humides voire extrêmement humides caractérisent les événements d’écoulements et de débordement du fleuve Mono. Alors les années 1999, 2000, 2003, 2009, 2018, 2019 témoignent des années où le débit de l’eau est excédentaire et/ou on observe des événements de débordements.

3.1.2. Perceptions inondations selon les populations

La perception des populations sur les causes des inondations a été évaluée suivant la figure 7.

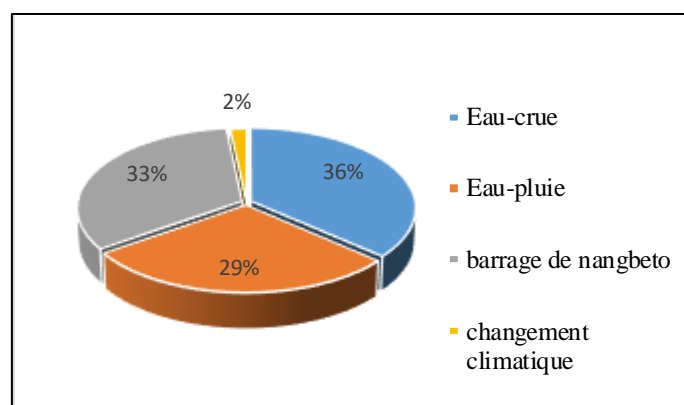


Figure 7 : Fréquence des causes des inondations selon les populations

Source : Enquête de terrain, Septembre 2022

De l'analyse de la figure 7 il ressort que, les causes des inondations dans la Commune de Athiémé sont : les eaux de pluies dues à d'abondantes pluies ont été citées par 29% des enquêtés ; les eaux de crues dues aux débordements du fleuve ont été citées par 36% des enquêtés ; le lâcher des eaux du barrage Nangbéto (situé en amont de la zone d'étude) représente un facteur principal qui augmente considérablement les risques d'inondation et ceci est cité par environ 33 %. En dehors de ces facteurs jugés prépondérants, autres paramètres tels que le changement climatique (2 %) ont été également cités au rang des facteurs responsables des inondations par les enquêtés. La figure 8 présente la fréquence des mois d'inondation selon les enquêtés.

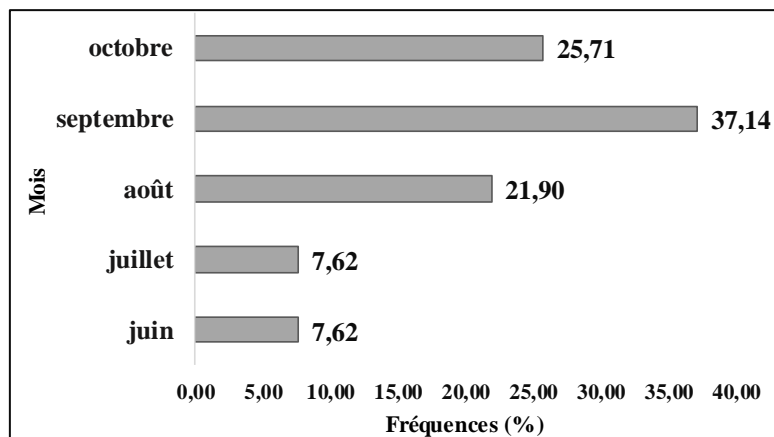


Figure 8 : Fréquence des mois d'inondations selon les populations

Source : Enquête de terrain, Septembre 2022

De l'analyse de la figure 8 on note cinq mois d'inondations cités par la population enquêtée : il s'agit des mois de juin (7,62 %), juillet (7,62 %), août (21,90 %), septembre (37,14 %) et octobre (25,71 %). Le mois de septembre qui est le plus cité correspond au mois de crue le plus redouté dans la commune par toutes les populations et est conforme aux données de crues obtenues.

3.2. Identification des zones à risque d'inondation dans la Commune d'Athiémé

3.2.1. Cartographie des zones de vulnérabilité à l'inondation

La carte de vulnérabilité à l'inondation (figure 5) est obtenue par la combinaison de diverses données, notamment celles de : la carte de densité de drainage, la carte des pentes et celle des unités géologiques (figure 2). La figure 9 présente la vulnérabilité de la Commune à l'inondation.

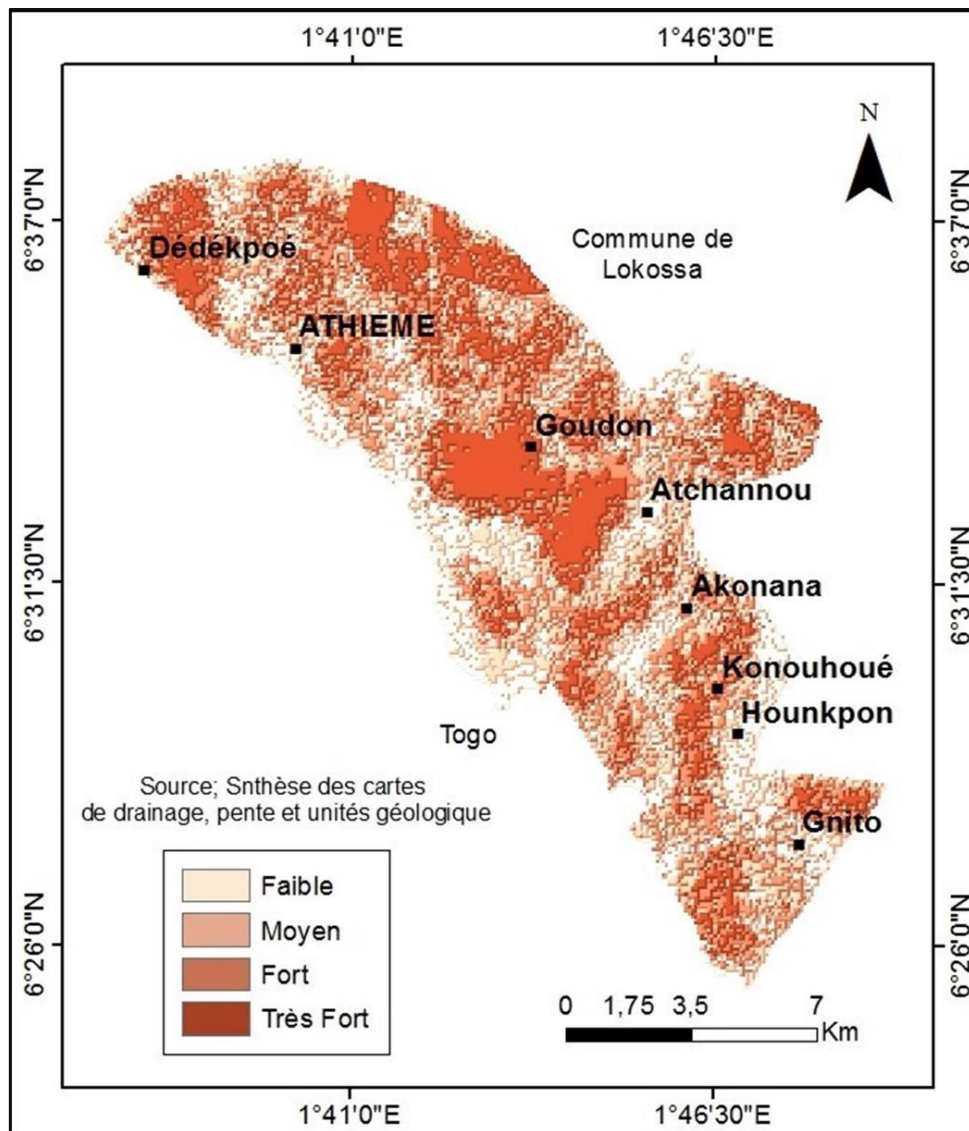


Figure 9 : Vulnérabilité de la commune d'Athiémé à l'inondation

L'analyse de cette figure 9, permet de mettre en évidence quatre zones de vulnérabilité qui varient du faible au très fort niveau. Les zones de faible vulnérabilité aux inondations couvrent 17,88 % de la superficie de la Commune, les zones de vulnérabilité moyenne représentent 26,05 % de la Commune et ce sont des zones à pente moyenne où le ruissellement ne permet pas à l'eau de stagner. Les zones de forte vulnérabilité couvrent 29,80 %. Ces zones concernent les plaines sujettes à la submersion et sont situées aux abords des cours d'eau et enfin les zones de très forte vulnérabilité constituent 26,24 % du territoire et sont vraiment les zones où les pentes sont presque nulles.

3.2.2. Cartographie de l'aléa à l'inondation

L'aléa d'inondation comprend les zones dans lesquelles des inondations sont susceptibles de se produire, de façon plus ou moins importante et fréquente, suite aux fortes précipitations ou aux

débordements des cours d'eau. La carte de l'aléa d'inondation représente donc des zones où il existe un risque d'inondation, même aux endroits où aucune inondation n'est historiquement connue. Inversement, l'absence d'une zone d'aléa sur la carte ne peut garantir qu'une inondation ne s'y produira jamais (Koumassi, 2014). La carte de l'aléa (figure 10) est obtenue par la combinaison de la distribution des unités d'occupation du sol et de la distribution des champs pluviométriques (figure 3).

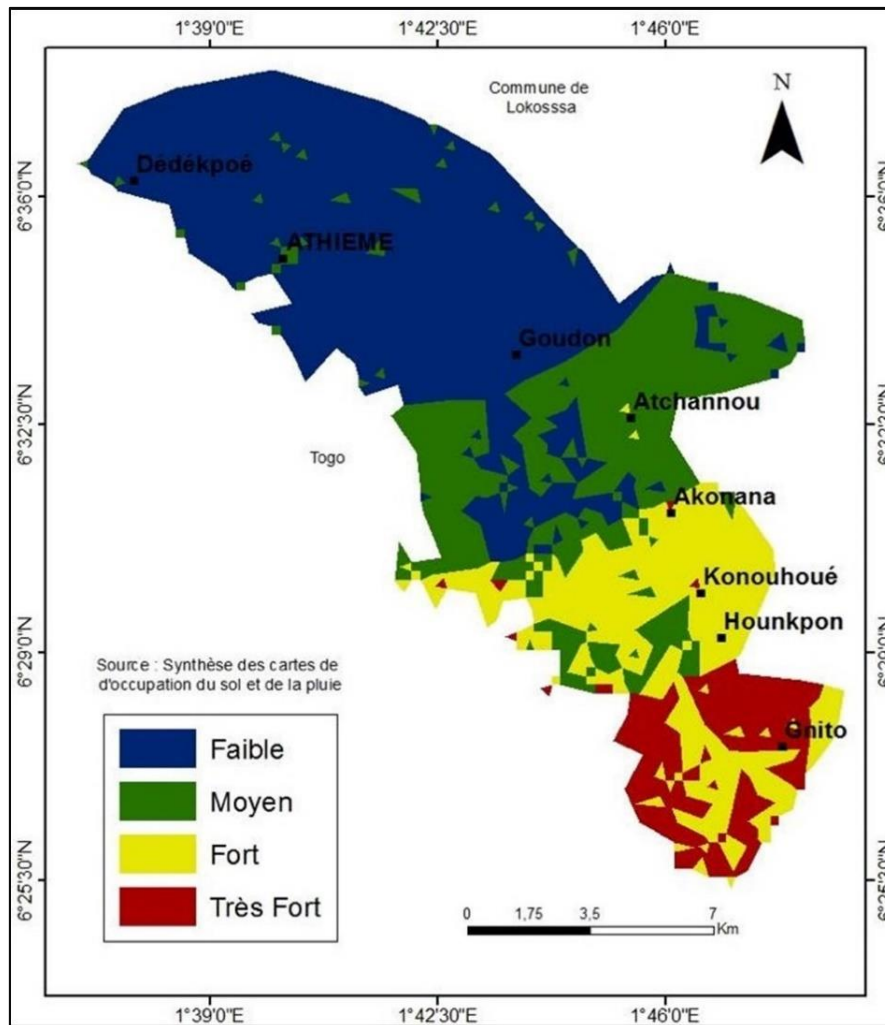


Figure 10 : Carte des Aléas de l'inondation

De l'analyse de la figure 10 les aléas d'inondation dans la Commune sont classés à quatre niveaux, c'est-à-dire du faible au très fort. Il ressort que la zone de faible aléa occupe 48,57 % de la superficie de la commune et se situe principalement dans le secteur à couvert végétal dense (forêt dense humide, semi-décidue) et à pente forte. Les zones des aléas moyens sont dispersées sur l'ensemble de la Commune. Elles représentent 24,34 % de la superficie de la commune et correspondent aux secteurs à couverture végétale moyennement dense (forêt claire, savane). Les zones à fort et à très fort aléas occupent respectivement 18,38 % et 8,74 % de la superficie de la commune et correspondent aux cultures et jachères, aux forêts galeries, aux habitations, aux plantations, aux plans d'eau.

3.2.4. Cartographie du risque à l'inondation

La cartographie des zones inondables constitue un des meilleurs outils de prévention des risques d'inondation surtout celles liées aux débordements des cours d'eau. En effet, l'élaboration et la diffusion d'informations sur les zones inondables lors des événements pluvio-hydrologiques extrêmes, permet aux décideurs, aux populations vivant dans ces zones et aux divers acteurs de prendre des dispositions nécessaires avant que la catastrophe ne se produise. Ainsi, la connaissance à l'avance de ces zones permet non seulement de prévenir mais aussi de mettre en place les dispositifs de secours afin de réduire la vulnérabilité des populations riveraines (Koumassi, 2014). Le risque d'inondation dans la commune d'Athiémé a été déterminé par le croisement des cartes de vulnérabilité à l'inondation et celle de l'aléa qui est le facteur déclencheur de l'inondation. La Figure 11 montre les secteurs à risque d'inondation dans la commune d'Athiémé.

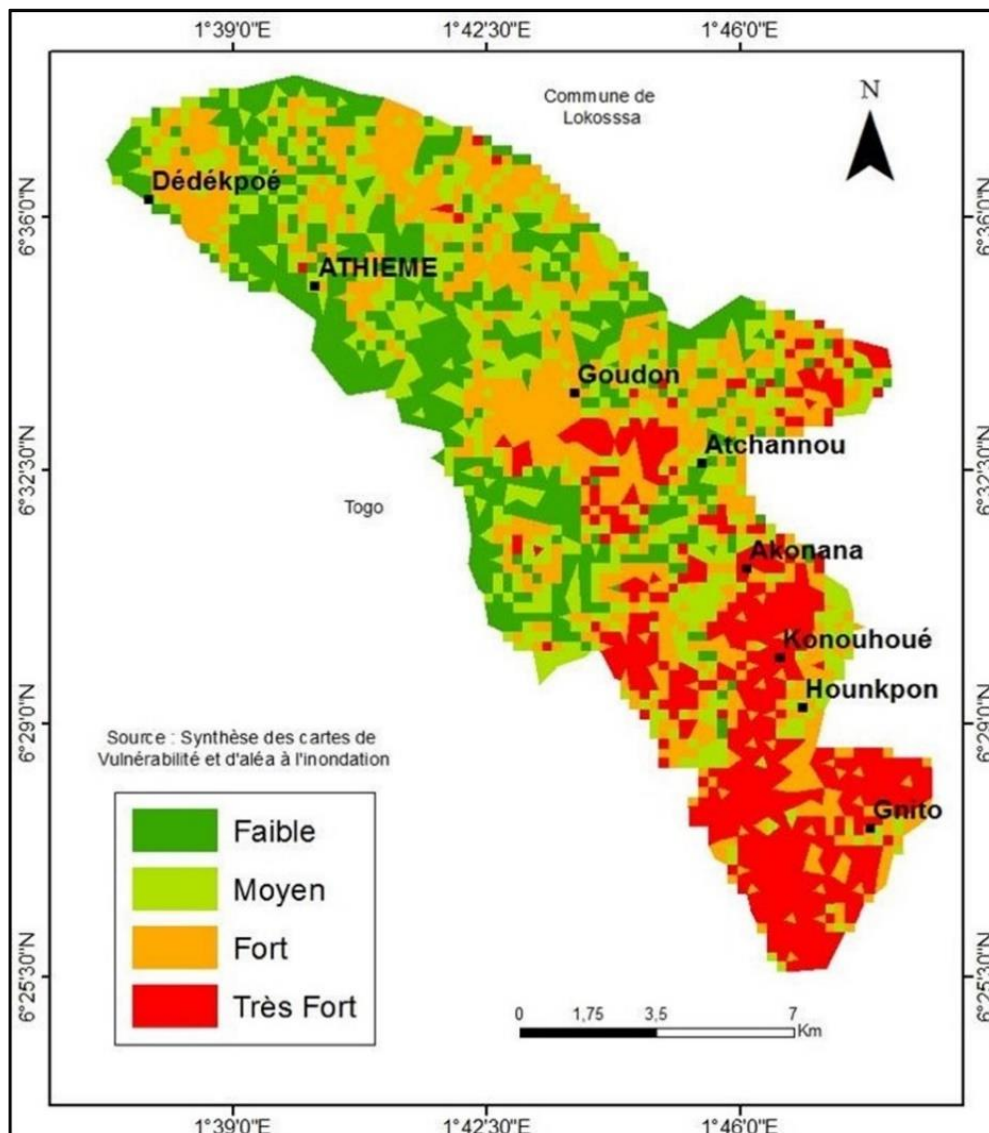


Figure 11 : Zone à risque d'inondation dans la Commune d'Athiémé

De l'analyse de la figure 11, il ressort que les zones à risque d'inondation dans la commune d'Athiémé varient de faible au très fort.

Les zones à risque faible couvrent 24,27 % de la surface et se situent principalement dans le nord de la Commune. Les zones à risque moyen couvrent 24,48 % et sont dispersées sur l'ensemble de la Commune. Elles se rencontrent dans les secteurs à pente moyenne. Les zones à fort risque sont situées dans les plaines le long des cours d'eau. Elles occupent 30,54 % et s'étendent principalement dans le nord et l'ouest de la Commune. Ces zones présentent un danger évident lors des crues. Les zones à très fort risque sont situées aux abords immédiats des cours d'eau et occupent 20,70 % dans la Commune. Ces zones correspondent le plus aux zones agricoles. Les localités les plus concernées sont dans les parties centrales et du sud Est de la Commune.

4. Discussion

La prévention du risque d'inondation est une étape très importante dans le phénomène de gestion du risque d'inondation. Au cours de cette étude, plusieurs facteurs d'aléa et de vulnérabilité (pente, densité de drainage, géologie, intensité pluviométrique, occupation du sol) ont été identifiés dans la commune d'Athiémé. Le couplage basé sur l'Analyse Multicritère avec le SIG a permis d'identifier les zones à risque d'inondation. Cette méthode a fait ses preuves au cours des recherches de Koumassi *et al.*, (2014), dans le bassin de la Sota ; Gbaguidi *et al.*, (2023) dans la zone Agroécologique 5 (Bénin) et Ouassa (2022) dans le bassin de Pendjari au Bénin. La combinaison des différents facteurs de la vulnérabilité a abouti à l'obtention de la carte de vulnérabilité à l'inondation. Cette carte montre que la Commune d'Athiémé présente une vulnérabilité très élevée. Ce résultat est confirmé par Atiyé (2017) qui a travaillé sur les risques hydro climatiques dans la commune d'Athiémé et montre que chaque année, des terres, au demeurant fertiles, sont inondées par les pluies et les débordements du fleuve et les rivières des collines environnantes. Ainsi, la basse vallée du Mono est le théâtre de crues importantes, le plus souvent catastrophiques avec d'énormes pertes matérielles et parfois en vies humaines. Aussi, Athiémé apparaît principalement comme une zone à risque d'inondation élevée. Ce risque élevé est caractérisé par de forte pente, un drainage fort, une forte intensité pluviométrique, une importante accumulation d'eau, une densité de population élevée et une activité anthropique importante. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus dans les travaux antérieurs de Koumassi *et al* (2014) qui confirment que l'intensité pluviométrique, la lithologie, le domaine structural, la pente, le type d'occupation du sol, et la densité de drainage sont les variables environnementales et naturelles importantes dont la susceptibilité à produire une inondation. De plus Kouamé (2013) ; Kouassi (2019), effectuant des études sur l'inondation dans différentes régions ont montré qu'une zone à risque d'inondation se traduit par une évolution progressive et non contrôlée de l'occupation du sol, une faible évacuation des eaux, une importante pluviométrie et accumulation des eaux. Les SIG dans cette étude nous ont permis de cartographier les zones à risque d'inondation et ses résultats s'apparentent avec ceux dégagés par les études faites sur la basse vallée de Mono comme (Atiyé, 2017). En définitive, ces résultats obtenus peuvent servir de document de base aux autorités compétentes pour les prises de décision tant au niveau sécuritaire qu'au niveau de l'aménagement territorial.

Conclusion

Les résultats obtenus montrent l'importance des SIG et l'Analyse Multicritère dans l'évaluation du risque à l'inondation dans la commune d'Athiémé. En effet, la combinaison des données satellitaires (Landsat OLI), de pluie et de topographie dans un SIG a permis de cartographier les zones à risque d'inondation. Les zones à risque faible couvrent 24,27 % de la surface et se situent principalement dans le nord de la Commune. Les zones à risque moyen couvrent 24,48 % et sont dispersées sur l'ensemble de la Commune. Elles se rencontrent dans les secteurs à pente moyenne. Les zones à fort risque sont situées dans les plaines le long des cours d'eau. Elles occupent 30,54 % et s'étendent principalement dans le nord et l'ouest de la Commune. Ces zones présentent un danger évident lors des crues. Les zones à très fort risque sont situées aux abords immédiats des cours d'eau et occupent 20,70 % dans la Commune. Vu ce risque élevé, ces zones doivent bénéficier d'une attention particulière des décideurs. Ainsi, des mesures strictes doivent être mises en œuvre par les autorités compétentes en la matière afin d'éviter des dégâts plus importants. La carte de risque à l'inondation élaborée constitue un document de base pour les décideurs pour d'éventuelles prises de décision.

Références Bibliographiques

- [1] AMOUSSOU, E., CAMBERLIN, P., et MAHE, G. (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(4), 805-817
- [2] ATIYE E. (2017) : Caractérisation des risques hydro-climatiques dans le bassin versant béninois du fleuve Mono à l'exutoire d'Athiémé, Thèse de Doctorat, EDP/UAC, 254 p.
- [3] GBAGUIDI R. (2015) : Vulnérabilité agricole et stratégies de préventions des inondations dans les communes de cove, zagnanado et ouinhi, Thèse de Doctorat, EDP/UAC, 293 p.
- [4] Global scientific (2022) : Cartographie des risques d'inondations dans la commune d'Abomey Calavi ,9p
- [5] GIEC, 2022, Impacts, options d'adaptation et domaines d'investissement pour une Afrique de l'Ouest résiliente au changement climatique. Rapport de synthèse. Sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 20p. DOI : https://cdkn.org/sites/default/files/2022-04/IPCC%20Regional%20Factsheet%202_West%20Africa%E2%80%93FR_web.pdf
- [6] GIEC (2007) : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'Intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, Suisse, 103 p
- [7] HAMDANE A. (2015) : changement climatique et sécurité alimentaire en méditerranée et en Afrique de l'Ouest : Stratégies pour une agriculture, des territoires et une croissance durable- Etude du cas Tunisien. Séminaire SESAME, 25p.

- [8] RENAUD H. (2006) : "Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique", Thèse de Doctorat ; Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts ; 256 pp
- [9] KOUAME K. ; KOUADIO B. ; YAO J. (2023) : Cartographie du risque d'inondation à Cocody et abobo-Abidjan (côte d'ivoire), 18p
- [10] KOUAME K. (2013) : Etude et prévention des risques d'inondation en milieu urbain par Télédétection et Système d'information géographique (SIG) : cas de la commune de Cocody-Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). DEA d'hydrogéologie, 71p
- [11] KOUASSI D. (2019) : Apport de la télédétection et des systèmes d'information géographique a la prévention et à la prévision du risque d'inondation dans la commune d'abobo (Abidjan, côte d'ivoire). Thèse de doctorat, 161p
- [12] KOUMASSI D. H. (2014) : Risques hydro-climatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la sota à l'exutoire de Coubéri. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH, UAC, 245 p.
- [13] KOUMASSI D. H. ; TCHIBOZO A. E. ; VISSIN E. W. et HOUSSOU C. S. (2014) : SIG et télédétection pour l'optimisation de la cartographie des risques d'inondation dans le bassin de la sota au Bénin. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 23 (2014) 137 – 152. DOI : <https://bec.uac.bj/uploads/publication/3a95d0bf6a967029e48eec88c95dcc0d.pdf>
- [14] OUASSA P. (2022) : Evènements hydroclimatiques extrêmes et sécurité alimentaire dans le bassin béninois de la Pendjari à l'exutoire de Porga. Thèse de docotorat, GAGIEE, CIPMA, UAC, 294p.