



Cartographie des zones à risques d'inondation, cas de la retenue d'eau du barrage de Lom-Pangar (Est-Cameroun)

Fulbert Kamga Togué^{1,2*}, Alioum Adama Haman², Enow Williams Atem², Anselme Crépin Mama², Clément Etchike Agnem², Narcisse Ngando Ebango², Solange Marlyse Leng², Abdoulaye Yaou Zakary³

⁽¹⁾Université de Yaoundé I. Faculté des Sciences. Laboratoire de physique environnemental BP 812 Yaoundé (Cameroun). E-mail : kamgafulbert@yahoo.fr

⁽²⁾Université de Douala. Institut des Sciences Halieutique à Yabassi. BP 2701 Douala (Cameroun)

⁽³⁾Délégation d'Arrondissement de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales Bélabo (DAEPIA BBO). BP 7758 Yaoundé (Cameroun).

Reçu le 14 mars 2024, accepté le 04 juin 2024, publié en ligne le 29 juin 2024

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v7i2.6>

RESUME

Description du sujet. Plusieurs études ont été menées dans le monde pour prédire les inondations par le biais des SIG (Systèmes d'Information Géographique). Au Cameroun, les zones à risque d'inondations situées en aval du barrage de retenue de Lom Pangar ont été cartographiées afin d'avoir une idée sur leur étendue et la vulnérabilité des populations de ces zones.

Objectif. L'étude a consisté à dresser une carte présentant les zones à risque d'inondation dans les alentours de la retenue, de la tête du barrage jusqu'au village Goyoum (Bélabo) aux alentours de la Sanaga et proposer un plan de contingence.

Méthodes. Une campagne d'étude a été effectuée au cours de la période allant du 15 mars au 30 Juin 2019. Les paramètres permettant la cartographie de ces zones tels que la pédologie, la topographie, l'hydrographie et l'occupation des sols ont été obtenus par diverses méthodes (photogrammétrie, télédétection, mesures usuelles sur le terrain, documentation et numérisation des documents).

Résultats. La carte topographique a présenté trois différentes zones en fonction des pentes, la carte pédologique a montré trois différents types de sols dans la zone d'étude, la carte d'occupation des sols a montré que plus d'une centaine d'habitants vivent dans des zones à risque élevé d'inondation, la carte pluviométrique a montré trois zones de précipitations dans la zone d'étude. Il a été trouvé que 109 km² des zones présentent un fort risque d'inondation, 434 km² dans la zone d'étude sont à risque moyen d'inondation, et que 445 km² de ces zones sont soumises à un risque faible d'inondation

Conclusion. Les populations vivant en aval du barrage de Lom-Pangar jusqu'à Goyoum sont soumises à un risque d'inondation.

Mots-clés : Inondations, photogrammétrie, topographie, précipitations.

ABSTRACT

Mapping of flood risk areas, case of the Lom-Pangar water-retention dam (East Cameroon)

Description of the subject. Several studies have been carried out around the world to predict floods using GIS (Geographic Information Systems). In Cameroon, flood risk areas located downstream of the Lom Pangar dam were mapped to get an idea of their extent and the vulnerability of the populations in these areas

Objective. The study consisted of drawing up a map presenting the areas at risk of flooding in the surroundings of the reservoir, from the head of the dam to the village Goyoum (Bélabo) around the Sanaga and proposing a contingency plan.

Methods. A study campaign was carried out during the period from March 15 to June 30, 2019. The parameters for mapping these areas such as pedology, topography, hydrography and land use were obtained by various methods (photogrammetry, remote sensing, standard field measurements, documentation and digitization of documents).

Results. The topographic map presented three different areas according to slope, the soil map showed three different soil types in the study area, the land use map showed that more than a hundred inhabitants live in areas at high risk of flooding, the rainfall map showed three rainfall zones in the study area. It was found that 109 km² of the areas were high flood risk, 434 km² in the study area were at medium flood risk, and 445 km² of these

areas were at low flood risk.

Conclusion. Populations living downstream of the Lom-Pangar dam up to Goyoum are subject to a risk of flooding.

Keywords. Floods, photogrammetry, topography, precipitation.

1. INTRODUCTION

Pour pallier à son problème d'insuffisance énergétique, le gouvernement du Cameroun s'est lancé dans le développement du potentiel hydroélectrique du bassin de la Sanaga, en mettant sur pied la centrale hydro-électrique de Lom-Pangar en 2011. D'une hauteur de 40 mètres, d'une capacité de rétention de 6 milliards de mètres cubes d'eau et d'une superficie de 540 km², la centrale a une capacité de production de 30 MW. Situé dans la région de l'Est Cameroun, dans le département du Lom et Djerem et dans l'arrondissement de Ngoura, la construction du barrage de Lom-Pangar est l'un des aménagements des cours d'eau dont dispose le Cameroun. Il est un barrage en remblai avec une section contenant un barrage poids sur la Lom. Il est situé en aval de la confluence entre les cours d'eaux Lom et Pangar et en amont de la confluence entre la Lom et la Sanaga.

La position du barrage de Lom-Pangar est de telle sorte qu'il puisse contenir beaucoup d'eau (6 Milliards de mètres cubes) pour ainsi maximiser le gain d'énergie (30 MW). Avec les phénomènes de changements climatiques, il s'observe des saisons pluvieuses plus marquées et des précipitations plus abondantes. L'implantation du barrage a modifié le régime hydrologique du fleuve Lom-Pangar et par conséquent celui de la Sanaga. Le plan de gestion de ce risque mis en place lors de la construction du barrage n'est pas totalement adapté. Les populations situées dans la zone d'étude sont soumises aux risques d'inondation.

La crue est un phénomène qui correspond à une élévation du niveau des eaux sans perturbations majeures. Lorsque le débit et le volume d'eau entraînent un débordement par rapport au lieu d'écoulement habituel (le lit mineur) et que la crue est susceptible de présenter des risques, on parle alors d'inondation. L'eau se répand dans les zones d'expansion des crues, qui correspondent au lit majeur du cours d'eau et qui sont souvent occupées par les populations ou les établissements humains (Melé, 2008). Il y a lieu de distinguer les inondations lentes qui sont provoquées par des crues progressives (l'eau monte de quelques centimètres par heure) et les inondations brusques provoquées par des crues soudaines induites par une brusque montée des eaux : plusieurs mètres en quelques heures).

Plusieurs études similaires ont été menées dans le monde pour prédire les inondations par le biais des SIG (Systèmes d'Information Géographique) au

Cameroun. Dans la région de l'Extrême Nord, une étude menée par l'INC en collaboration avec l'Université de Ngaoundéré a consisté en la cartographie des zones à risque d'inondation dans la zone de Maga et de ses environs. Ici, la télédétection et les SIG ont été utilisés pour l'obtention de ce résultat. Il s'en est sorti comme résultat que 32,31 % de la superficie totale de la zone de Maga et de ses environs sont soumis à un risque fort d'inondations ; 19,75 % à un risque moyen et 47,94 % à un risque faible. Les solutions efficaces envisagées pour la prévention des risques dans la zone concernaient l'aménagement de la digue de retenue d'eau de Maga et la lutte contre l'érosion des berges de cours d'eaux de la région de l'Extrême Nord du Cameroun (Leumbe, 2015).

Dans la région du Littoral, une étude menée par l'Université de Dschang en collaboration avec l'Université de Liège en Belgique a porté sur l'utilisation des SIG et de la 3D pour la cartographie des zones à risques d'inondation et l'évaluation des habitations inondables à Douala. Pour mener à bien cette étude, ils ont utilisé la méthode de Beven & Kirkby pour délimiter les zones humides et extraire les zones inondables et complétée par des observations directes. Ils ont obtenu comme résultat que plus du quart de la ville de Douala se trouve en zone inondable, 58 % des habitations des quartiers de Mabanda et Ngangué se trouvent dans les zones à risque d'inondation très élevé, et que 46,57 % des habitations de ce quartier se trouvent en zone de risque d'inondation moyen (Zogning, 2013).

Dans la région de l'ouest Cameroun, une étude menée par la Faculté des sciences de l'Université de Yaoundé 1 a porté sur le risque d'inondation dans la vallée de Nyos. En effet, le lac Nyos est doté d'un barrage naturel d'éjectas grossiers qui protège les populations et les installations en aval, sa rupture ferait au moins 10000 morts du Cameroun au Nigeria selon McKIE (2000). En effet, avec ses 2 km de long, 1 km de large et 210 m de profondeur, le lac Nyos contient 3 milliards de m³ d'eau et il retient beaucoup de gaz dissous notamment le dioxyde de carbone (Tchindjang, 2001)

Les principales causes des inondations sont les précipitations, les ruptures de barrages, les tsunamis, etc. Les facteurs influents sont la topographie, la durée et l'intensité des précipitations, l'état hydrique et le degré

d'imperméabilité des sols, la densité du couvert végétal, les pratiques agricoles, l'encombrement des lits de cours d'eau, etc. (Scarwell et Laganier, 2008). Les impacts des inondations peuvent être sous plusieurs ordres : (i) Impact sanitaire (noyades, épidémies et flambées des maladies hydriques par difficultés d'accès à l'eau potable, malnutrition à moyen terme) ; (ii) Impact économique (destruction des plantations et des habitations, des voies d'accès, des ouvrages d'art « ponts, ruptures de barrages ou de digues », perturbations de la circulation urbaine, dysfonctionnements des services « eau, télécommunications, électricité»). Cette recherche s'avère indispensable pour la prévention des effets néfastes causés par les inondations.

L'objectif de ce travail consiste à dresser une carte présentant les zones à risque d'inondation dans les alentours de la retenue, de la tête du barrage jusqu'au village Goyoum (Bélabo) aux alentours de la Sanaga et proposer un plan de contingence. Il s'agit de générer une carte de vraisemblance du risque et une carte de conséquence ; proposer un modèle de gestion pour prévenir et gérer ce risque.

L'étude présente de nombreux intérêts, sur le plan environnemental, il soutiendra une meilleure gestion des écosystèmes aquatiques; sur le plan socioéconomique, il contribuera à l'amélioration des conditions de vie des populations des villes de Pangar, Goyoum et des villages avoisinants. Sur le plan politique, il fournira aux décideurs un outil d'aide à la définition de meilleures stratégies de gestion des ressources en eau et des risques de catastrophes naturelles.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située à l'Est du Cameroun, dans le Département du Lom et Djerem à une distance d'environ de 80 km de Bertoua, chef-lieu du Département. Elle couvre une superficie de 6 000 km² et est limitrophe au Nord par la Commune de Betaré Oya, à l'Est par la Commune de Mandjou, au Sud-Est par la Commune de Bertoua 1, au Sud par les Communes de Nsem et Minta, au Sud-Ouest par la Commune de Diang, à l'Ouest par la Commune de Yoko (Henry, 2016).

Le relief de la zone est assez diversifié et très peu accidenté, il tient son originalité des différents mouvements tectoniques qui ont eu lieu aux temps géologiques. Ce relief laisse apparaître comme particularité des petites collines de faible altitude dont la moyenne se situe entre 500 et 800 mètres.

Les collines sont séparées des vallées qui servent de lits à la plupart des rivières qui traversent la Commune pour se jeter au fleuve Sanaga (Koppert et Massike, 2005). Les sols sont en majorité ferrallitiques, argilo-sablonneux ou argilo-limoneux que l'on retrouve généralement dans les plaines avec par endroit une curasse latéritique. Ils se caractérisent par leur faible capacité de rétention des éléments nutritifs et s'épuisent rapidement. En termes d'Hydrographie et Climat, la Commune de Belabo est traversée par le fleuve Sanaga et ses affluents. Le régime des fleuves et des rivières de la commune de ce commun est très dense. Le principal fleuve est la Sanaga. Par ailleurs, on note la présence de nombreux ruisseaux et les marigots tarissent pendant la grande saison sèche. Le climat de la région est équatorial, de type guinéen avec des températures varient de 20°C entre Juillet-Août et 30°C entre Janvier-Février. La pluviométrie moyenne annuelle fait état de 117 jours de pluies pour un total de 1 816.1 mm de précipitations (COTCO, 2016). Il vient que la pluviométrie observée est bimodale, traduisant ainsi une zone équatoriale marquée par quatre saisons d'inégales durées (CAMRAIL, 2018)

2.2. Collecte des données

Cette étude s'est déroulée de mars à juillet 2019. Le niveau de vraisemblance est composé des éléments naturels du milieu tels que la topographie, l'hydrographie, la pédologie et la pluviométrie. Pour obtenir la carte topographique de notre zone d'étude, nous nous sommes servis de deux principales sources de données que sont les images satellitaires et les photographies aériennes (Figure 1). Les photographies aériennes ont été obtenues à l'aide d'un drone de photogrammétrie (Photo 1) ayant une autonomie de 20 minutes maximum et l'espace à balayer étant trop vaste (592 km² pour 156 km de périmètre). Cette zone a été segmentée en 10 petites zones de 59,2 km² chacune pour être balayée en quatre temps (une journée pour chacune des dix zones). Dans le logiciel utilisé, la hauteur de vol du drone a été fixée à 150 m pour éviter les obstacles (arbres) et les zones à parcourir ont été dessinées via le logiciel, le nombre de captures à effectuer, la qualité de l'image, la vitesse de vol également. Chacune des quarante zones a été quadrillée alors avec le drone à une altitude de 150 m du sol. La figure 2 présente le matériel (télécommande, drone et ordinateur portable) utilisé pour l'obtention des photographies aériennes et la figure 1 présente la zone balayée par le drone.

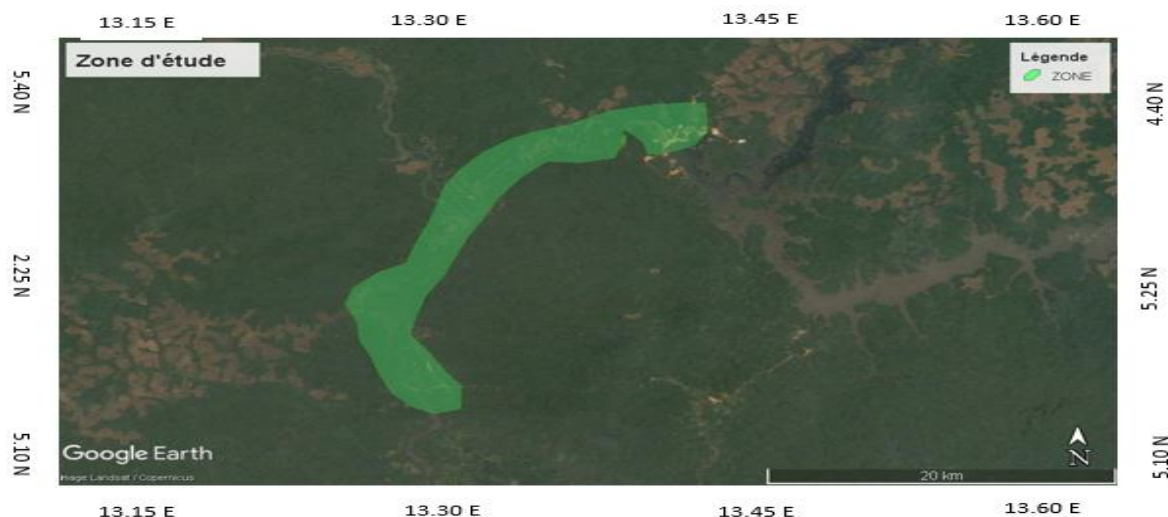


Figure 1. Localisation de la zone balayée par le drone



Figure 2. Matériel utilisé pour la photogrammétrie

Les images satellitaires obtenues sur le site officiel de la NASA (earthexplorer.usgs.gov) ont été traitées par analyse des bandes spectrales. Les images satellitaires ont permis d'obtenir une carte topographique approximative qui a été corrigée à l'aide des photographies aériennes obtenues grâce au drone. Le réseau hydrographique a été produit par numérisation manuelle de la carte topographique à l'échelle 1/200 000 et corrigées par des photographies aériennes pour obtenir la carte hydrographique.

La carte pédologique a été obtenue par une collection des données disponibles auprès de la société COTCO chargée de l'aménagement de la route joignant Bélabo et Lom-Pangar, auprès de la société CAMRAIL chargée de transport par voie ferrée et auprès de la société EDC chargée de la construction du barrage hydroélectrique de Lom-Pangar

La carte pluviométrique a été obtenue par numérisation et implémentation de données pluviométriques obtenues dans les différentes stations de CAMRAIL (Bélabo, Goyoum et Pangar), à la station météorologique de la

délégation d'arrondissement du Ministère des transports de Bélabo et à la station d'EDC dans le logiciel Arc-GIS. La vulnérabilité (niveau de conséquence) constitue l'ensemble des dégâts que peuvent subir l'homme aussi bien dans son intégrité physique que par rapport à ses biens.

La carte de vulnérabilité a été produite à partir du traitement d'une image Landsat ETM+ de résolution 30 x 30 m datant du 17 janvier 2019, téléchargée sur le site de la NASA (earthexplorer.usgs.gov) dans le système de coordonnées WGS 84, et aussi via l'utilisation des données de concentration des populations et des infrastructures du MINEPAT et de CAMRAIL. Une descente a aussi été faite sur les lieux où il n'y avait pas de données suffisantes. Les cartes de vraisemblance et de conséquences ainsi élaborées ont permis d'obtenir directement la carte des risques. Le risque est exprimé suivant la formule non mathématique $\text{Risque} = \text{Niveau de conséquence} \times \text{Niveau de vraisemblance}$. Le schéma utilisé est représenté dans la figure 3 ci-après :

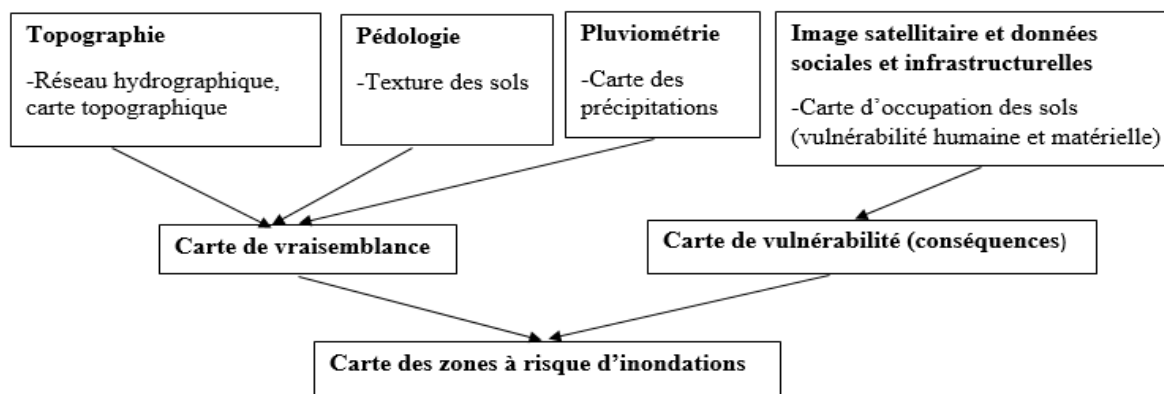


Figure 3. Schémas structurel de l'élaboration de la carte des risques

2.3 Analyse statistique

Les données collectées sur le terrain ainsi que celles analysées au laboratoire ont été numérisées et traitées par les logiciels ARCGIS 2015, QGIS 2018, PAST 3, GOOGLE EARTH pro, Global Mapper 13, JJRC et AGIS PHOTO SCAN 2015.

3. RESULTATS

3.1. Carte de vraisemblance du risque

La carte de vraisemblance du risque a pris en compte trois différentes cartes que sont la carte pédologique, la carte topographique et la carte pluviométrique. La figure 4 ci-dessous présente la carte pédologique de la zone d'étude.

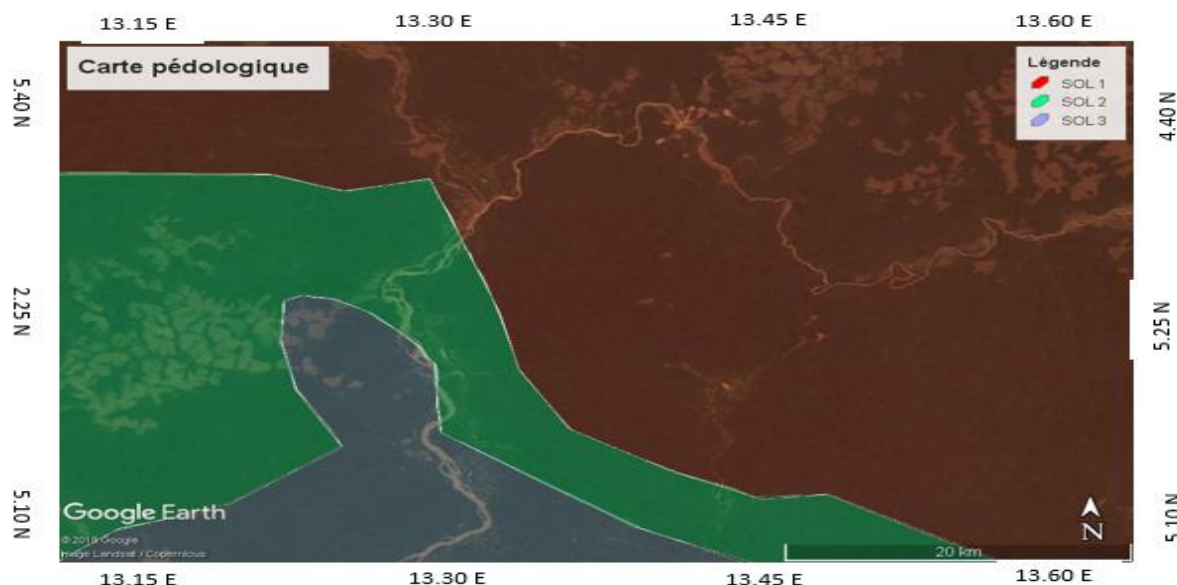


Figure 4. Carte pédologique

Les caractéristiques des différents types de sols enregistrés sont (i) Sol de type 1 qui concerne les sols à cuirasse et à gravillons (Forte infiltration, infiltration de l'ordre de 94mm/h), (ii) Les sols de type 2 qui concernent les sols de savane jaune (Forte rétention, infiltration de l'ordre de 0, 4 mm/h), (iii) Les sols de type 3 qui concernent les sols de savane rouge profond (Infiltration moyenne, infiltration de l'ordre de 5,6 mm/h). La carte pluviométrique obtenue par numérisation manuelle des données obtenues sur le terrain est présentée par la figure 5.

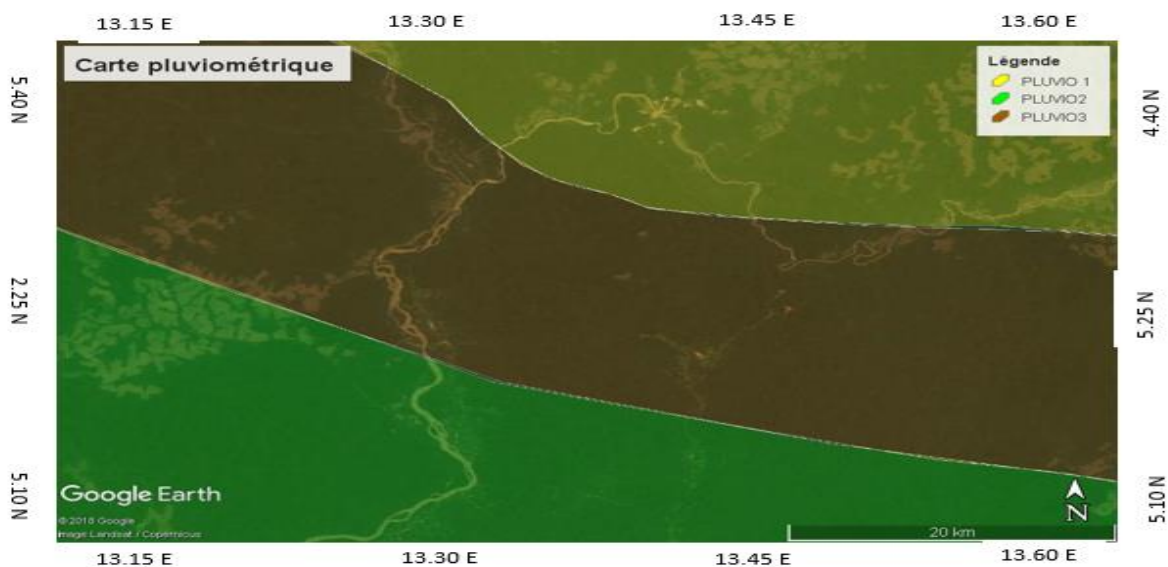


Figure 5. Carte pluviométrique

Les différentes zones pluviométriques visibles sur la carte ont les caractéristiques suivantes : (i) Zone pluviométrique 1 avec une moyenne de 1550 mm de pluies par an ; (ii) Zone pluviométrique 2 avec une moyenne de 1490 mm de pluie par an ; (iii) Zone pluviométrique 3 avec une moyenne de 1400 mm de pluie par an. La carte topographique de la zone d'étude est représentée dans la figure 6 ci-après.

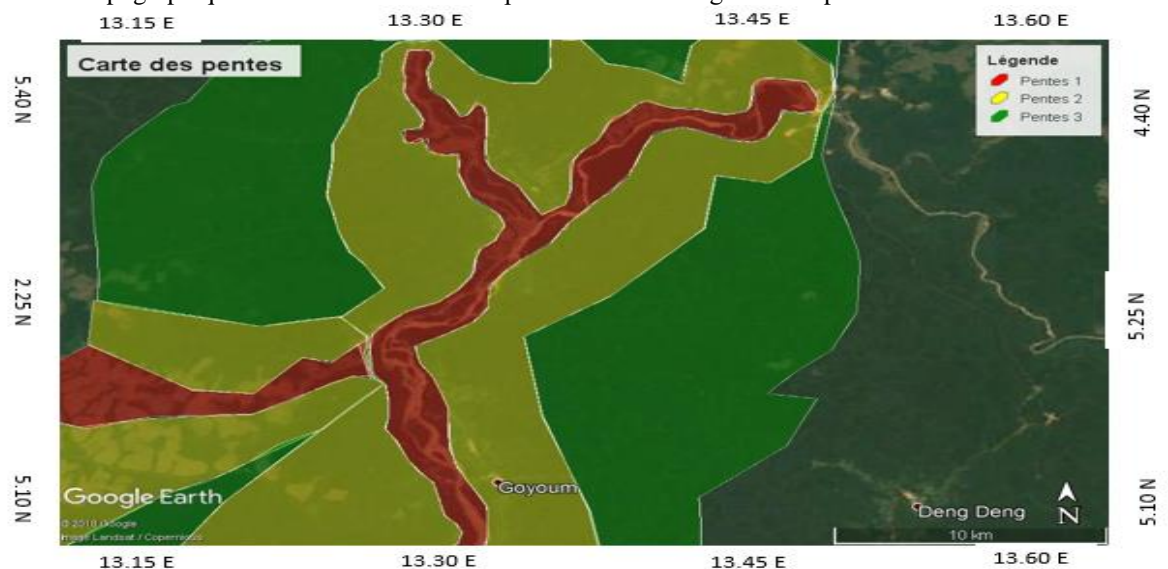


Figure 6. Carte Topographique

Les caractéristiques des zones visibles sur la carte sont les suivantes : (i) Pentas 1 avec un indice de pente de $1/785$, (ii) Pentas 2 avec un indice de pente de $1/446$, (iii) Pentas 3 avec un indice de pente de $1/231$.

3.2. Carte de conséquence du risque

La carte de conséquence obtenue par des mesures usuelles sur le terrain, par numérisation de certains documents et par télédétection a donné le résultat représenté dans la figure 7. Les points de données contenues dans le tableau 1.

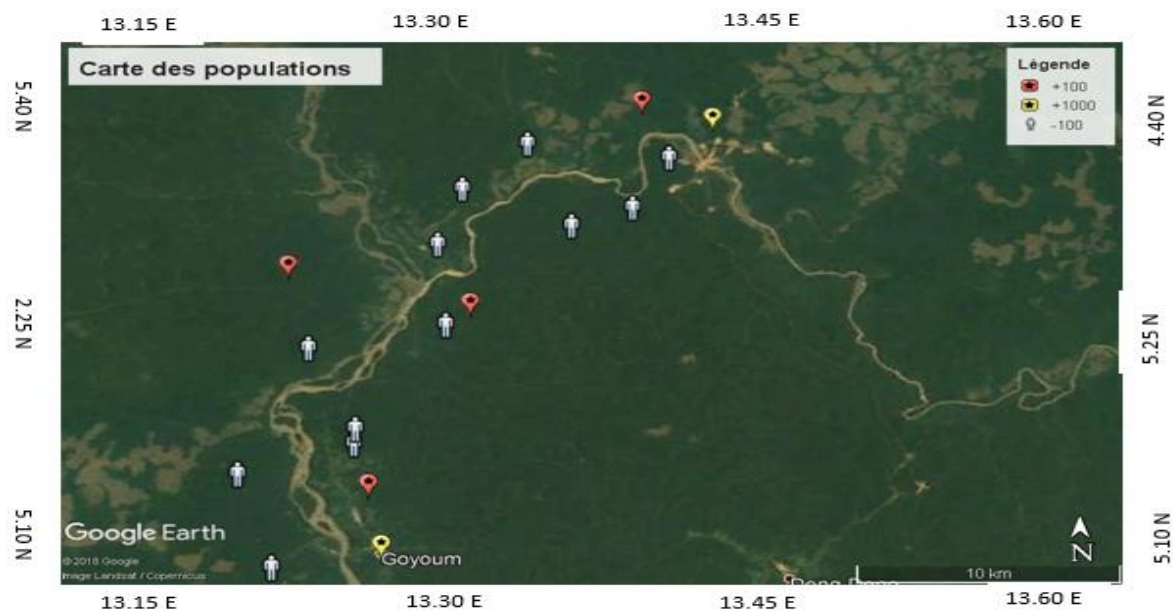





Figure 7. Carte des populations

Tableau 1. Caractéristiques de la carte des populations

Type de point	Nombre d'habitants
	+1000
	+100
	-100

3.3 Carte des zones à risques d'inondations

La carte du risque est représentée dans la figure 8. L'observation faite sur cette carte est la suivante : environ 100 personnes vivent en zone à fort risque d'inondation, environ 6500 personnes vivent en zone à moyen risque d'inondation dans la zone étudiée.

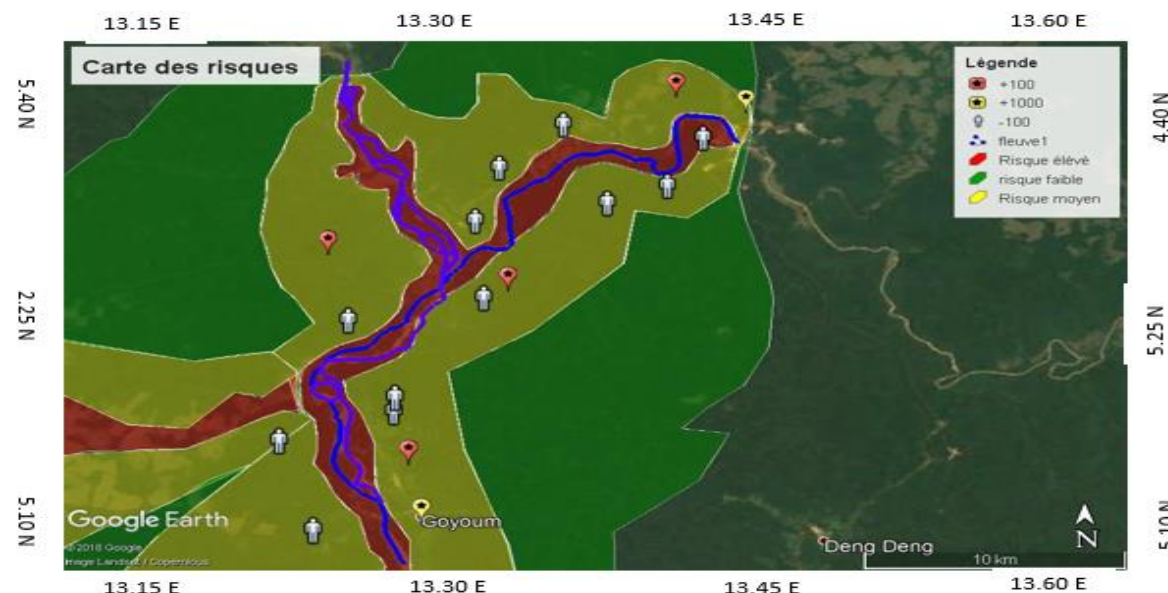


Figure 8. Carte des risques

3.4. Modèle de gestion pour la prévention et la gestion de ce risque

Les moyens habituels de gestion des risques dans le monde sont l'information, l'alerte et la gestion. Lors de la construction du barrage de Lom Panger, la société chargée de cette construction a effectué une étude d'impact

environnemental et social et a étudié le risque d'inondation. Pour faire face à ce risque, des plaques de signalisation ont été implantées presque partout dans cette zone. La figure 9 ci-contre présente ces plaques implantées, et leurs positions sur une carte par rapport à la zone étudiée sont présentées sur la figure 10.



Figure 9. Plaques de signalisation

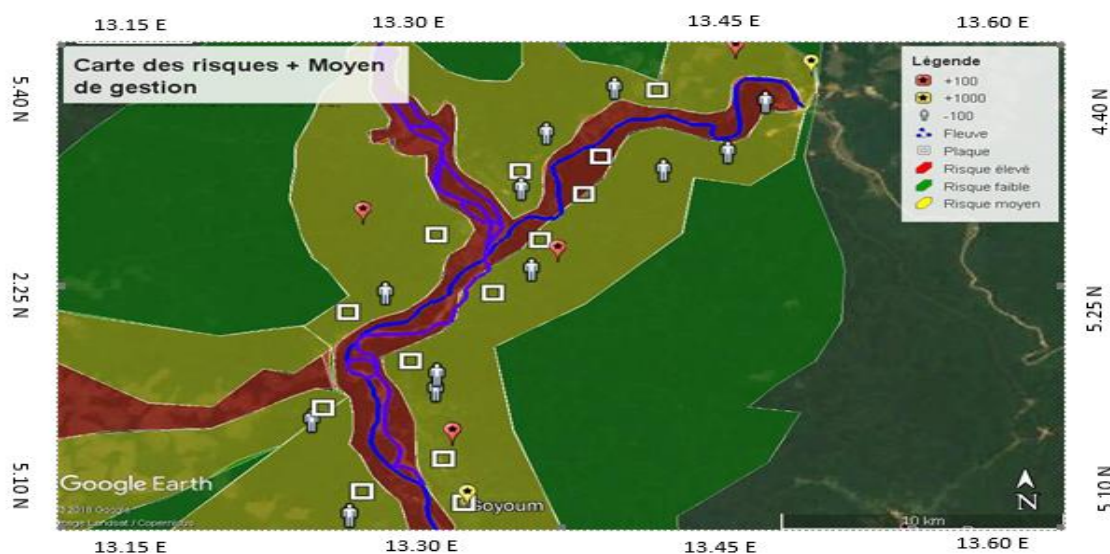


Figure 1 Carte de gestion des risques

4. DISCUSSION

L'étude effectuée dans la région de l'est Cameroun a démontré que 109 km² de terres sont soumises à un risque d'inondation élevé, ceci dû au régime hydrologique des cours d'eau, leur topographie et la caractéristique granulométriques de leurs sols. Et ceci, pour les débits situés entre 306,0 m³/s et 692,0 m³/s pour les zones du Lom Pangar et pour les débits situés entre 1493,1 m³/s et 2341,0 m³/s pour la Sanaga en Amont de la confluence. Et pour une précipitation de 850 mm³ de pluies en une heure, la réponse sera une inondation immédiate de toute la zone à risque élevé. Selon les travaux de Ayenew et Kebede (2023), la population, les utilisations des terres sont les plus vulnérables au risque d'inondation; En particulier, l'agriculture avait été fortement dénuée par les inondations (environ 51,18 %), et les principaux facteurs contributifs étaient la pente ($\leq 3^\circ$) et élévation. En effet, 434 km² de terres sont soumises à un risque d'inondation moyen, qui se produira lorsque le débit du Lom-Pangar franchira les 692 m³/s pour un écoulement normal moyen de 246,72 m³/s (ARSEL 2011); et

que celui de la Sanaga en amont de la confluence dépassera la barre des 2341,4m³/s pour un écoulement normal de 742 m³/s (ARSEL 2011). Pour l'aléa précipitation, elle est négligeable dans cette zone sauf si elle est majorée d'une inondation complète de la zone à fort risque d'inondation. Dans ce cas, une précipitation de 984 mm³ de pluie en une heure engendrera l'inondation de la moitié de cette zone.

Aussi, 445 km² des terres situées dans la zone d'étude sont soumises à un risque faible d'inondations, ceci dû à la topographie du bassin versant et aux pentes. Au Bangladesh, en raison du paysage plat et peu élevé et des caractéristiques climatiques, autour 80 % de la population est menacée d'inondation (Uddin et Matin, 2021). Dans ce contexte, la gestion du risque d'inondation doit, en conséquence, être conjointement établie en prenant en considération l'aléa et la vulnérabilité. Elle doit répondre à deux objectifs principaux, à savoir : la limitation de l'implantation des bâtiments et des personnes dans les zones fortement

exposées et la protection de l'existant, de même, dans la gestion du risque d'inondation, il est possible de distinguer deux aspects complémentaires qui se différencient par le niveau d'urgence des moyens à mettre en œuvre. D'une part, la prévention et le retour d'expérience qui interviennent hors contexte de crise et d'autre part, la prévision et la gestion de crise qui interviennent en situation de crue (Simona, 2007). Les débits pouvant créer des inondations dans la zone d'étude seront dus soit à la rupture des barrages de retenue, soit à une sortie incontrôlée d'eau, soit à une précipitation spectaculaire (Ducrocq, 2006). L'aléa le plus direct est la rupture de la digue du barrage.

Le moyen pour prévenir les inondations sera alors basé sur l'information et la sensibilisation des populations comme prévu par le projet de construction du barrage, mais juste replacer les plaques de signalisation en bonne zone par rapport aux zones inondables ici cartographiées. Afin de remédier à cette situation de risque d'inondation, l'amélioration de la prévision et de la prévention des inondations demeure une démarche incontournable. Une meilleure information des populations exposées et la diminution de la vulnérabilité des biens situés dans les zones inondables sont à privilégier. Cependant, si l'État et les communes ont des responsabilités dans ce domaine, chaque citoyen doit aussi contribuer à se protéger efficacement et diminuer sa propre vulnérabilité. De plus, la protection contre les inondations constitue un axe majeur. Il s'agit de généraliser les systèmes d'annonce des crues de manière à répondre aux besoins grandissants en matière de prévisions hydrométéorologiques et de prévention des situations de risques, d'apporter des corrections à des situations héritées du passé ayant permis l'implantation dans des zones à haut risque et d'intégrer le risque d'inondation dans les plans d'aménagement (Nicholls, 2008).

Le contexte naturel de la région participe bien dans la genèse des crues en zones amont et des inondations en zones en aval. La géomorphologie qui caractérise la région est très favorable à la genèse des inondations (ARSEL 2011). Il s'agit des zones surélevées avec un relief fort en amont et d'une zone plane en aval imperméabilisée par l'envahissement urbain (Koppert et Massike, 2005). Cette géomorphologie offre tous les ingrédients pour la genèse des inondations surtout dans un climat très contrasté caractérisé par des pluies torrentielles d'intensité importante (COTCO, 2016).

En somme, l'objectif général était d'étudier la vulnérabilité des complexes humains face au risque d'inondation et de le cartographier. Comme résultats, ont été trouvés que 109 km² des zones présentent un fort risque d'inondation, 434 km² dans la zone d'étude sont à risque moyen

d'inondation, et que 445 km² de ces zones sont soumises à un risque faible d'inondation.

5. CONCLUSION

La cartographie des zones à risque d'inondation a été faite par l'étude de la vraisemblance et de la conséquence de ce risque dans la zone située en aval du barrage de Lom-Pangar. Une grande surface a été déterminée comme zone à fort risque d'inondation, une autre à risque moyen et une dernière à risque faible.

Au regard des résultats obtenus, il convient de conclure que les populations vivant en aval du barrage de Lom-Pangar jusqu'à Goyoum sont soumises à un risque d'inondation; mais ceci en respectant les conditions de précipitations et de débits fluviaux énoncés plus hauts. Le travail a mis en évidence la vulnérabilité des populations situées en aval du barrage de Lom-Pangar face au risque d'inondation. Il est une sonnette d'alarme pour les décideurs à divers niveaux sur les risques qu'en courent ces populations riveraines. Afin de limiter les impacts de ces risques sur les populations, il serait donc judicieux de : (i) sensibiliser les populations sur le risque auquel elles sont vulnérables dans le cas des inondations ; (ii) placer des signaux et sensibiliser les populations sur la lecture et la compréhension de ces signaux d'alarme ; (iii) sensibiliser les populations par rapport aux constructions en zone à risque.

Les études ultérieures peuvent être réalisées sur une plus grande échelle, ce qui permettrait de mieux apprécier la vulnérabilité des populations situées plus en aval de ce barrage. Et enfin, effectuer à l'avenir des études semblables à tous les barrages pour se faire une idée de la vulnérabilité globale des populations et dans le but final de garantir la santé et le bien-être des populations.

Références

- ARSEL (Agence de Régulation du Secteur de l'Electricité), 2011. *Etude Environnementale du Barrage de Lom Pangar. Etude des Alternatives Lom Pangar*. Rapport Final, 79 p.
- Ayenew W.A. & Kebede H.A., 2023. GIS and remote sensing based flood risk assessment and mapping: The case of Dikala Watershed in Kobo Woreda Amhara Region. *Ethiopia Environmental and Sustainability Indicators*, 18, 100-243.
- CAMRAIL (Cameroon Railways), 2018. *Etude préliminaire pour le projet d'extension ferroviaire dans la région de l'Est*, 89 p.
- COTCO (Cameroon Oil Transportation Company), 2016. *Etude pour réhabilitation de la route Bertoua-Lom Pangar*, 244 p.
- Ducrocq V., 2006. Crues rapides dans le midi de la France. *Pour la Sci.*, 94 p.

- Henry Du Chant., 2016. *Région de l'est Cameroun*. France Volontaire, 22 p.
- INS (Institut National de la Statistique), 2005. *Recensement général de la Population*, 255 p.
- Koppert G. & Massike M., 2005. *Etude environnementale du barrage de Lom Pangar*. ISL, 135 p.
- Leumbe O., Bitom D., Mamdem L. & Ibrahim A., 2015. Cartographie des zones à risques d'inondation en zone soudano-sahélienne : cas de Maga et ses environs dans la région de l'extrême-nord Cameroun. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*. 11(3), 45-61.
- McKIE R., 2000. *The World most deadly bubble an explosion of lethal gas from a Cameroon lake killed 1700 people. Scientists are racing to prevent a worse disaster*. Reports Robin McKIE, august 20, 2000 in Yahoo mail, 3 p.
- Melé P. & Larrue C., 2008. *Territoires d'action Aménagement, urbanisme, espace*. L'harmattan, 272 p.
- Nicholls R.J., Hanson, S. Herweijer C., Npatmore, Hallegatte S., Corfee-Morlot J., Chateau J. & Muirwood R., 2008. Ranking port cities with high exposure and vulnerability to climate extremes: Exposure estimates. *OECD Environ. Working Papers*, 1, OECD Publishing, 62 p.
- DGPR (Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau), 2016. *Plan de prévention des risques naturels*. Risque d'inondation, la documentation française, 123 p.
- Scarwell H. J. & Laganier R., 2004. *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires*. Presses universitaires du Septentrion, 241 p.
- Simona N. & Cédric L., 2007. Gestion durable des zones inondables dans le Delta du Danube (Roumanie). In *Ires Journées Scientifiques Inter-Réseaux de l'AUF, Gestion Intégrée des Eaux et des Sols. Ressources, Aménagements et Risques en Milieux Ruraux et Urbains*, 6- 9, 10 p.
- Tchindjang M. & Njilah I. K., 2001. Risque d'inondation dans la vallée de Nyos africain. *Journal of Science and Technology (AJST)*. *Science and Engineering Series*, 2(2), 50-62
- Zogning Mofo.M.O. & Ozer P., 2013. *Utilisation des SIG et de la 3D pour la cartographie des zones à risques d'inondation et l'évaluation des habitations inondables à Douala (Cameroun)*, 80 p.
- Uddin K. & Matin M.A., 2021. Potential flood hazard zonation and flood shelter suitability mapping for disaster risk mitigation in Bangladesh using geospatial technology. *Progress in Disaster Science*, 11, 100-185.