

Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



RIGES

ISSN: 2521-2125

**Numéro Spécial
Janvier 2020**



Publiée par le Département de Géographie de l'Université Alassane OUATTARA de Bouaké

ADMINISTRATION DE LA REVUE

Direction

Arsène DJAKO, Professeur Titulaire à l'Université Alassane OUATTARA (UAO)

Secrétariat de rédaction

- **Joseph P. ASSI-KAUDJHIS**, Professeur Titulaire à l'UAO
- **Konan KOUASSI**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Dhédé Paul Eric KOUAME**, Maître-Assistant à l'UAO
- **Yao Jean-Aimé ASSUE**, Maître-Assistant à l'UAO
- **Zamblé Armand TRA BI**, Maître-Assistant à l'UAO
- **Kouakou Hermann Michel KANGA**, Assistant à l'UAO

Comité scientifique

- **HAUHOUOT** Asseypo Antoine, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **ALOKO** N'Guessan Jérôme, Directeur de Recherches, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **AKIBODÉ** Koffi Ayéchoro†, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **BOKO** Michel, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Benin)
- **ANOH** Kouassi Paul, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **MOTCHO** Kokou Henri, Professeur Titulaire, Université de Zinder (Niger)
- **DIOP** Amadou, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **SOW** Amadou Abdoul, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **DIOP** Oumar, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal)
- **WAKPONOU** Anselme, Professeur HDR, Université de N'Gaoundéré (Cameroun)
- **KOBY** Assa Théophile, Maître de Conférences, UFHB (Côte d'Ivoire)
- **SOKEMAWU** Koudzo, Professeur Titulaire, UL (Togo)

EDITORIAL

L'assemblée générale des Nations Unies a adopté le 25 septembre 2015 un programme de développement durable à l'horizon 2030. Ce programme repose sur 17 objectifs de développement durable dans les domaines de l'économie, du développement social et de la protection de l'environnement. Le socle de tous ces objectifs de développement demeure la gestion durable de l'environnement et la réduction de la pauvreté. Cette gestion est vitale pour la croissance économique et le bien-être des populations. Elle est un levier de la réduction de la pauvreté. Selon la Banque Mondiale, des écosystèmes en bonne santé sont essentiels à la croissance à long terme des secteurs économiques et à l'origine de plusieurs centaines de million d'emplois (<https://www.banquemondiale.org/fr/topic/environment/overview>). La ville est un système écologique, socio-économique et démographique particulier qui reflète généralement le niveau de développement et la conscience environnementale d'un pays. « L'expérience montre qu'à travers le monde, l'urbanisation est allée de pair avec un meilleur épanouissement humain, des revenus en hausse et des meilleures conditions de vie. Toutefois, ces avantages passent par des politiques publiques bien conçues qui soient à même d'orienter la croissance démographique, transformer l'accumulation des activités et ressources et assurer une distribution équitable des richesses » (ONU-HABITAT, 2010).

Malheureusement, les villes africaines sont en crise (champaud, 1991 ; Dubresson, 2003 ; ONU-HABITAT, 2010). Cette crise se traduit par :

- Le manque de moyens financier des collectivités locales ;
- Les problèmes d'accès à l'eau potable ;
- Les difficultés de circulation avec des voiries mal entretenues ;
- Les problèmes d'assainissement et d'enlèvement des ordures ;
- Le chômage à des niveaux très élevés.

La Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes (RIGES) invite à travers un numéro spécial à mener la réflexion sur les questions de pauvreté et de gestion de l'environnement dans les villes d'Afrique subsahariennes. Ce présent numéro qui a pour thème : « **pauvreté et gestion de l'environnement urbain en Afrique subsaharienne** ». vise à actualiser le diagnostic des problèmes environnementaux des villes d'Afrique Subsaharienne dans un contexte de faiblesse financière des personnes physiques et morales.

Les contributions sélectionnées se regroupent autour des axes suivants :

- Eau et vie urbaine ;
- Environnement urbain et santé ;
- Agriculture urbaine ;
- Pauvreté et bien-être environnemental.

Secrétariat de rédaction

TRA BI Z. ARMAND

COMITE DE LECTURE

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- BECHI Grah Félix, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- MOUSSA Diakité, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- VEI Kpan Noël, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- LOUKOU Alain François, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- TOZAN Bi Zah Lazare, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Narcisse Bonaventure, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- KOFFI Yao Jean Julius, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire).

Sommaire

AXE 1 : EAU ET VIE URBAINE	7
<p>MAMADOU Ibrahim, MALAM ABDOU Moussa, BAHARI MAHAMADOU IBRAHIM Mahamadou, ABBA Bachir</p> <p><i>Augmentation du ruissellement et inondation des terres agricoles de la cuvette de Gayi dans la région de Zinder au Niger</i></p>	8
<p>Lionel Arnaud N'CHO, André Della ALLA, N'Kpomé Styvince KOUAO, Alexis Loukou BROU</p> <p><i>Rupture des barrages hydroélectriques d'Ayamé et impacts potentiels en aval : cas de la ville d'Aboisso en Côte d'Ivoire</i></p>	25
<p>MAI Gilles-Harold Wilfried, ZOMBO Jean Philippe, ALOKO N'GUESSAN Jérôme</p> <p><i>Les déterminants socioéconomiques et démographiques de l'accès à l'eau potable dans la ville de Guiglo (ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	41
AXE 2 : ENVIRONNEMENT URBAIN ET SANTE	57
<p>Christian BAÏKAME WASSOU, Valentin ZOUYANE, Anselme WAKPONOU</p> <p><i>Discontinuité de l'assiette topographique et extension spatiale du tissu urbain de Bertoua (Est-Cameroun)</i></p>	58
<p>CISSE Idrissa, FAYE Issa, BADIANE Alexandre, DIÉDHIOU Sécou Omar</p> <p><i>Usage domestique de combustibles de bois et risques sanitaires en milieu urbain : cas de Bakel (Sénégal)</i></p>	72
<p>Zamblé Armand TRA BI, Kpaka Sabine DOUDOU DIOBO, Affoussiadou KONE</p> <p><i>Cartographie des diarrhées infanto-juvéniles en lien avec les conditions hydriques et sociales dans la ville de Bouaké</i></p>	87
AXE 3 : AGRICULTURE URBAINE	106
<p>KOUIYE Gabin Jules</p> <p><i>Femmes, culture maraichère et lutte contre la pauvreté dans la commune d'arrondissement de N'Gaoundéré 2 (Cameroun)</i></p>	107

<p>KONAN Kouakou Attien Jean-Michel, DIARRASSOUBA Bazoumana, GOLLY Anne-Rose N'dry, YEO Tialagnon Chata Céline</p> <p><i>L'utilisation des moustiquaires et la sécurisation de l'agriculture urbaine dans les espaces urbains de Korhogo (Nord-Cote d'Ivoire) et de Bouaké (Centre-Côte d'Ivoire)</i></p>	128
<p>AXE 4 : PAUVRETE ET BIEN-ETRE ENVIRONNEMENTAL</p>	145
<p>Yao Jean-Aimé ASSUE</p> <p><i>L'emploi et la richesse au quartier des morts : cas du cimetière municipal de Bouaké (centre-Côte d'Ivoire)</i></p>	146
<p>OKA Kouakou Ferdinand, ASSI-KAUDJHIS Narcisse Bonaventure, DJAKO Arsène</p> <p><i>Les contraintes liées à la mise en œuvre des compétences transférées : cas de la commune d'Adzopé (Côte d'Ivoire)</i></p>	159
<p>KOFFI Konan Norbert, YOMAN N'Goh Koffi Michael,</p> <p><i>Gouvernance foncière et développement durable dans le périurbain de Bouaké</i></p>	177

RUPTURE DES BARRAGES HYDROELECTRIQUES D'AYAME ET IMPACTS POTENTIELS EN AVAL : CAS DE LA VILLE D'ABOISSO EN COTE D'IVOIRE

Lionel Arnaud N'CHO, Doctorant, Institut de Géographie Tropicale (IGT),
Laboratoire de Géographie de l'Environnement et des Risques (LAGERIS),
Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan Côte d'Ivoire,
Email : nokilac@outlook.com

André Della ALLA, Maître de Conférences, Institut de Géographie Tropicale (IGT),
Laboratoire de Géographie de l'Environnement et des Risques (LAGERIS),
Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan Côte d'Ivoire,
Email : gnalladella@gmail.com

N'Kpomé Styvince KOUAO, Doctorant, Institut de Géographie Tropicale (IGT),
Laboratoire de Géographie de l'Environnement et des Risques (LAGERIS),
Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan Côte d'Ivoire,
Email : kouaostyvince@gmail.com

Alexis Loukou BROU, Doctorant, Laboratoire des Sciences et Technologies de
l'Environnement (LSTE), Université Lorougnon Guédé, Daloa,
Email : brou.alexis@ujilg.edu.ci

Résumé

La ville d'Aboisso traversée par le fleuve Bia se situe en aval des barrages hydroélectriques d'Ayamé, qui retiennent des volumes d'eau de près de 1 000 000 000 m³. Aboisso subit déjà les impacts des crues du fleuve en saison de pluies ou des déversements des barrages. Les constructions, les forêts et les plantations dans le lit du fleuve se retrouvent inondées pendant ces événements qui causent d'énormes pertes économiques, environnementales, et souvent des pertes de vies humaines. Mais une rupture simulée du barrage d'Ayamé 1 libère son réservoir, qui par effet domino entraîne Ayamé 2, avec des conséquences plus importantes que celles déjà connues.

Cette étude vise à présenter l'état des lieux d'une submersion causée par la rupture des barrages d'Ayamé, pour une gestion préventive de la catastrophe dans la ville. Pour atteindre cet objectif, les SIGs sont utilisés pour d'abord ressortir le modèle numérique de terrain et le réseau hydrographique essentiels à la connaissance des aléas, puis sur ces éléments physiques sont superposés les enjeux présents dans la ville d'Aboisso. Cette phase se fait sous ArcGis, la seconde consiste à simuler la rupture des barrages avec HEC-RAS. Les résultats du modèle sont ensuite intégrés à ArcGis pour réaliser les cartes d'inondation.

Des conséquences qui font suite à la catastrophe, on note que les ouvrages de franchissement et des voies de communication sont emportés ou coupés par la

montée des eaux sur 10 m de haut et une vitesse moyenne de propagation de 1,66 m/s. Les constructions et les plantations dans le lit majeur du fleuve sont également touchées.

Mot clés : Côte d'Ivoire, catastrophe naturelle, barrage, SIG, inondation.

Abstract

The town of Aboisso, crossed by the Bia River, is located downstream of the Ayame hydroelectric dams, which retain water volumes of nearly 1,000,000 m³. Aboisso is already suffering the impacts of the river's floods during the rainy season or the spills of the dams.

Buildings, forests and plantations in the river bed are flooded during these events, which cause enormous economic, environmental and often human loss. But a simulated rupture of the dam of Ayame 1 releases its reservoir, which by domino effect results in Ayame 2, with consequences more important than those already known.

This study aims to present to the authorities of the city of Aboisso the state of the scene of a flood caused by the rupture of the dams of Ayamé, for a preventive management of the disaster in the city. To achieve this goal, GIS are used to first highlight the numerical terrain model and the hydrographic network essential to the knowledge of hazards, then on these physical elements are superimposed the stakes present in the city of Aboisso. This phase is done under ArcGis, the second is to simulate the dam rupture with HEC-RAS. The model results are then integrated into ArcGis to produce the flood maps.

As a consequence of the disaster, it is noted that the crossings and communication routes are swept away or cut off by the rise of the water up to 10 m high and an average speed of propagation of 1,66 m/s. Buildings and plantations in the major river bed are also affected.

Keywords: Ivory Coast, natural disaster, dam, GIS, flood.

Introduction

Les ruptures de barrage tel que le cas de Malpasset ont de lourdes conséquences dommageables. Le nombre de bâtiments détruits par l'inondation après la rupture du barrage de Malpasset à Fréjus est important. Au total, 951 bâtiments ont été touchés et parmi eux 155 bâtiments sont totalement détruits (M. FOUCOU, 1978, cité par M. BOUDOU, 2016, p. 23). La ville d'Aboisso, située en aval du barrage hydroélectrique d'Ayamé 1 ne semble pas échapper à cette réalité hallucinante.

Le barrage hydroélectrique d'Ayamé¹ mis en service en 1959, se situe sur le fleuve Bia, à l'extrême sud-est de la Côte d'Ivoire entre 5°85' de latitude Nord et 3°10' et 3°25' de longitude Ouest (B.J.P. VANDEN et G. BERNACSEK, 1990, cité par K.S. KONAN et al., 2013, p.18). En dessous, se trouve un autre barrage construit à pas moins de 2 km, puis une dizaine de kilomètre en aval d'Ayamé 1 se situent des localités dont la ville d'Aboisso, chef-lieu de région du Sud-Comoé. Aboisso traversée par le fleuve Bia se trouve dans la trajectoire de la propagation de l'onde de rupture du barrage d'Ayamé 1. Bien qu'une rupture hypothétique de barrage fasse partir des catastrophes qui surviennent très rarement, le risque d'inondation des suites de la rupture du barrage d'Ayamé 1 n'est pas négligeable, quand l'on sait la situation géographique de la ville d'Aboisso et son importance pour la région du Sud-comoé. Cette étude vise à présenter l'état des lieux d'une submersion causée par la rupture des barrages d'Ayamé, pour une gestion préventive de la catastrophe dans la ville. Elle se structure en trois parties. La première présente les caractéristiques du bassin versant de la Bia. La seconde montre l'occupation du sol à Aboisso. La troisième examine les impacts de l'inondation à Aboisso à la suite de la rupture des barrages d'Ayamé.

1. Matériels et méthode

1.1. Zone d'étude

Avec une population estimée à 63 332 habitants selon le recensement de l'INS¹ en 2014, la ville d'Aboisso est sur un site de plaine intérieur avec une altitude maximale de 75 m. La Bia dans son écoulement sinueux coupe la ville en deux rives sur un parcours de près de 7 km dans une vallée en auge.

L'existence d'ouvrages de franchissement permet de relier les deux rives du fleuve qui se distinguent nettement par leur occupation. Alors que la rive droite concentre la majeure partie des constructions, infrastructures, équipements et services de la ville, la rive gauche est marquée par son espace culturel fait de palmier à huile, de banane etc.

1.2. Matériels et données utilisés

La gestion des catastrophes est avant tout préventive, ce qui permet aux décideurs de réduire les risques en informant les populations sur les zones à risque. Pour une meilleure gestion, des modèles sont aujourd'hui conçus, notamment la modélisation hydraulique pour les inondations et mis à la disposition de toutes les parties (décideurs, opérateurs, populations, services de secours...). La modélisation

¹Institut National de Statistique

hydraulique est un pas important dans l'étude des inondations, puisqu'elle permet de se préparer au risque et de mieux le gérer lorsqu'il survient.

Pour y parvenir, le recours aux SIGs² devient une nécessité. Les SIGs sont des outils rapides d'exécution, flexibles et très puissants capables d'intégrer un grand nombre de facteurs et de les présenter sous une forme facilement interprétable. Ils sont d'ailleurs devenus des outils incontournables pour la compréhension et la cartographie des phénomènes dynamiques et une nécessité pour l'orientation d'investissement et pour disposer d'arguments valables pour la prise de décisions (G. FOUR et al., 2006, p.361). De même, la modélisation hydraulique apparaît comme incontournable pour l'hydrologue puisqu'elle lui "*permet de simuler numériquement et de prédire l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques hydrauliques d'une rivière au cours d'une crue, telles que le débit, la hauteur d'eau, les surfaces inondées ou les vitesses de l'eau*" (R. HOSTACHE et al., 2005, cité par M. TANGUY, 2012, p. 14).

Les logiciels ArcGIS et HEC-RAS sont utilisés dans cette étude ; le premier pour une analyse complète du bassin versant permettant de déterminer l'un des aléas (les barrages sont en eux-mêmes un aléa technique pour les milieux autour et en aval), le second pour la simulation hydraulique.

Les données de l'étude sont issues de nos enquêtes de terrain en 2016, 2017 et 2018, des fichiers 2014 de l'INS et du site internet de la NASA (www.earthexplorer.usgouv.org) pour le SRTM³ de 30 m de résolution de l'année 2016 en format TIF et le landsat oli 8 de la scène 195-056, datant de février 2016.

1.2.1. Limites du bassin versant

Cette opération se fait usuellement sous ArcGIS, à partir du fichier SRTM.

Pour délimiter le bassin versant du fleuve et ressortir le réseau hydrographique, les outils d'analyse spatiale du logiciel ArcGIS ont été utilisés. Le réseau hydrographique est d'abord créé avant de délimiter le bassin.

Dans outil d'analyse spatiale, les outils d'hydrologie sont d'abord déroulés, puis un double clique est effectué sur remplissage. Une fenêtre s'ouvre, dans laquelle le SRTM est intégré, avant de lancer le traitement. On ouvre une nouvelle fenêtre avec l'outil direction du flux, où est intégré le raster de remplissage. On ouvre encore une fenêtre avec l'outil d'accumulation du flux, dans laquelle le raster de direction du flux est inséré.

L'étape suivante consiste à utiliser l'outil "con" qui se trouve sous "conditions" dans les outils d'analyse spatiale. On renseigne la fenêtre avec le raster d'accumulation du flux. Ainsi le réseau hydrographique est généré, mais en format raster, donc difficile à modifier pour d'éventuel ajustement avec les courbes de niveau et la réalité. Par

² *Système d'Information Géographique*

³ *Shuttle Radar Topography Mission*

contre, transformer le raster en vecteur permet d'avoir la table attributaire du réseau avec toutes ses caractéristiques. Pour ce faire, l'outil de conversion est utilisé, l'option raster vers polyligne est choisie. La hiérarchisation utilisée pendant le traitement est celle de Strehler.

La dernière étape consiste à délimiter le bassin versant de la Bia. Cela consiste à marquer un point en aval du fleuve au niveau de son exutoire puis avec l'outil bassin versant des outils d'hydrologie procéder à un traitement.

Deux données sont nécessaires, le point et le raster de direction du flux. Le résultat obtenu (raster) est également converti en vecteur, en faisant cette fois raster vers polygone.

1.2.2. Altitudes et occupation du sol du bassin versant

1.2.2.1. Altitudes et zones potentiellement inondables

Pour réaliser la carte des altitudes, l'outil 3D analyst est d'abord sélectionné, ensuite raster surface et isoligne. Dans la fenêtre qui s'ouvre après un double clic sur isoligne, le SRTM est inséré en donnée, puis 5 m d'équidistance entre les courbes de niveau sont choisis pour que les lignes soient resserrées. Le traitement est lancé pour que le logiciel génère les courbes de niveau. Une fois le traitement terminé, le lissage des lignes qui permet d'améliorer le résultat est effectué en nettoyant les "déchets". Cette étape consiste à utiliser l'outil de cartographie "lisser des lignes", puis une modification du fichier est réalisée. Dans une session de mise à jour, et avec les outils d'édition, l'élimination des "déchets" se fait, un ajustement avec la réalité est également réalisé à ce stade. Les courbes de niveaux ainsi obtenues sont utilisées pour obtenir les autres caractéristiques du département. Les courbes de niveau sont par la suite exprimées en TIN⁴, toujours avec l'outil 3D analyst.

1.2.2.2. Occupation du sol : identification des enjeux

L'image satellite landsat est d'abord prétraitée, le prétraitement consiste à une amélioration du contraste de l'image à travers la technique de rehaussement. La deuxième étape est le traitement de l'image qui se fait en utilisant des méthodes analytiques qui permettent de réaliser la carte d'occupation du sol. De ce fait les logiciels ENVI et ARCGIS ont été utilisés

1.2.3. Modélisation hydraulique

La modélisation hydraulique qui simule l'écoulement de l'onde de rupture du barrage d'Ayamé 1 est dynamique, elle vient confirmer la détermination des zones inondables par lecture simple de la modélisation statique, dont le résultat est le TIN.

⁴Network Irregular Triangulation

L'effacement d'un barrage peut être plus ou moins brusque. C'est essentiellement la nature du barrage qui conditionne l'allure de sa rupture potentielle, plus encore que les causes de cette rupture. (C. MARCHE, 2008 cité par O. DERDOUS, 2016, p. 26). Mais "*L'estimation des conséquences d'une rupture de barrage repose bien évidemment en premier lieu sur la modélisation du processus de rupture lui-même et la formation de l'écoulement au droit de la digue*" (A. PAQUIER, 2002, p. 12).

Plusieurs modèles sont aujourd'hui disponibles pour simuler une rupture de barrage avec pour conséquence l'onde de submersion en aval, il s'agit entre autres de HEC-RAS, WOLF 2D, MIKE, SOBEK. Dans cette étude, HEC-RAS est utilisé. C'est un modèle unidimensionnel hydrodynamique, mené par USACE (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System de l'U.S. Army Corps of Engineers).

Le modèle physique a été préparé sous ArcGis en utilisant un modèle numérique de terrain obtenu à partir d'un SRTM de 30 m de résolution, pour extraire la partie aval du lac d'Ayamé, en marquant l'exutoire à Aboisso. Le modèle physique renferme les tronçons des cours d'eau dont le fleuve Bia, principal cours d'eau concerné par la simulation, les berges et les lignes d'écoulements.

Le modèle élaboré précédemment sous HEC-RAS est ensuite importé, puis le terrain créé et complété par un maillage de points. Le barrage d'Ayamé 1 étant le point d'entrée du fleuve, il est positionné en amont suivant la grille de maillage, l'exutoire est positionné à Aboisso. La suite consiste à renseigner les paramètres du modèle (données hydrologiques, caractéristiques du barrage, coefficient de Manning, caractéristiques physiques...), puis lancer la simulation. Le type de rupture choisi est une rupture quasi instantanée (en 6 minutes) de 9 plots au centre du déversoir. La dernière étape est de délimiter les zones inondables en se basant sur les résultats de la simulation hydraulique effectuée. Les résultats sont exportés vers ArcGis pour estimer les pertes causées la catastrophe.

2. Résultats

2.1 Le bassin versant de la Bia, un bassin inter Etat

Le bassin versant de la Bia s'étend sur 10200 km² (Plan directeur de la GIRE, 2000, cité par S. KONATE et D. KAMPMANN, 2010, p. 128) sur lesquels 7666 km² sont au Ghana, le reste du bassin (2534 km²) est reparti en Côte d'Ivoire dans trois régions : Indénié-duablin, Massan et Sud-comoé où se trouve le département d'Aboisso qui à lui seul occupe 1940 km² du bassin ivoirien du fleuve. L'altitude moyenne dans cette zone est de l'ordre de 120 m, pour une pente moyenne de 3%. Aussi depuis son entrée en Côte-d'Ivoire par la sous-préfecture de Bianouan à son exutoire à la lagune Aby, le fleuve fait un parcours de 120 km, où ses rives sont occupées selon les contraintes du bassin et parmi ces contraintes, le lac d'Ayamé ne passe pas inaperçu.

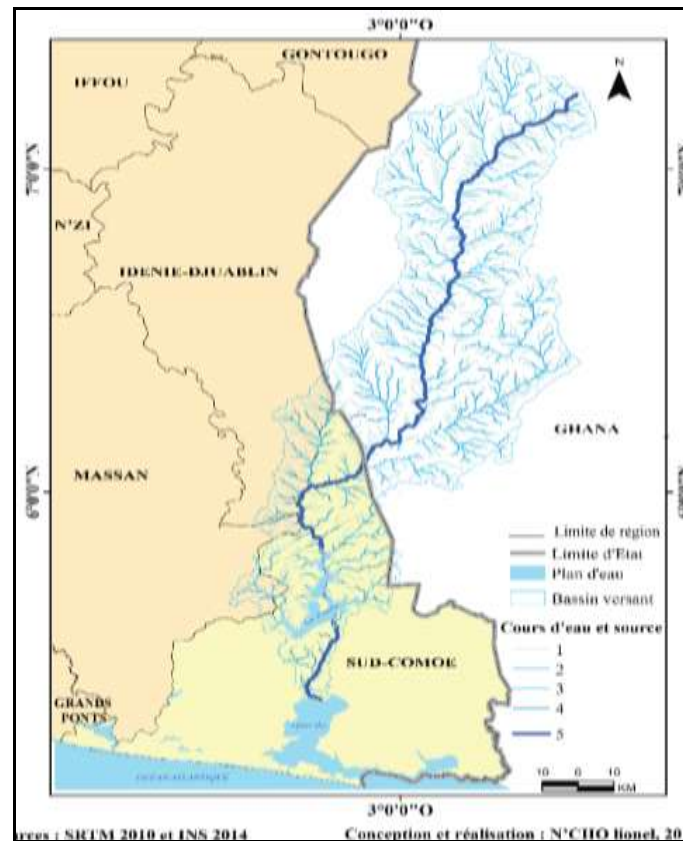


Figure 1 : Bassin versant de la Bia

2.2 Traits caractéristiques du milieu de la ville d'Aboisso

Sous un climat tropical à fortes précipitations, la topographie vallonnée d'Aboisso sur sol ferrallitique laisse couler plusieurs rivières vers la Bia. Autour du fleuve, les collines sur chaque rive forment des barrières naturelles contre les éventuelles crues au-delà du lit de la Bia. S'il subsiste des barrières ligneuses sur les rives, par endroits où les végétaux n'y sont pas, les constructions côtoient directement le fleuve avec pour seul système de sécurité face aux crues, les enrochements que certains occupants érigent.

Aboisso compte 7021 constructions en 2018, dont certaines se trouvent malheureusement dans le lit majeur de la Bia, comme l'ont révélé les inondations de 1969, 1975 et 2018, où à chaque fois, les inondations ont progressivement impacté les constructions et plantations dans la zone submersible. Les plantations (café, cacao, hévéa, palmier à huile, banane...) occupent la périphérie du centre-ville, elles ont d'ailleurs avec la croissance urbaine fait reculer le couvert végétal forestier du territoire.

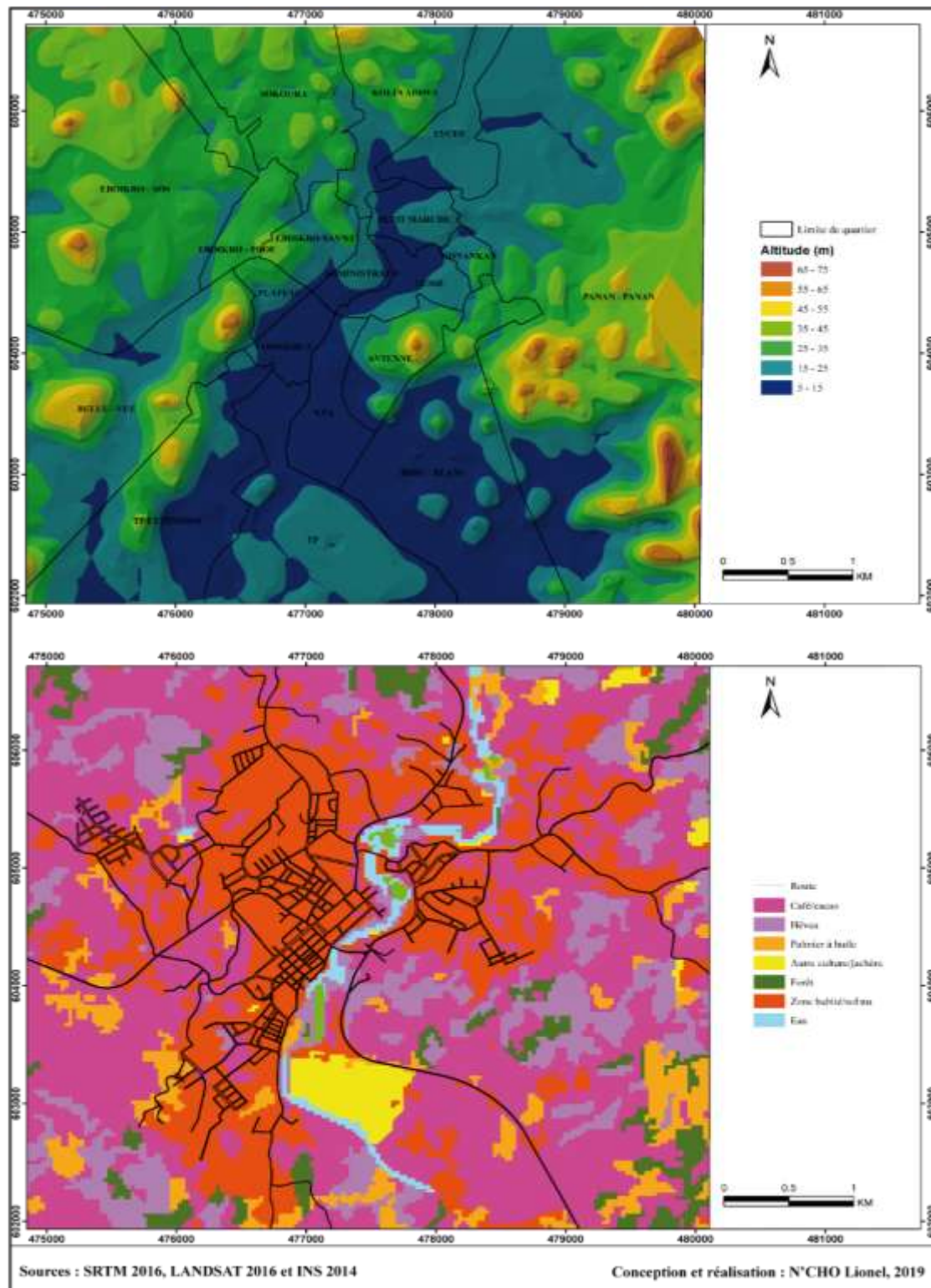


Figure 2 : Relief et occupation du sol d'Aboisso en 2016

Au regard de la figure 2, il semble que la topographie a joué sur le peuplement et l'affectation donnée à chaque rive. S'il existe en effet un ensemble de collines sur la rive gauche, le caractère hydromorphe très marqué de cette zone, ne garantit pas une forte installation des populations, quand la rive droite par contre est plus propice.

2.3 Les impacts de la rupture des barrages d'Ayamé sur la ville d'Aboisso

2.3.1 La propagation des ondes et l'inondation, liées à la rupture des barrages

La propagation de l'onde de rupture se fait entièrement dans la vallée traversée par le fleuve. Elle se heurte aux collines dans le couloir ou les contourne lorsqu'elle est dans les plaines inondables. Le réservoir se vide par la brèche du barrage d'Ayamé 1 (figure 3), il s'en suit un écoulement orienté et incliné nord-sud sur 21 km (figure 4) qui impacte les milieux en aval (forêts, zones habitées, plantations, sols et les rivières connectées à la Bia qui débordent). L'onde de submersion qui part du barrage d'Ayamé 1 arrive à Aboisso chargée de débris des barrages, des constructions et des végétaux.

Le niveau d'enjeu accentuant le niveau du risque, le chef-lieu de département qui concentre le plus d'enjeux est fortement touché par la catastrophe qui s'est produite à une dizaine de kilomètre.

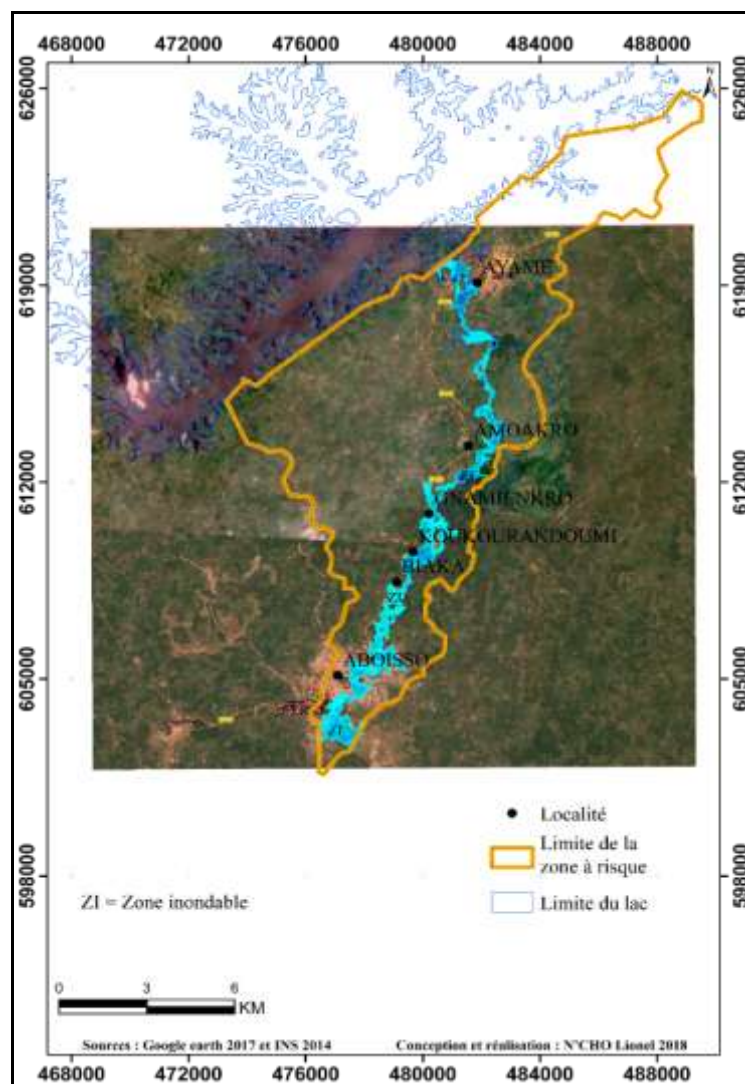


Figure 3 : Couloir de propagation de l'onde de rupture

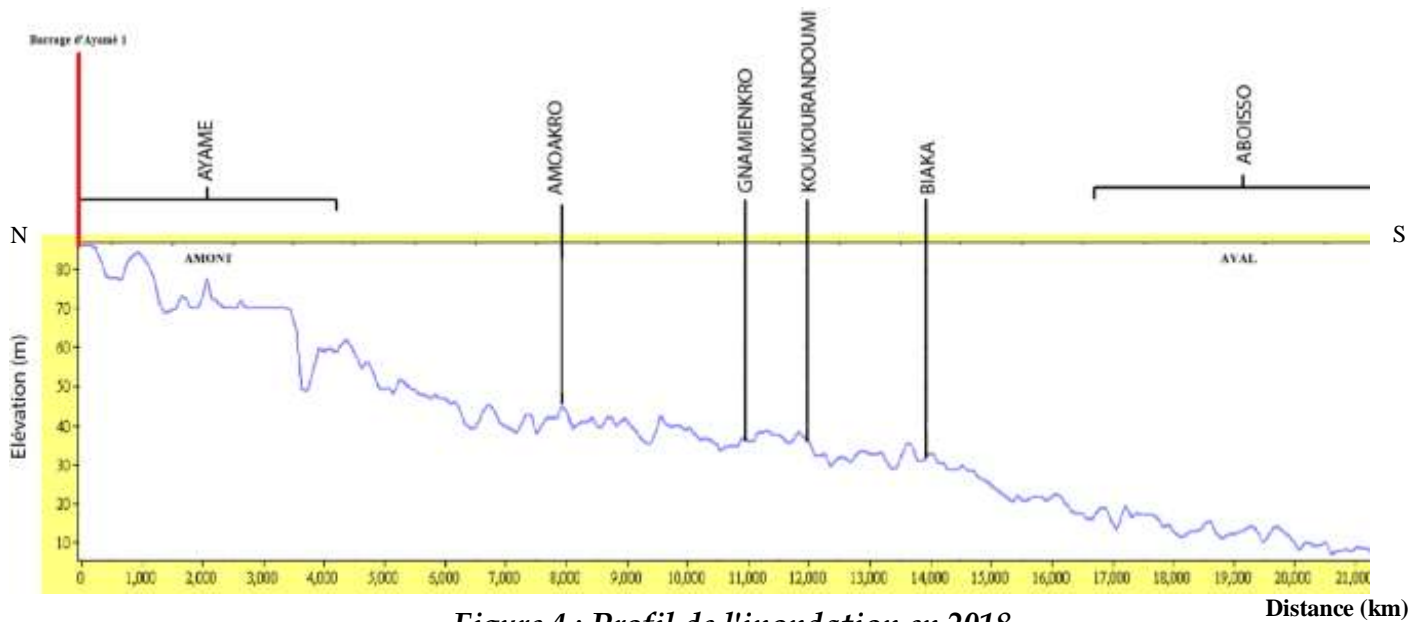


Figure 4 : Profil de l'inondation en 2018

La rupture des barrages d'Ayamé cause des pertes humaines pour les personnes situées en zone à risque et restées chez elles pendant la montée des eaux. Des maisons sont en partie ou totalement détruites, les établissements scolaires comme le lycée moderne (secteur est et sud), le groupe scolaire TP (Travaux Publics), inondés avec destruction de biens et l'incapacité des services publics (préfecture, conseil régional, SODECI, etc.) dont les bureaux se trouvent près du fleuve de fonctionner correctement.

Les secteurs préfecture, Commerce, Conseil régional, Koliahiwa et TP (Travaux Publics) sur la rive droite, quatre palmiers sur la rive gauche, fortement touchés par l'inondation suite au déversement du trop-plein d'eau du réservoir d'Ayamé 1 en juillet 2018, mais aussi le secteur Lycée sont des zones à éviter au moment de l'alerte donnée depuis Ayamé ; il s'agit ici des zones à proximité ou dans le lit majeur du fleuve (figure 5). Par conséquent, l'étalement de l'onde de submersion dans la ville se fait d'abord dans ces endroits déjà touchés pendant les trois inondations majeures en lien avec les barrages qui se sont manifestées à Aboisso (1969, 1975 et 2018). Les pertes agricoles sont plus importantes pour la plantation de banane au sud de la ville (figure 6), mais l'inondation des plantations d'hévéa n'est pas négligeable, de même que la destruction par l'eau et ses débris des îlots forestiers sur le fleuve.

Le centre et le sud de la ville sont les zones les plus touchées. La catastrophe, en plus de couper la ville en deux avec ses trois ponts sous l'eau qui atteint 10 m de haut par endroit, coupe aussi la Côte d'Ivoire du Ghana voisin par voie terrestre au niveau d'Aboisso.



Figure 5 : Zone inondable au nord d'Aboisso, hauteurs d'eau



Figure 6 : Zone inondable au sud d'Aboisso, hauteurs d'eau

2.3.2. Zone de replis possible pour les sinistrés

Comme dans toutes catastrophes impliquant l'eau, le relief joue un rôle important pour apprécier le niveau des eaux. A Aboisso, il existe des zones en dessous de la hauteur maximale de l'onde de submersion (15 m), autour d'elles, les collines empêchent l'onde de se propager dans toute la ville épargnant les zones au-delà de 35 m de haut de la montée des eaux. Dans ces secteurs perchés du site d'Aboisso (figure 7), les populations en danger dans le couloir inondable peuvent s'y abriter jusqu'à la fin de la crise.

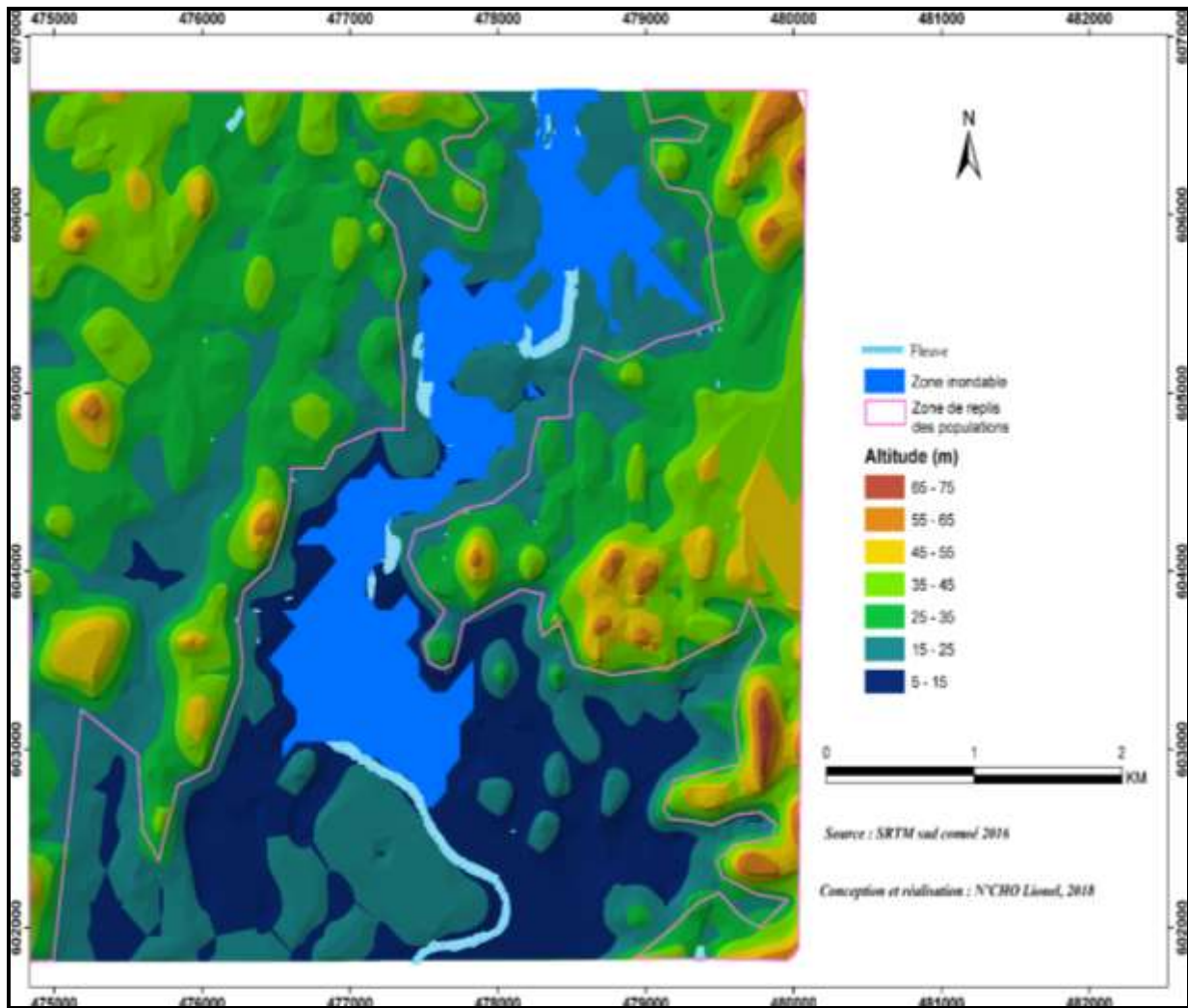


Figure 7 : Zone de sécurité à Aboisso en cas de rupture des barrages d'Ayamé

2.3.3. Estimation des dégâts matériels en 2018

Sur 7021 constructions dénombrées dans la ville en 2018, 2390 se retrouvent immédiatement inondées après la rupture des barrages (figure 8), soit 34,04 % des constructions d'Aboisso, parmi lesquelles l'on trouve des habitations, des lieux de culte, des établissements scolaires, des commerces, des banques, etc.

Certes, les populations ont souvent vu leurs sites inondés par la Bia, elles ont même perdu des proches pendant ces évènements, mais les dégâts causés par une onde de rupture de barrages seront plus importants que les pertes observées en 1969, 1975 et 2018.

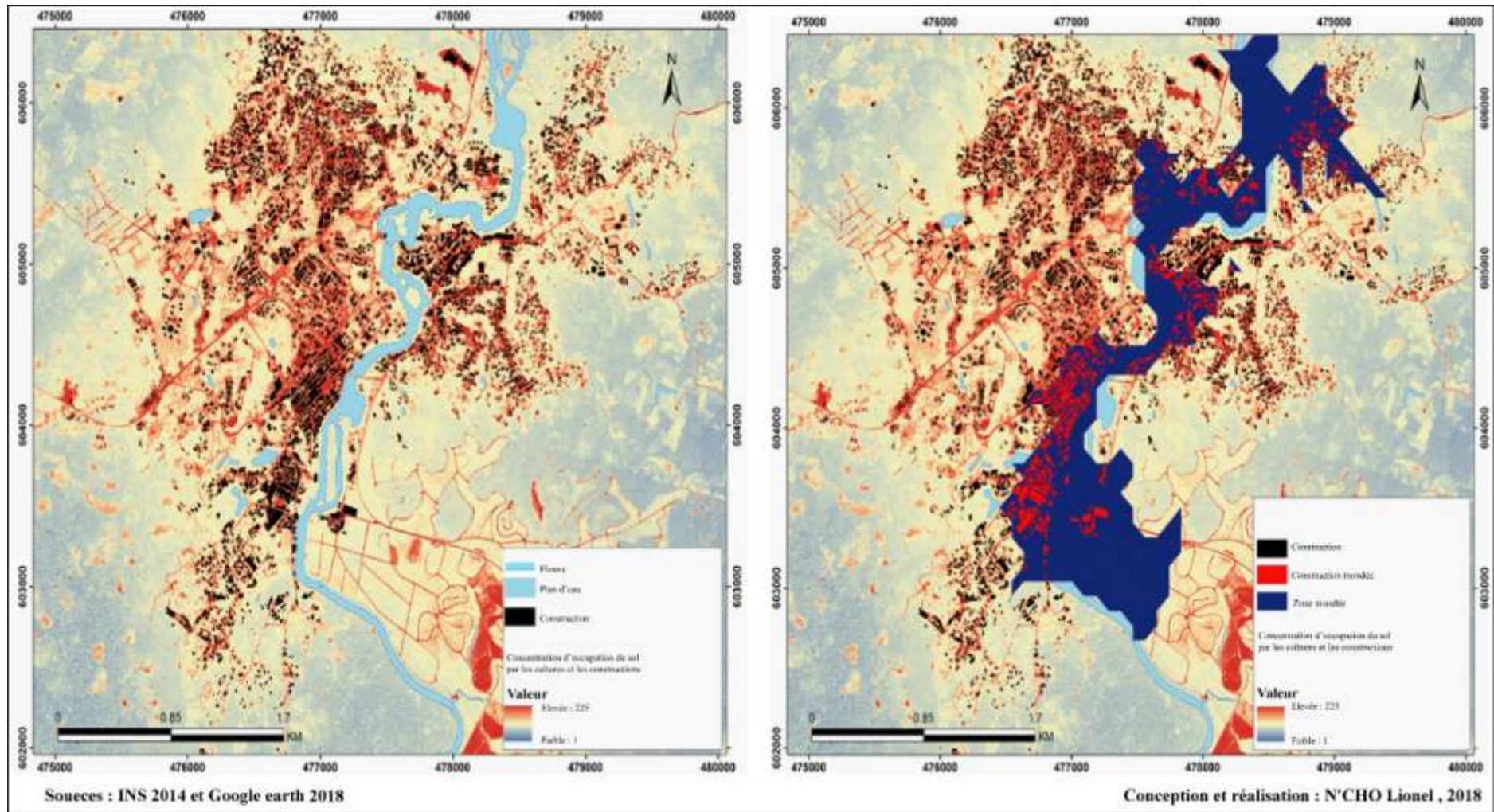


Figure 8 : Etat des lieux avant et après la catastrophe en 2018

3. Discussions

Les résultats de cette étude montrent que le site d'Aboisso présente un espace exposé à l'écoulement de l'onde de submersion de la rupture des barrages d'Ayamé. Cette situation s'explique par le fait que la ville d'Aboisso soit non seulement en aval des barrages hydroélectriques, mais aussi, qu'elle soit traversée par le fleuve sur près de 7 km. Le lit du fleuve à Aboisso est de ce fait, le couloir inondable où les pertes et dégâts seront enregistrés pendant la catastrophe. Ce résultat rejoint les travaux de M. BOUDOU, (2016, p.18) qui à partir de la cartographie sur le cas de Malpasset, dévoile que la vallée du Reyran a été submergée par la rupture du barrage.

La vallée inondable décrite par un modèle numérique de terrain est naturellement le couloir où sont enregistrés les impacts générés par la montée des eaux, puisque le couloir est essentiellement la zone d'écoulement d'un cours d'eau où le passage obligatoire des eaux pluviales.

A. KANGAH et A.D. ALLA, (2015, p.297), l'ont d'ailleurs vérifié avec une modélisation statique sur le bassin versant de Bonoumin-Palmeraie. Ils soutiennent que : *« l'analyse du MNT du bassin-versant révèle que seuls les axes naturels de concentration et de ruissellement des eaux de pluie demeurent des zones susceptibles de subir une inondation »*.

Au-delà de la modélisation statique basée uniquement sur la lecture du MNT, le recours à la modélisation dynamique qui elle, fait appel aux données hydrologiques a été un plus dans ce travail. Ainsi, un rapprochement avec la méthode de BALLAIS est établi, notamment la méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables. Il ne s'agit surtout pas ici de percevoir les différentes méthodes en termes de concurrence, mais plutôt de complémentarité insiste-t-il (J.L. BALLAIS et al., 2011, p. 13).

Qu'il s'agisse de Malpasset qui est bien réel ou d'une situation simulée, la vallée apparaît comme la donnée essentielle dans laquelle tous les autres éléments (topographie, hydrographie, pédologie, végétation, occupation humaine...) s'incrustent, d'où sa parfaite connaissance pour un résultat fiable de la cartographie de l'inondation visant à identifier les impacts, afin d'agir en amont de la catastrophe.

G. BENOIT, 1989, p.47 le confirme lorsqu'il dit que *« L'onde une fois formée poursuit sa course dans la vallée. Ses caractéristiques évoluent en fonction de la topographie rencontrée. Cela justifie la prise en compte d'une modélisation de la vallée la plus fidèle possible »*.

Par conséquent, la cartographie des zones inondables devient un outil de prise de décision où la précision est la rigueur. Les cartes produites renseignent sur l'espace pris par les eaux, elles permettent également de visualiser les hauteurs d'eaux et les impacts causés dans chaque zone inondée. Il est alors plus facile pour l'expert de faire passer un message et donc de prévenir la catastrophe (G. BENOIST, 1989, p. 52).

Conclusion

La rupture des barrages d'Ayamé libère en aval une onde de submersion dévastatrice pour les localités qui s'y trouvent. Les impacts de l'inondation à Aboisso sont importants à cause de la géographie même de son site. La Bia qui traverse la ville est occupée par les populations sur chacune de ses rives, augmentant ainsi le nombre de personnes exposées à l'onde de submersion. De plus, la capitale régionale concentre la majeure partie des équipements et infrastructures du bassin versant sud-comoé de la Bia et, l'onde de submersion déjà chargée des débris charriés depuis l'amont se renforce de matériaux solides dans le couloir bâti d'Aboisso.

Certes les hauteurs d'eau sont assez élevées dans la zone inondable, mais la ville peut encore compter sur de vastes étendues sèches où l'on peut mettre les sinistrés à l'abri. La zone d'impact étant connue, il faudrait avant, pendant et après la catastrophe, alerter, donner des consignes de sécurité, secourir, puis évaluer toutes les pertes causées par la rupture des barrages.

Au-delà de l'étude menée sur le cas d'Aboisso, d'autres villes en Côte d'Ivoire comme Tiassalé dans le bassin versant du Bandama et Soubré dans le bassin versant du Sassandra sont à analyser. Ces villes sont en effet en aval des plus grands réservoirs d'aménagements hydroélectriques de la Côte d'Ivoire.

Références bibliographiques

BALLAIS Jean-Louis, CHAVE Sylvain, DUPONT Nadia, MASSON Éric, PENVEN Marie-Josée, 2011, *la méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables*, 172p.

BENOIST G, 1989, *Les études d'ondes de submersion des grands barrages D'EDF*, la houille blanche N°1, p. 43-54.

BOUDOU Martin, 2016, *Monographie de la rupture du barrage de Malpasset, 2 décembre 1959*, 46p.

DERDOUS Oussama, 2016, *Conditions d'écoulement à l'aval d'un barrage en cas de rupture de la digue-Application aux cas Algériens*, Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie, 144p.

FAOUR Ghaleb., KHEIR Rania Bou., DARWISH Ali, 2006, *Méthode globale d'évaluation du risque d'incendies de forêt utilisant la télédétection et les SIG : cas du Liban*, Contemporary publishing international, Vol. 5, n°4, p. 359-377.

KANGAH Armand et DELLA André ALLA, 2015, *Détermination des zones à risque d'inondation à partir du modèle numérique de terrain (MNT) et du système d'information géographique (SIG) : Cas du bassin-versant de Bonoumin-Palmeraie (commune de Cocody, Côte d'Ivoire)* Geo-Eco-Trop., p. 297-308

KONAN Kouakou Séraphin, KOUASSI Kouakou Lazare, KONAN Koffi Félix, KOUAME Kouassi Innocent, AKA Kouamé & GNAKRI Dago, 2013, *Evaluation des charges solides et caractérisation hydrochimique des eaux du lac du barrage hydroélectrique d'Ayamé 1 (Côte d'Ivoire)*; Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre, n° 35, p. 17-25.

KONATE Souleymane et KAMPMANN Dorothea, 2010, Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Côte d'Ivoire, tome 3, volume3, 560p.

PAQUIER André, 2002, *Modélisation des écoulements en rivière en crue : pour une utilisation adaptée des équations de Saint Venant*, Université Claude Bernard Lyon 1, Document de synthèse en vue de l'obtention d'une habilitation à diriger des recherches, 44p.

TANGUY Marion, 2012, *cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise analyse préliminaire*, Examen doctoral pour l'obtention du doctorat en Sciences de l'eau, Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environnement, Québec, 103p.