



Evolution et exposition d'une ville de montagne aux risques naturels : Man (Côte d'Ivoire)

Evolution and exposure of the mountain city of Man (Ivory Coast) to natural hazards

Kouadio Eugène KONAN* & Dela André ALLA

Abstract: Based on a case study of the city Man (Côte d'Ivoire), this paper highlights the growing vulnerability of Ivorian cities to natural hazards. In a context of uncontrolled spatial urban growth, it shows how random usage of all kind of topographical locations exposed some people to natural hazards. In this study, the hazard prone areas are determined using a GIS-based approach leading to the mapping of hazard prone areas. The outcomes encompass risks of flooding, erosion and mass movements (falling of rock blocks, landslides) whose spatial variation is a function of land features. A detailed analysis of the occurrence of these natural hazards indicates that they result not only from the topography (mountain area) of the city Man, but also from reckless behaviors of the populations that worsen the impacts of natural hazards and sometimes prompt them. Therefore, more adapted and sustainable solutions require that a reassessment of the urbanization of the city Man by emphasizing the preventive management of natural hazards.

Keywords: Exposure, mountain town, hazard, stake, natural hazards, GIS, vulnerability, hazard prone areas, Man, Ivory Coast.

Résumé : À travers l'exemple de la ville de Man (Côte d'Ivoire), cet article met en évidence la vulnérabilité croissante des villes ivoiriennes face aux risques naturels. Il montre comment dans un contexte où le développement urbain est loin d'être maîtrisé du point de vue de la croissance spatiale, l'occupation sans distinction de tous les sites topographiques soumet une partie de la population à des risques naturels. Dans cette étude, les sites à risques sont déterminés en suivant une démarche axée sur les SIG dont le résultat final est l'établissement de cartes des zones à risque. Il s'agit de risques d'inondation, d'érosion et de mouvements de masse (chute de blocs, glissement de terrain) dont la variation spatiale est fonction des caractéristiques du relief. Une analyse détaillée des manifestations de ces risques naturels indique qu'elles résultent de la topographie (zone de montagne) du site de la ville de Man mais également des comportements imprudents des populations qui aggravent les impacts des risques naturels et parfois les engendrent. Dans ces conditions, la recherche de solutions plus adaptées et durables impose qu'on repense l'urbanisation de la ville de Man en mettant l'accent sur la gestion préventive des risques naturels.

Mots-clés : Exposition, ville de montagne, aléa, enjeu, risques naturels, SIG, vulnérabilité, zones à risque, Man, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

La croissance urbaine s'accompagne non seulement d'une altération des rapports ville-campagne, mais aussi de multiples dysfonctionnements urbains par la prolifération des quartiers spontanés (BRUCKMANN *et al.*, 2019 ; DE LONGUEVILLE *et al.*, 2020 ; OZER, 2014 ; YAPI-DIAHOU, 1994). Les modes d'occupation du sol par les populations sont à la fois la source des effets néfastes induits dans les villes des pays en développement et la conséquence des politiques foncières (HANGNON *et al.*, 2016 ; KONAN *et al.*, 2016 ; OULD SIDI CHEIKH *et al.*, 2007 ; THOURET, 1990). On assiste ainsi à la présence de villes hors normes dans les pays en voie de développement dont la vulnérabilité est aggravée par le site et la morphologie urbaine.

De façon générale, la croissance urbaine se traduit par une consommation d'espace et par une utilisation des zones dangereuses : des rivages, des piémonts subsidents (inondables) et surtout des pentes peu ou pas constructibles (TILLING & LIPMAN, 1993). L'occupation de ces zones dites dangereuses expose les populations à des risques naturels. En effet, les risques naturels font de nos jours l'objet de plusieurs préoccupations scientifiques. A côté des grands types de risques naturels (feux, inondations, mouvements de terrain, ...), certains milieux sont susceptibles de générer des risques propres, mais également d'en amplifier les effets. C'est le cas des risques naturels en milieu montagnard (NAAIM-BOUVET & RICHARD, 2015).

* Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire.
Auteur correspondant : enzokkeugene@yahoo.fr

La concentration des aléas potentiels avec la pente, l'altitude, la géomorphologie et les conditions météorologiques locales d'une part, mais également une exploitation et une occupation humaine du territoire montagnard d'autre part génèrent chaque année bon nombre de catastrophes (LAUGIER, 2002). En effet, les implantations humaines en milieu de montagne sont vulnérables aux risques naturels du fait de la topographie, avec deux conséquences aggravantes : la rapidité d'un événement et sa puissance. Dans le cadre de la croissance urbaine, l'occupation sans distinction de tous les sites topographiques soumet une partie de la population à des risques naturels (ALLA, 2010, 2012).

A l'instar de nombreuses municipalités africaines, la ville de Man a connu une urbanisation très rapide entraînant des bouleversements, notamment sur le plan spatial. L'extension de l'agglomération de Man s'est opérée sans tenir compte des contraintes naturelles. En effet, la ville de Man est auréolée de toutes parts de montagnes et de chaînes de collines constituées pour la plupart d'énormes masses de roches granitiques. Les flancs et sommets de ces montagnes et chaînes de collines connaissent aujourd'hui une disparition totale du couvert végétal. A l'origine de cette dégradation des flancs et sommets, une urbanisation mal maîtrisée, l'agriculture, mais et surtout l'exploitation forestière anarchique pendant la crise militaro-politique de 2002 à 2010. L'urbanisation et les pratiques agricoles à répétition aux flancs des montagnes, sont devenues une réelle menace pour l'équilibre de l'écosystème.

Le rythme d'extension spatiale de la ville est très inquiétant et mérite au moins deux interrogations : quel est le sens de l'évolution spatiale de la ville de Man ? ; et quels sont les risques naturels potentiels auxquels est exposée la ville de Man face à son extension spatiale ?

Ainsi, la présente étude se propose au moyen de l'outil SIG, de déterminer les risques naturels auxquels la ville de Man est exposée afin de les prévenir, donc de les connaître pour mieux les prévoir.

CADRE DE L'ETUDE

La ville de Man est située dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, en région montagneuse. Elle est comprise entre 07°20 et 07°35 latitude Nord et 07°25 et 07°45 de longitude Ouest, à 600 km d'Abidjan (Fig. 1). Man est le chef-lieu de la région du Tonkpi et est aussi appelée la « cité des 18 montagnes » à cause des nombreuses chaînes de montagnes qui la ceinturent. C'est une ville qui s'étend sur une superficie totale construite évaluée à 2500 ha avec une population estimée à 148 945 habitants (INS, 2016). La ville de Man est organisée en plusieurs quartiers avec divers types habitats. On y rencontre des quartiers d'habitat résidentiel, des quartiers d'habitat évolutif et des quartiers commercial et administratif situés au centre-ville (Fig. 2). On y trouve également des villages phagocytés par l'extension de la ville avec un habitat dominé par le type traditionnel qui cohabite avec l'habitat évolutif urbain.

DONNEES ET METHODES

Pour déterminer les risques naturels liés à l'extension de la ville sur les différents sites dans l'agglomération de Man, l'étude s'appuie sur une image du satellite *Quick Bird* de 2015, des cartes issues de l'atlas de l'Ouest réalisé par l'INSTITUT DE GEOGRAPHIE TROPICALE (IGT) en 1996 et des données topographiques sur la ville. L'image satellite et les cartes permettent de définir la tache urbaine à différentes dates. Quant aux données topographiques, elles montrent de façon détaillée les caractéristiques du site de Man.

La méthode de traitement et d'analyse des données utilisées pour suivre le comportement de la ville par rapport aux contraintes du site de Man s'appuie sur le Système d'Informations Géographiques (SIG) et compte trois étapes. D'abord la définition de la tache urbaine qui permet d'extraire des statistiques surfaciques et faire une cartographie de l'extension urbaine à différentes dates. Ensuite, à partir des courbes de niveau du site de Man, un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est réalisé pour représenter le relief en 2D et 3D. De ce MNT des pentes sont déduites avec des valeurs en pourcentage. Les classes de pente retenues dans cette étude sont : 0 à 5 % ; 5 à 10 % ; 10 à 20 % ; 20 % et plus. En général, les terrains non constructibles sont déterminés à partir des pentes de 15 %. Enfin, le croisement des couches de chaque tache urbaine avec celle des pentes permet d'extraire la relation type de pente/portion de tache urbaine et de visualiser le résultat spatialement et en tirer des statistiques sur l'attitude de l'extension urbaine face aux pentes.

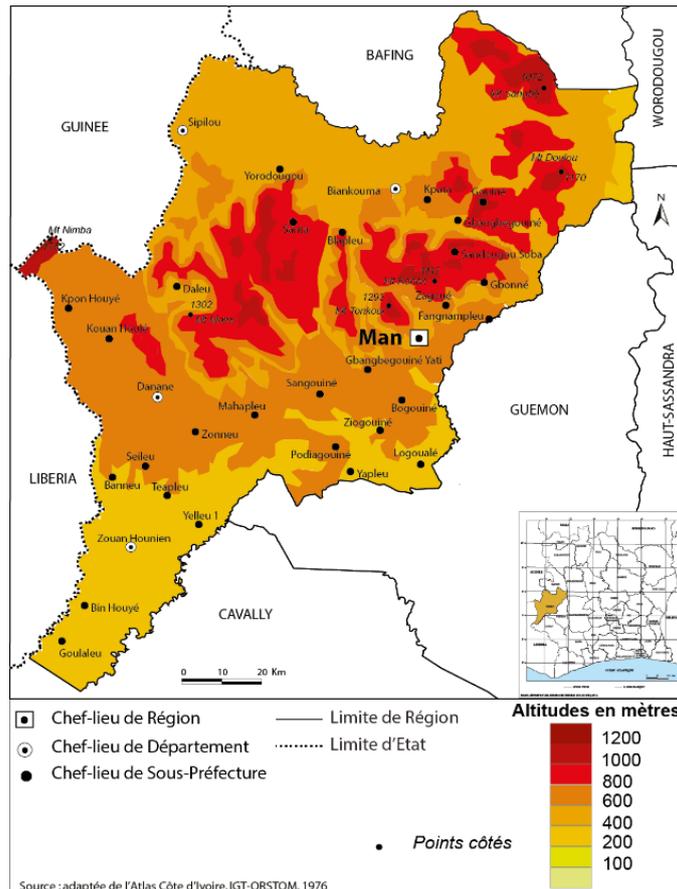


Figure 1 : Localisation de la ville de Man.

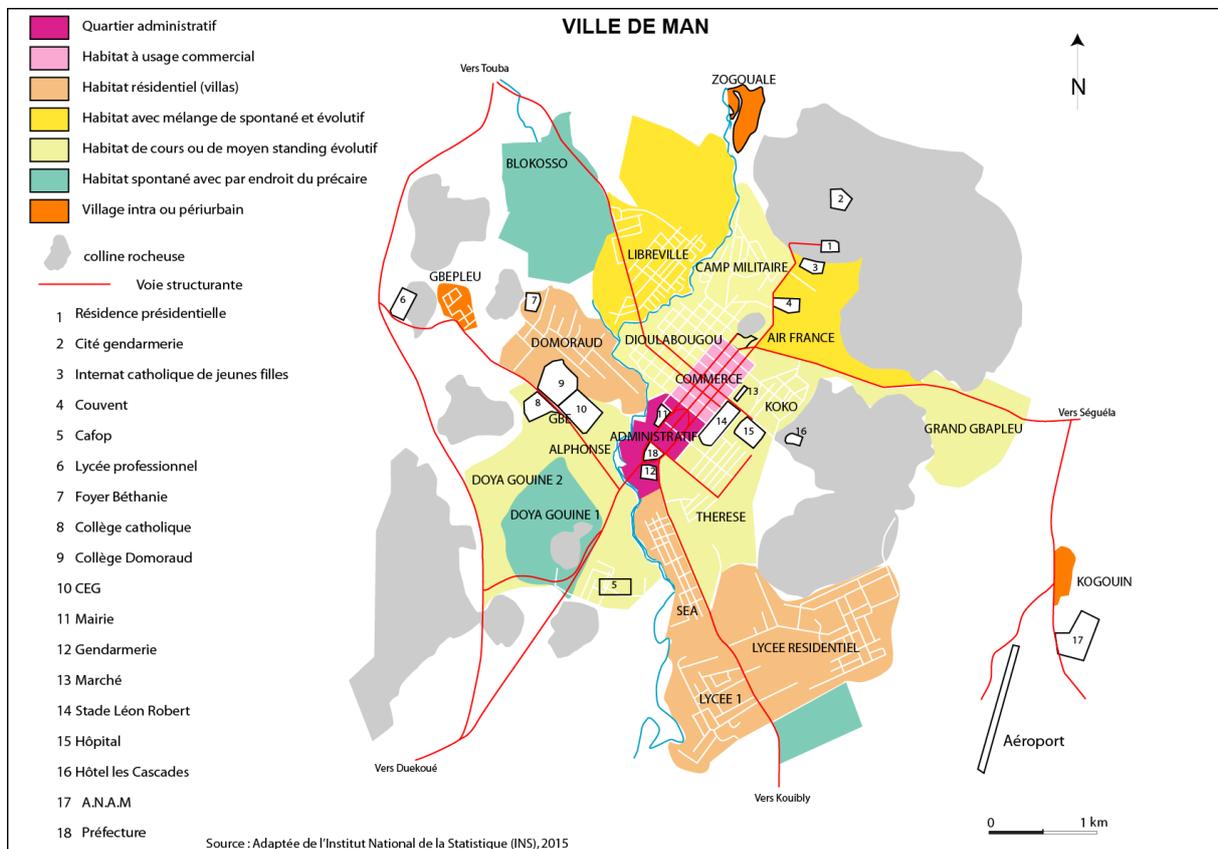


Figure 2 : Présentation de la ville de Man.

RESULTATS ET ANALYSE

Man, une ville de montagne

Man est implantée dans une cuvette où elle est retenue « prisonnière » par des reliefs périphériques très imposants (Fig. 3). Au nord et à l'ouest se dresse le massif Selé dont le point culminant se situe à 1293 m au Mont Tonkui. À l'est, elle est bloquée par une muraille de collines de l'ordre de 500 m d'altitude et aux pentes extrêmement raides (Photo 1). Vers le sud seulement, le site de Man s'ouvre sur une pénéplaine parsemée de larges bas-fonds. En effet, des hauts reliefs au nord descendent des eaux qui convergent au centre de la cuvette par l'intermédiaire des vallées des rivières Ko à l'ouest et Drou à l'est. De plus, au-dessus du plancher de la cuvette s'élèvent de nombreuses petites collines qui influencent elles aussi l'urbanisation vers l'ouest.

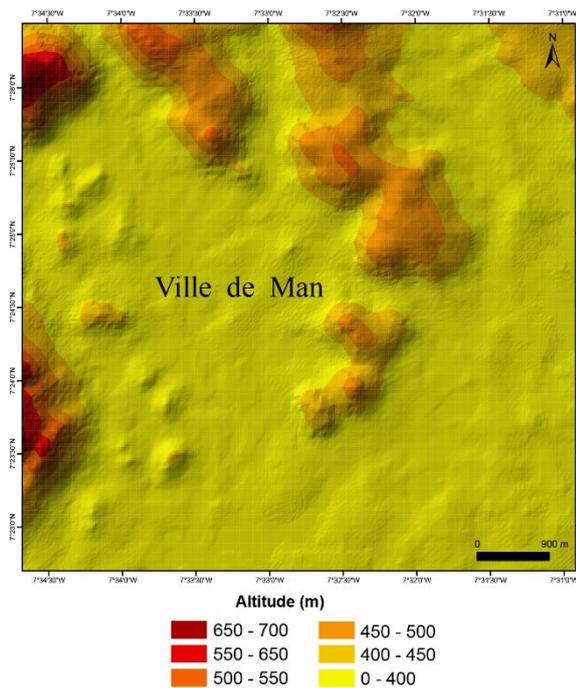


Figure 3 : Topographie du site de Man.

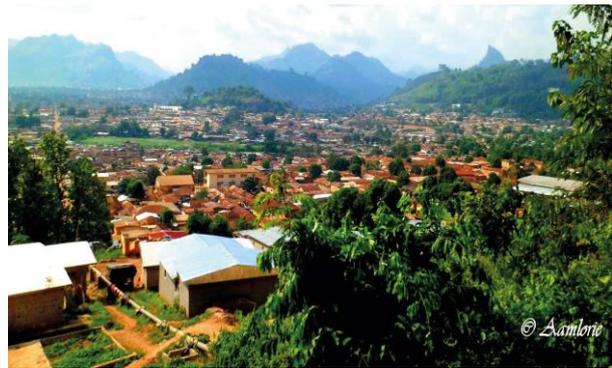


Photo 1 : Une vue du site de la ville de Man. (Cliché Aamlorie). A l'arrière-plan, s'observe un champ de collines.

Dans ce relief de montagne, les valeurs de pente vont de moins de 5 % à plus de 20 %. La répartition des pentes supérieures à 20% met davantage en évidence l'emprisonnement de la ville de Man et les limites de constructibilité du site (Fig. 4). En effet, en général, les terrains non constructibles sont déterminés à partir des pentes de 15 %. Dès lors, les seules possibilités d'extension urbaine se retrouvent dans la partie sud. Le contenu pédologique de ce site est formé de sols gravillonnaires argilo-sableux issus de la décomposition des granites à hypersthène. Cependant, à Man, la proximité de l'horizon d'altération fait apparaître dans les sols des débris de roche.

La consommation des pentes par l'urbanisation et l'émergence des risques naturels à Man

Evolution de la tache urbaine

De 1960 à 2015, la ville de Man a connu une importante dynamique spatiale (Fig. 5). En effet, de 156 ha en 1960, l'espace urbain est passé à 534 ha en 1975 puis à 1114 ha en 2015. Si pendant longtemps, l'urbanisation s'est développée dans la zone basse, depuis trois décennies, la ville rencontre des difficultés dues à la présence de contraintes naturelles liées à la topographie du site. En effet, dans cette région de montagne, les reliefs vigoureux aux versants escarpés et les cours d'eau guident les extensions de Man.

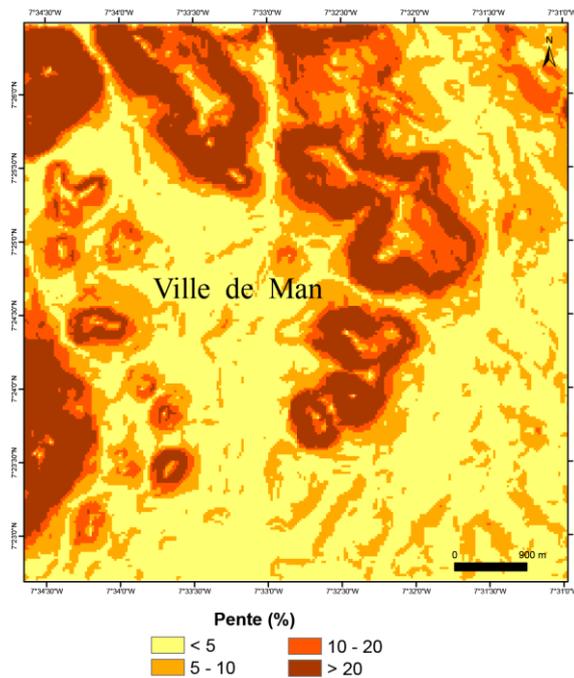


Figure 4 : Carte des pentes du site de la ville de Man.

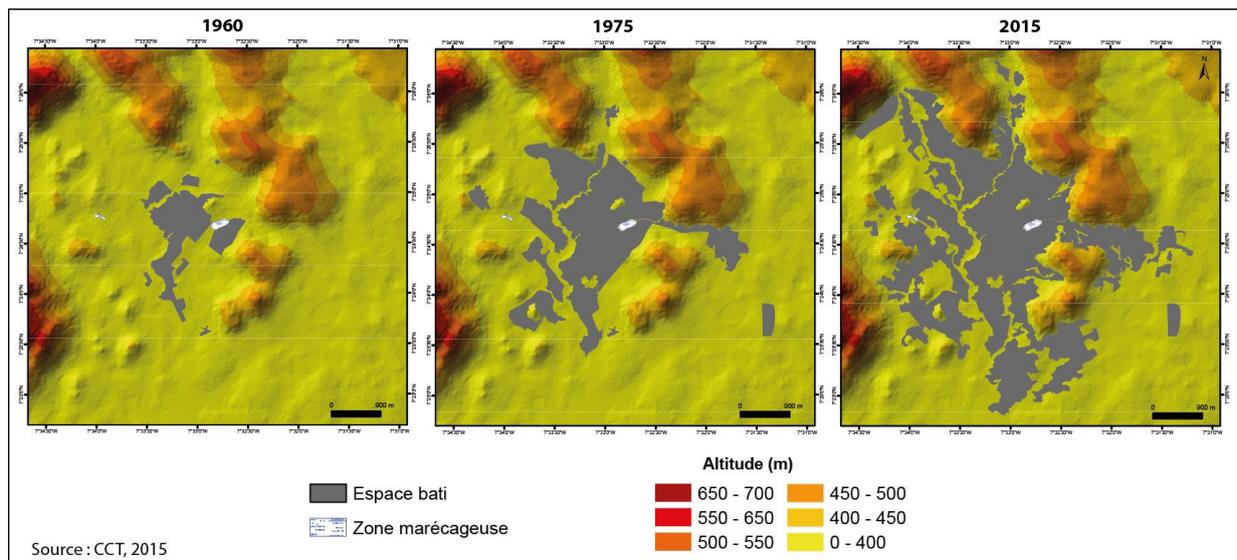


Figure 5 : Evolution de la tache urbaine de la ville de Man.

On observe que, de plus en plus, sous la pression d'une croissance démographique rapide (29 968 habitants en 1965, 88 294 en 1988 et 148 945 en 2014), essentiellement liée à l'immigration continue que connaît la région de l'Ouest, la ville se faufile entre les collines qu'elle finit par contourner et qu'en plusieurs endroits, elle a pris d'assaut les flancs de collines où l'expansion urbaine s'opère en dehors des lotissements (Photo 2).

Consommation des pentes et exposition urbaine aux aléas naturels

Dans son extension, la ville de Man consomme de préférence les portions de relief où les pentes sont inférieures à 5 % et comprises entre 5 et 10 % (Tab. 1). En 1960, 90 % de l'espace urbain couvrait les zones de pentes en dessous de 5 % et dans une moindre mesure celles comprises entre 5 et 10% (10 %). À cette époque, les terrains en pentes plus fortes (au-delà de 10 %) étaient épargnés.

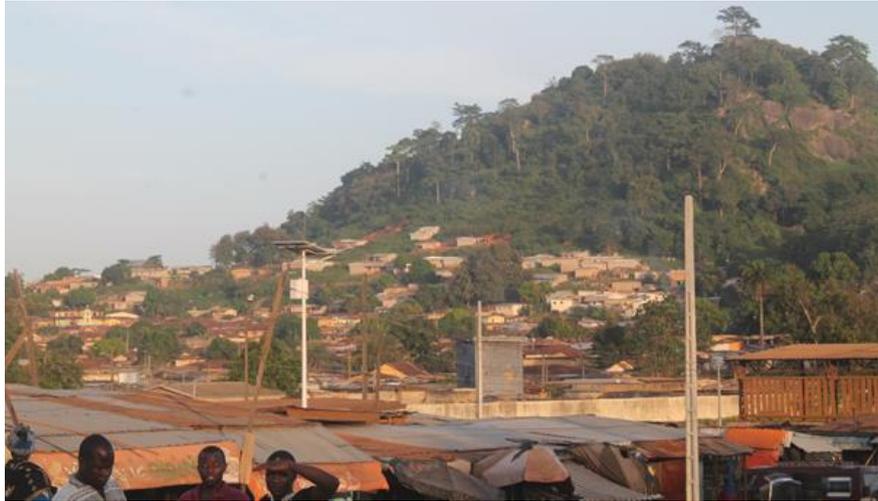


Photo 2 : Constructions à l’assaut des versants d’une colline. (Cliché D. A. Alla)

Tableau 1 : Statistiques de la consommation des pentes par l’urbanisation à Man (en ha)

Pente (%)	1960	1975	2015
Pentes < 5 %	141	454	836
De 5 à 10 %	11	53	111
De 10 à 20 %	0	27	111
Pentes > 20 %	0	0	56
Total	156	534	1114

En 1975, quoique l’urbanisation s’opère toujours prioritairement sur les pentes de moins de 5 % (85%) et de 5 à 10 % (10%), on constate un début d’investissement des sites ayant des pentes de 10 à 20% (5%). Au fur et à mesure que les années passent, la progression de l’urbanisation sur les pentes de plus en plus fortes s’accroît (Fig. 6). En effet, en 2015, ce sont 75% des espaces bâtis qui s’étendent sur les terrains de pentes allant de 0 à 5%. Pendant ce temps, la colonisation des pentes fortes à très fortes (> 10 %) s’affirme davantage dans ce relief de montagne, passant de seulement 27 ha en 1975 à 167 ha en 2015, d’où l’exposition des habitants de ces zones à des risques d’érosion et de mouvements de masse.

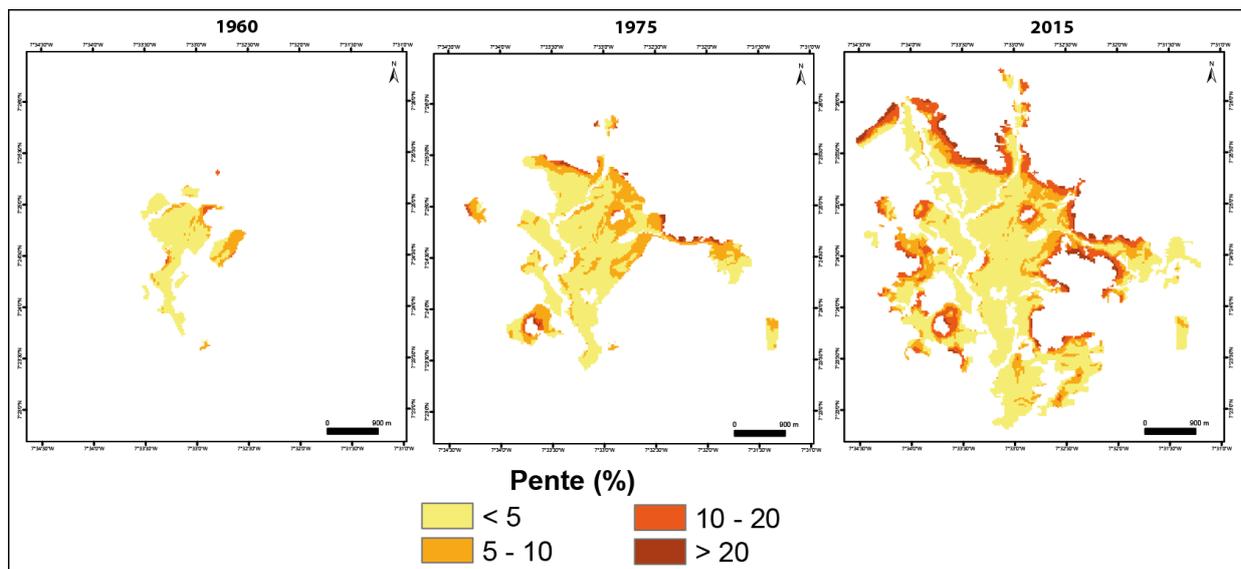


Figure 6 : Tache urbaine de la ville de Man en fonction des pentes.

Les risques naturels potentiels et leurs manifestations

La détermination des risques naturels s'appuie sur une cartographie issue de la combinaison des couches de pentes et de la tache urbaine, et sur des investigations sur le terrain. Les résultats des investigations et de l'analyse des incidences de chaque aléa identifié, permet de faire une description de leurs manifestations dans la ville de Man. Ainsi, dans l'évolution spatiale de Man, l'occupation sans aménagement de tous les sites soumet la ville à des risques identifiés et cartographiés sur la figure 7 : inondation, érosion, et mouvements de masse.

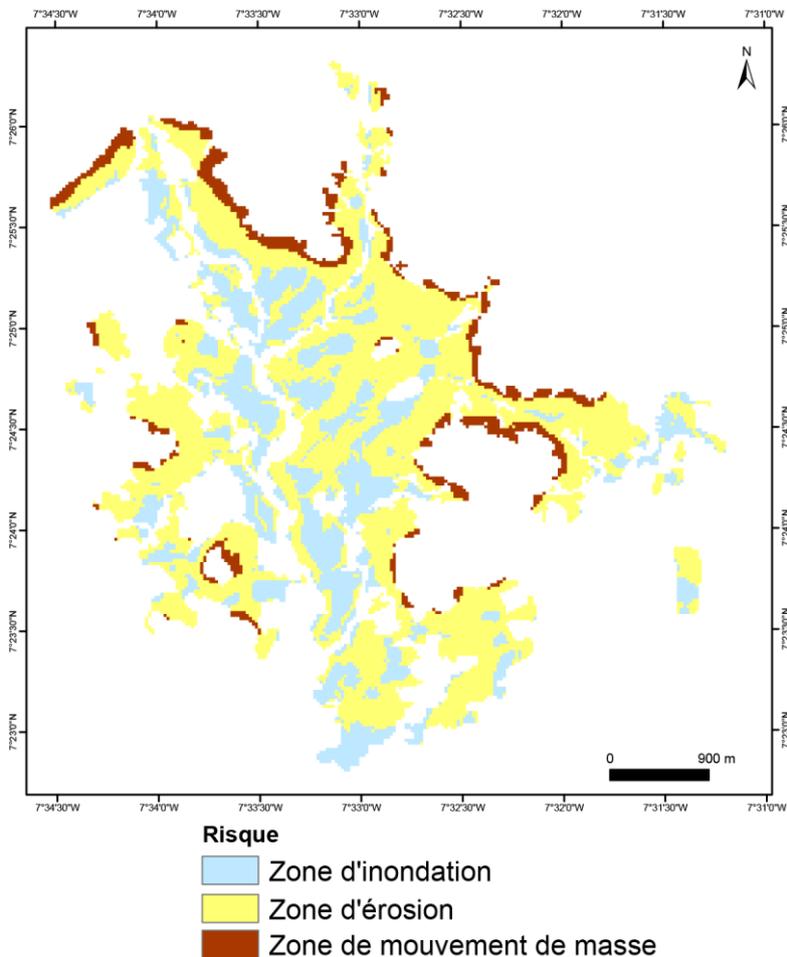


Figure 7 : Typologie des risques.

Le risque d'inondation

Le risque d'inondation s'étend sur des zones de pentes inférieures à 2%. Ces zones correspondent de façon générale à des bas-fonds situés le long des cours d'eau (Kô et Doué) et à des bassins d'orage (Photo 3). Les inondations le long des rivières s'observent dans les secteurs ayant subi des modifications suite aux actions de l'humain. En effet, les rivières sont encaissées et les zones autour sont prédisposées à l'érosion. Cependant, sous l'action de l'homme (urbanisation), certaines parties ont subi des transformations rendant la pente faible et donc exposées à l'inondation. Les inondations à Man sont de trois types et interviennent généralement au cours des saisons pluvieuses. Il s'agit des inondations par concentration d'eaux dans les fonds de vallées, des inondations par stagnation d'eau en surface et des inondations par remontée d'eau de la nappe phréatique. En effet, pendant les périodes de pluie, les eaux de ruissellement en provenance des sommets convergent vers les bas-fonds pour s'y concentrer et le manque de canalisation efficace pour l'évacuation des eaux dans la ville entraîne l'inondation. Ce qui a des conséquences sur l'habitat, la population et les activités.

Le risque d'érosion

Le risque d'érosion à Man s'observe dans les secteurs dont les pentes sont comprises entre 2 et 15%. La répartition des pentes montre qu'au fur et à mesure que les pentes augmentent, leur susceptibilité à l'érosion s'accroît. Le type d'érosion observé est l'érosion par ruissellement ou érosion linéaire (Photo 4). Ici, l'érosion agit lentement, mais au fil du temps, elle détériore les fondations des habitations ou tout édifice humain avec des niveaux de décapage pouvant atteindre 60 cm ou plus. Cette érosion se manifeste aussi sur les voies de communication à travers une forte dégradation de celles-ci.



Photo 3 : Habitats inondés au quartier Koko.
(Cliché connection ivoirienne.net, 2019)



Photo 4 : Rue érodée par les eaux de ruissellement.
(Cliché Brou, 2009)

Les mouvements de masse

Les mouvements de masse se manifestent dans la ville de Man dans les secteurs à pentes supérieures à 15% qui correspondent aux flancs des collines qui enregistrent la disparition du couvert végétal. Ici, il s'agit essentiellement de glissements de terrain et de chutes de blocs de pierre. Les glissements de terrain s'observent pendant les périodes d'intenses pluies (averses). En effet, l'infiltration de quantités importantes d'eau déséquilibre le substratum, ce qui a pour conséquences des glissements de terrain avec comme effet le détachement des maisons qui s'y trouvent.

Les chutes de blocs de roches quant à elles, résultent du détachement des blocs de pierres lors des pluies. Il faut noter que la plupart des sommets du site de Man sont rocheux. Les dégâts provoqués par ces chutes de blocs de roches dans la ville sont toujours d'ordre matériel.

DISCUSSION

A travers les techniques de la cartographie essentiellement axées le SIG, nous avons pu établir des cartes sur la ville. Ces cartes mettent en évidence les risques naturels auxquels est exposée la ville, à travers l'extension de la tache urbaine et de la consommation des pentes dans la dynamique spatiale de la ville de Man.

La géomatique se présente en général comme un outil essentiel pour l'étude des risques et particulièrement des risques naturels. En effet, la détermination des risques nécessite la manipulation de plusieurs données spatiales. Ainsi, le SIG offre plusieurs outils qui permettent de traiter, structurer les données spatiales de façon à extraire des informations utiles à la prise de décision (AMOR, 2000 ; KONAN & COMBO, 2015 ; SALEY *et al.*, 2005). La détermination des risques dans la ville de Man a donc exigé le croisement des couches de la tache urbaine et celles des pentes. ALLA (2011, 2013) a utilisé cette méthodologie pour mettre en évidence les risques naturels dans les villes d'Abidjan et d'Anyama.

Les résultats cartographiques révèlent, malgré les contraintes physiques, que la ville de Man connaît une évolution spatiale rapide de la tache urbaine sous la forte pression d'une population de plus

en plus croissante. Ces résultats confirment ceux obtenus par ALLA (2013) qui imputent la croissance rapide de la ville d'Abidjan à celle de la population. L'extension spatiale de la tache urbaine expose la ville à des risques naturels tels que les inondations, l'érosion et les mouvements de masse. La manifestation de ces risques est accentuée par la topographie du site de Man qui est en zone de montagne.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été de déterminer les risques naturels auxquels la ville de Man est exposée dans son évolution spatiale.

L'extension de la ville de Man dans un contexte topographique contraignant expose l'habitat et les populations à des risques naturels mis en évidence à partir du Système d'Informations Géographiques (SIG). La démarche méthodologique ainsi adoptée combine des couches de pentes et celles de la tache urbaine. Les résultats cartographiques montrent d'une part l'évolution de la tache urbaine sur le site de la ville de Man de 1960 à 2015, et d'autre part, la consommation des pentes issue de cette évolution qui permet de mettre en exergue les zones de risques naturels. Malgré les contraintes du site, la ville continue à s'étendre sur les flancs des collines, à cause du manque d'espaces constructibles. De l'identification des risques naturels, il ressort que les inondations, l'érosion et les mouvements de masse sont les trois types de risques naturels importants dans la ville de Man. Tous les risques identifiés se manifestent un peu partout dans la ville même si l'érosion semble être le risque qui affecte le plus le site de Man.

Les manifestations de ces risques sont préjudiciables autant pour les maisons situées sur les pentes raides que pour celles situées en bas des versants des collines ou dans les bas-fonds.

Dans une perspective de développement urbain durable en milieu de montagne, il apparaît nécessaire d'améliorer les connaissances des risques naturels eux-mêmes évidemment à la base de la prévention, gage d'une aide à l'analyse et à la prise de décision.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLA, D.A., 2010. Gouvernance de l'espace et risques urbains en Afrique subsaharienne : le cas d'Abidjan (Côte d'Ivoire). In : *Villes et organisation de l'espace en Afrique*, Paris, Karthala, 4: 203-217.
- ALLA, D.A., 2011. Croissance urbaine et émergence des risques naturels à Adiopodoumé (périphérie d'Abidjan - Côte d'Ivoire). In : *Revue de géographie du LARDYMES, Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux et des Sociétés*, Lomé, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, 6:143-154.
- ALLA, D.A., 2012. Anyama : une ville d'érosion. In : *Perspectives de la géographie en Afrique subsaharienne. Actes de colloque tome 1, Abidjan, 14-17 septembre 2009*. Sarrebrück (Allemagne), Éditions Universitaires Européennes: 117-128.
- ALLA, D.A., 2013. Risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat d'Etat, IGT (Institut de Géographie Tropicale) ; Université Félix Houphouët Boigny. 385 p.
- AMOR, L., 2000. *SIG et analyse multicritère*. Hermès Science Publications, Paris (France), 190 p.
- BRUCKMANN, L., AMANEJIEU, A., ZOGNING MOFFO, M.O. & OZER, P., 2019. Analyse géohistorique de l'évolution spatio-temporelle du risque d'inondation et de sa gestion dans la zone urbaine de Douala (Cameroun). *Physio-Géo*, 13: 91-113.
- DE LONGUEVILLE, F., HOUNTONDI, Y.-C., ASSOGBA, L., HENRY, S. & OZER, P., 2020. Perceptions of and responses to coastal erosion risks: The case of Cotonou in Benin. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51:101882.
- HANGNON, H., DE LONGUEVILLE, F. & OZER, P., 2015. Précipitations 'extrêmes' et inondations à Ouagadougou ; quand le développement urbain est mal maîtrisé... In *Actes du 28e Colloque International de l'Association Internationale de Climatologie*, Liège 2015, Université de Liège; pp. 497-502.
- INSTITUT DE GEOGRAPHIE TROPICALE (IGT), 1996. *Atlas de l'ouest de la Côte d'Ivoire*, Presses de la contemporaine 4, quai François-Mitterrand-Nantes (France), 68 p.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE (INS), 2016. *RGPH 2014-Répertoire des localités : Région du TONKPI*, 56 p.
- KONAN, K.E. & COMBO, M.K., 2015. Apport de la télédétection et des SIG dans l'étude de la pression humaine sur la forêt classée d'Okromodou, Sud-Ouest ivoirien. *GEOTROPE*, 1 : 40-46.
- KONAN, K.E., KANGAH, A., SYLLA, D. & KOLI BI, Z., 2016. Dynamique urbaine et conservation des espaces

- protégés à Abidjan : l'exemple de la réserve naturelle de Dahliafleur. *ÉCHANGES*, 3, 2, 007: 849-859.
- LAUGIER, P., 2002. Contribution à l'analyse des risques naturels en montagne par l'étude géologique et géotechnique de scénarios de mouvements de versants et laves torrentielles. Application à la région de Bourg-Saint-Maurice (Savoie, France). Thèse de doctorat en Géologie de l'Ingénieur, École des Mines de Paris, CGI. 333 p.
- NAAIM-BOUVET, F. & RICHARD, D., 2015. Les risques naturels en montagne. Éditions Quæ, Paris, 392 p.
- SALEY, B.M., KOUAMÉ, K.F., PENVEN, M.J., BIEMI, J. & KOUADIO, B.H., 2005. Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'ouest de la Côte d'Ivoire : apport des MNA et de l'imagerie satellitaire. *Téledétection*, 5, 1-2-3: 53-67.
- OULD SIDI CHEIKH, M.A., OZER, P. & OZER, A., 2007. Risques d'inondation dans la ville de Nouakchott (Mauritanie). *Geo-Eco-Trop*, 31: 19-42.
- OZER, P., 2014. Catastrophes naturelles et aménagement du territoire : de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement. *Geo-Eco-Trop*, 38: 209-220.
- THOURET J-C., 1990. Les risques volcaniques et volcano-glaciaires dans les montagnes peuplées : identification, cartographie, évaluation. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 67: 133-148.
- TILLING, R.I. & LIPMAN, P.W., 1993. Lessons in reducing volcano risk. *Nature*, 364: 277-280.
- YAPI-DIAHOU, A., 1994. Les politiques urbaines en Côte d'Ivoire et leurs impacts sur l'habitat non planifié précaire : L'exemple de l'agglomération d'Abidjan. Thèse Doctorat d'État (Géographie), Université de Paris VIII Saint-Denis, tome 1, Paris, 445 p.