

Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



RIGES

ISSN: 2521-2125

Numéro 5

Décembre 2018

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-Assistant 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, Maître de Conférences, UL (Togo)

EDITORIAL

La création de RIGES résulte de l'engagement scientifique du Département de Géographie de l'Université Alassane Ouattara à contribuer à la diffusion des savoirs scientifiques. RIGES est une revue généraliste de Géographie dont l'objectif est de contribuer à éclairer la complexité des mutations en cours issues des désorganisations structurelles et fonctionnelles des espaces produits. La revue maintient sa ferme volonté de mutualiser des savoirs venus d'horizons divers, dans un esprit d'échange, pour mieux mettre en discussion les problèmes actuels ou émergents du monde contemporain afin d'en éclairer les enjeux cruciaux. Les questions environnementales, urbaines, sanitaires, de transport et d'immigration ont fait l'objet d'analyse dans ce présent numéro. RIGES réaffirme sa ferme volonté d'être au service des enseignants-chercheurs, chercheurs et étudiants qui s'intéressent aux enjeux, défis et perspectives des mutations de l'espace produit, construit, façonné en tant qu'objet de recherche. A cet effet, RIGES accueillera toutes les contributions sur les thématiques liées à la pensée géographique dans cette globalisation et mondialisation des problèmes qui appellent la rencontre du travail de la pensée prospective et de la solidarité des peuples.

Secrétariat de rédaction

KOUASSI Konan

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

GIBIGAYE Moussa ; GOUNOUKON Rose ; TENTE Brice

Spatialisation, usages et perspectives de gestion durable des espèces
nourricières en milieu rural dans la commune de Tori-bossito 7

Ama-Edi KOUYA ; Tchilabalo BANASSIM

Susceptibilité du mont Oukouvlé à l'aléa éboulements sur le plateau Akposso
au sud-ouest du Togo 26

MBAIHADJIM Jéchonias ; DJEBE MBAINDOGOUN

Les caractéristiques hydroclimatiques et les inondations à Moundou au sud -
ouest du Tchad 46

DIOMANDE Soumaïla ; TUO Péga ; COULIBALY Moussa

Dynamique urbaine et gestion de l'environnement dans la ville de Man (ouest
de la Côte d'Ivoire) 59

CISSOKHO Dramane ; SY Oumar ; SOMADJAGO Mawussé

Des conséquences de la construction de collèges d'enseignement moyen par
les émigrés dans la commune de Ballou (Sénégal) 85

GBOCHO Yapo Antoine

Dynamique démographique, spatiale et dégradation de l'environnement
urbain à Vavoua (centre-ouest de la Côte d'Ivoire) 97

ISSAKA Hamadou ; CASSIDY Johnson

Niamey face au défi du développement urbain sensible aux risques :
multiplicité des acteurs et déficit de synergie 110

KANGA Koco Marie Jeanne ; AKA Kouadio Akou

Le commerce des produits dérivés du manioc à Abidjan : le cas de la
pate de *placali* 131

KONAN Amani Fulgence ; KACOU N'guessan François ; TRAORÉ Kinakpefan Michel	149
Station-service de Zoukougbeu et redynamisation de l'espace urbain	
Adama KONE ; Malick TIMBINE ; Dr. Ibrahima SAMAKE ; M. Joachim SIDIBÉ ; Pr. Balla DIARRA	161
Migration interne dans le district et les zones périurbaines de Bamako : motifs de départ, stratégies d'insertion sociale et relation avec la zone d'origine	
YAPI Atsé Calvin ; KOFFI Brou Emile	180
La transgression des outils de planification urbaine dans la ville de Yamoussoukro (cote d'ivoire)	
Damitonou NANOINI	195
Dynamique urbaine de la ville de Kara (Nord-Togo) et problématique de son approvisionnement en produits vivriers	
SAGNON Ibrahima ; OUATTARA Teninan Hugues ; BÉCHI Grah Félix	207
L'essor du tourisme dans la région de Gbêké (Côte d'Ivoire) : mythe ou réalité ?	
Abalo KOKOLOU	237
Les enjeux de l'immatriculation des véhicules de transport routier au Togo	
ACQUET Apie Marie Martine ; NIAMKE Gnanké Mathieu ; SYLLA Yaya ; ANOH Kouassi Paul	257
Commerce et dégradation de l'environnement dans le marché de Cocovico (Cocody-Abidjan)	
KONE Bakary ; TAPE Bi Sehi Antoine	273
Politique et pratique sanitaire en Côte d'Ivoire	
MIALO Edwige S. ; SOUSSIA Theodore ; KOUMASSI Dègla Hervé	290
Indicateur d'accès à l'eau potable (IAEP) et prévalence diarrhéique dans la commune de Lalo au sud-Benin	

- KONE Tanyo Boniface; SANOGO Pongathie Adama ; BOHOUSSOU N'Guessan Séraphin** 304
- L'automédication : un itinéraire de soins prisé par les populations des quartiers Belleville, Broukro et Kennedy (Bouaké)
- YETONGNON J. Eric Georges , SEWADE SOKEGBE Grégoire** 321
- Modes de gouvernance des ressources en eau dans l'arrondissement de Dogbo-tota dans la commune de Dogbo au sud-ouest du Benin
- KOUASSI N'guessan Gilbert ; YAO Affoua Marie Rose ; GOGBE Téré** 347
- Occupation de l'espace dans la ville d'Abidjan : du laisser-faire au désordre urbain à Port-Bouët
- BOSSON Eby Joseph ; KOUASSI-KOFFI Amenan Micheline ; SERHAN Nasser** 367
- L'apport du numérique dans le processus d'immigration en Côte d'Ivoire
- KOFFI Yéboué Stéphane Koissy ; KRA Kouadio Joseph , ADIGRA Mousso Emmanuel** 387
- Quelles synergies entre collectivités décentralisées et associations villageoises pour le développement rural endogène dans la commune de Bongouanou ?

SUSCEPTIBILITE DU MONT OUKOUVLE A L'ALEA EBOUEMENTS SUR LE PLATEAU AKPOSSO AU SUD-OUEST DU TOGO

Ama-Edi KOUYA¹, Maître-Assistant, E-mail: kouyaedi2001@yahoo.fr

Tchilabalo BANASSIM¹, Assistant, E-mail: tchilaba@yahoo.fr

¹ Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE), Département de Géographie, Faculté des Sciences de l'Homme et de la Société (FSHS), Université de Lomé (Togo)

RESUME

Les régions montagneuses sont affectées par différents aléas hydro-géomorphologiques dont les éboulements de versant qui ont pour domaines de prédilection les régions polaires, tempérées, équatoriales et tropicales humides. C'est le cas du mont Oukouvlé surplombant le village de Koutoukpa sur le plateau akposso au sud-ouest du Togo, une région tropicale humide. L'occurrence des aléas éboulements dans ce mont tient à un certain nombre de conditions favorables qu'il importe de déterminer et d'analyser. La présente étude a pour objectif de mettre en évidence les facteurs explicatifs de la susceptibilité du mont Oukouvlé à ces aléas. Pour ce faire, il a été procédé à la collecte des données documentaires et planimétriques, aux travaux de terrain et aux analyses de laboratoire. L'étude a révélé que les caractères pédologiques et géotechniques, les conditions géologiques, les pentes fortes et la relative densité du réseau hydrographique, replacés dans le contexte des changements climatiques actuels marqués par une agressivité pluviométrique sont les facteurs de production de l'aléa éboulement sur le mont Oukouvlé. Elle révèle également que l'anthropisation des versants se traduisant par la dégradation continue de la couverture végétale en est un facteur aggravant.

Mots clés : aléa, éboulement, mont Oukouvlé, plateau akposso, sud-ouest Togo, susceptibilité

ABSTRACT

The mountainous regions are affected by various hydro-geomorphological hazards, including slope landslides, whose main areas are the polar, temperate, equatorial and tropical humid regions. This is the case of Mount Oukouvlé overlooking the village of Koutoukpa in the akposso plateau in southwestern Togo, a tropical wetland, The occurrence of landslide hazards in this mountain is due to a number of favorable conditions that need to be identified and analyzed. The present study aims to highlight the factors that explain the susceptibility of Mount Oukouvlé to these hazards. To do this, the collection of documentary, planimetric, field data and laboratory analyzes was carried out. The study revealed that the pedological and

geotechnical characteristics, the geological conditions, the steep slopes and the relative density of the hydrographic network, put back in the context of the current climatic changes marked by a pluviometric aggression are the factors of production of the rockfall hazard on Mount Oukouvlé. It also reveals that the anthropization of the slopes resulting in the continuous degradation of the vegetation cover is an aggravating factor.

Key words: hazard, landslide, Oukouvlé mountain, akposso plateau, southwest Togo, susceptibility

INTRODUCTION

Comprenant, au sens large, les écroulements, les éboulements proprement dits, les chutes de blocs rocheux et de pierres, les éboulements sont des déplacements instantanés ou rapides de blocs rocheux ou de masses de terrains meubles le long d'un versant (D. E. Benouis, 2010, p. 11 ; T. Banassim, 2015, p. 45). Ils se manifestent dans les régions montagneuses, mais aussi dans les régions à relief plus modéré où les conditions naturelles et humaines en sont favorables (C. Kert, 2013, p. 1). C'est le cas du mont Oukouvlé dans la chaîne de l'Atacora, plus précisément sur le plateau akposso au sud-ouest du Togo, surplombant des villages de piedmont dont celui de Koutoukpa, potentiellement exposé au risque d'éboulement. La collecte et l'analyse des données géographiques sur le secteur d'étude indiquent clairement que par le passé le mont Oukouvlé a été sujet aux phénomènes gravitaires dont les éboulements. Les paléo-éboulements auxquels s'en ajoutent les récents structurent une nouvelle demande sociale à laquelle la recherche doit apporter des réponses adéquates. Entre autres réponses à apporter, rechercher les éléments permettant d'expliquer la susceptibilité du mont Oukouvlé aux aléas éboulements, d'où la question : quels sont les facteurs de production des éboulements dans le mont Oukouvlé ? A cette question, il convient d'admettre que l'occurrence des éboulements dans le mont Oukouvlé est liée à un ensemble de conditions naturelles et humaines favorables. Ces conditions tiennent à une série de facteurs classés en facteurs de prédisposition, de déclenchant et d'aggravant. L'objet de cette étude est donc d'évaluer la susceptibilité du mont Oukouvlé aux éboulements à travers la mise en exergue des conditions qui en sont à l'origine. Or jusque-là, aucune étude approfondie n'a été menée sur les éboulements de versants dans le secteur d'étude, excepté le rapport publié par le Ministère togolais de l'Environnement et des Ressources Forestières (2011, p. 101), qui en a fait cas dans les risques hydrométéorologiques associés aux tendances climatiques actuelles au Togo. L'objectif de la présente étude est de mettre en évidence les différents facteurs explicatifs de la susceptibilité du mont Oukouvlé aux aléas éboulements. Pour y parvenir, une approche méthodologique s'est avérée indispensable. Mais avant

l'exposé des méthodes utilisées et des résultats, il est utile de présenter les traits essentiels du cadre géographique.

1. Présentation sommaire du cadre géographique

Le mont Oukouvlé surplombe le village de Koutoukpa, chef-lieu du canton d'Imlé dans la préfecture d'Amou, au sud-ouest du Togo. Le village de Koutoukpa et les fermes qui lui sont associées sont situés entre 7°30'10'' et 7°32'09'' de latitude nord et entre 0°58' et 1°00'03'' de longitude est. Cet ensemble d'espace couvre une superficie de 10 km² environ. Peuplé majoritairement d'Akposso, le village de Koutoukpa est distant de 15 km de la ville d'Atakpamé à l'est (chef-lieu de la Région des Plateaux) et de 11 km de celle d'Amlamé à l'ouest, Amlamé étant le chef-lieu de la préfecture d'Amou (carte 1).

Sur le plan géomorphologique, le mont Oukouvlé, d'une altitude de 816 m, fait partie du rebord oriental du plateau Akposso, une des unités de la chaîne de l'Atacora ou chaîne des monts du Togo. Appartenant à la surface topographique mi-tertiaire, le plateau Akposso se caractérise par une topographie accidentée alternant crêtes, monts et vallées profondes bien drainées, donnant à l'ensemble l'allure d'un relief pseudo-appalachien. Il domine, à l'est, la pénéplaine bénino-togolaise fini-tertiaire taillée dans le socle cristallin que A. Levêque (1979, p. 92) appelle plaine granito-gneissique. L'ensemble est drainé par la rivière Amou et ses nombreux affluents dont l'Amoutchou.

Sur le plan géologique, le plateau akposso, et partant la chaîne des monts du Togo, appartient à la zone externe des Dahomeyides et se compose essentiellement de quartzites, micaschistes et schistes de l'Atacorien (Y. Agbossoumondé, 1998, p. 11).

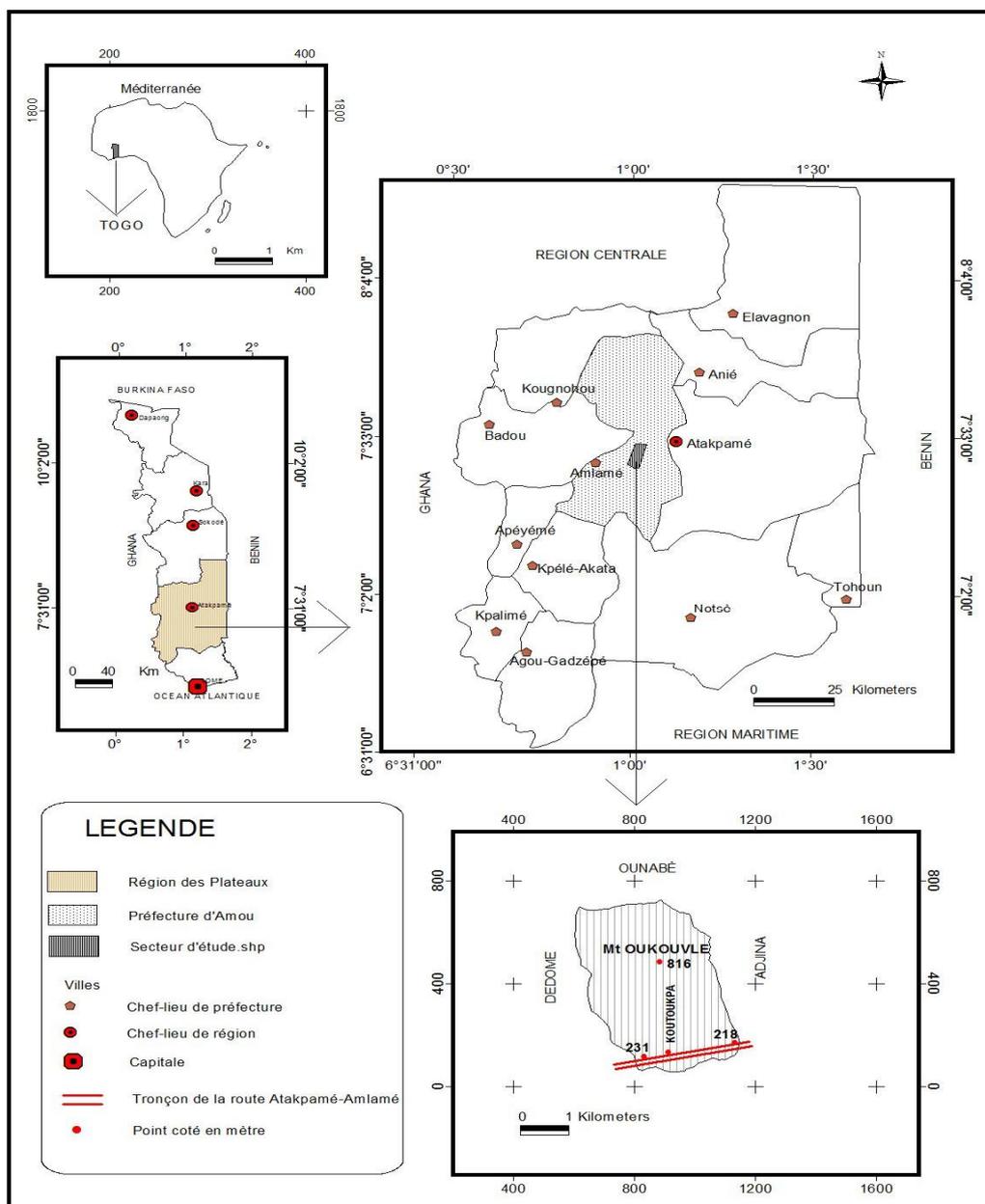
La cartographie des sols réalisée par M. Lamouroux (1966, p. 34) permet de distinguer plusieurs types de sols dans le secteur d'étude. Si, selon le même auteur, les sols peu évolués lithiques sont peu fréquents dans la région, les sols ferrallitiques, par contre, y prédominent et sont propices aux cultures spéculatives (caféiers, cacaoyers, agrumes). Les autres types de sols qu'il y a cartographiés sont les vertisols, les sols ferrugineux et bruns eutrophes tropicaux, régosoliques et hydromorphes.

Par ailleurs, le sud-ouest du Togo jouit d'un climat subtropical (tropical de type guinéen) caractérisé par une relative constance de la température et de l'humidité et par une forte pluviométrie (1400 à 1500 mm/an), se traduisant d'ailleurs par la présence de la forêt dense semi-décidue, de nos jours dégradée et parcellaire (A-E. Kouya, 2009, p. 139).

Les grands traits du milieu physique sus-relevés ne sont pas sans incidence sur la production des éboulements dans le secteur d'étude qui est l'une des régions les plus attractives en flux migratoire au Togo depuis les années 1950 en raison de son

économie de plantation.

Carte 1 : Localisation du secteur d'étude



Source : Adapté de l'Atlas du Togo (1981) et des cartes topographiques de Oga-4b et Atakpamé-3a (1958)

D'après le Bureau Central du Recensement (BCR, 2010, p. 25), le village de Koutoukpa comptait une population de 1561 habitants au dernier recensement de 2010. A la même période, la population de la préfecture d'Amou est passée à 105091 habitants. Cette population est majoritairement agricole, car sur les 105091 habitants recensés en 2010, 101098 habitants se retrouvent dans le secteur primaire, soit 96,2% (BCR, 2010, p. 49). Elle constitue donc une source de forte pression sur les ressources naturelles et, par ricochet, sur les aléas naturels tels que les éboulements. Cette pression est encore très forte dans le secteur d'étude dans la mesure où une bonne partie de la population s'adonne à l'exploitation du bois d'œuvre. Désenclavé par la

nationale N°3 reliant Atakpamé et Kpalimé, le village de Koutoukpa est doté d'infrastructures socio-collectives relativement importantes mais potentiellement vulnérables à l'aléa d'éboulements. Les différents éléments qui structurent l'espace bâti ont été relevés grâce à un travail de terrain effectué suivant une démarche méthodologique appropriée.

2. Approche méthodologique

2.1. Méthodes de Collecte des données

2.1.1. Collecte des données documentaires et planimétriques

Plusieurs sources documentaires ont été consultées et analysées (livres, articles, rapports, mémoires, thèses). En outre, en vue de connaître la pluviosité dans le secteur d'étude, les hauteurs de pluie annuelles, mensuelles et journalières et le nombre de jours de pluie par an ont été collectés de 1987 à 2017 à la station météorologique d'Atakpamé.

Par ailleurs, les cartes topographiques au 1/50 000 d'Oga-4b, d'Amou-Oblo-2d et d'Atakpamé-3a (IGN, 1958), les cartes pédologique au 1/1000 000 (1969) et géologique au 1/200 000 de la Région des Plateaux (1986) et les coupes géologiques interprétatives existantes ont été exploitées. L'exploitation des cartes topographiques a aidé à déterminer certains paramètres de surface (longueurs des transects, superficie du secteur étudié), à calculer les pentes et a contribué à l'analyse de la stabilité des versants à travers ses symboles divers tels que l'allure des courbes de niveau et les figurés sous forme de grisés.

2.1.2. Collecte des données de terrain

Cette phase a porté sur les observations directes sur le terrain, la description et les mesures des faits géomorphologiques majeurs. A cet effet, cinq sorties de terrain ont été organisées entre 2014 et 2016 en utilisant la méthode de transects. Ces sorties ont permis d'identifier et de localiser des endroits potentiellement favorables à l'occurrence des aléas éboulements. Pour ce faire, les travaux ont porté sur l'étude des caractères de prédisposition au moyen des techniques adaptées à chaque cas : description des caractères litho-structuraux et topo-morphologiques, description de l'organisation du réseau hydrographique et des états de surface, reconnaissance des caractères physiques des sols et des altérites par des essais in situ à travers la description des coupes pédologiques. Pour avoir l'appréhension endogène sur l'origine des éboulements, des enquêtes par des entretiens semi-structurés ont été également conduites. A cet effet, 24 leaders d'opinion identifiés dans le village ont

été interviewés. La phase de terrain a été aussi sanctionnée par des prélèvements d'échantillons de sol et d'altérites pour des essais au laboratoire.

2.2. Travaux de laboratoire

Des analyses géotechniques ont été réalisées au laboratoire GEOTECH S. A. de Lomé, (2016), en vue de déterminer les caractères hydromécaniques des sols et altérites.

■ Détermination des limites d'Atterberg : les éboulements de versants se produisent lorsque le sol est saturé d'eau et les limites d'Atterberg atteintes, à savoir les limites de liquidité L.L. ou WL et de plasticité L.P. ou WP (A. Atterberg, 1911, cité par T. Banassim, 2015, p. 61). Le matériel utilisé pour la détermination de ces limites comprend l'appareil de Casagrande, l'outil à rainure, les accessoires et divers.

■ Essai de cisaillement : il a permis de mesurer la capacité de rupture du sol sous l'effet de la compression et de la compaction. L'opération a consisté à comprimer l'échantillon à l'aide de l'appareil de cisaillement en exerçant, perpendiculairement à leur plan de jonction, une pression sur les deux coquilles qui constituent la boîte de Casagrande. En se comprimant, l'échantillon subit la compaction en perdant une certaine proportion d'eau. En augmentant progressivement la pression, on constate que la résistance de l'échantillon croît avant de décroître jusqu'au moment de rupture.

2.3. Méthodes d'évaluation modélisées de la susceptibilité

Pour évaluer la susceptibilité du mont Oukouvlé aux éboulements, les méthodes modélisées suivantes ont été utilisées :

■ l'approche directe ou qualitative : cette approche, proposée par Y. Thiery et *al.* (2005, p. 92) et J. P. Malet et *al.* (2006, p. 4), cherche à identifier les facteurs à l'origine des mouvements gravitaires dont les éboulements; ces facteurs étant définis comme des variables prédictives (Vp), et les éboulements considérés comme des variables dépendantes (Vd) ;

■ les méthodes d'analyse de la stabilité des sols et des versants : il s'agit de la méthode de

l'équilibre des forces qui analyse toutes surfaces de rupture en se basant essentiellement sur les forces de cisaillement et de la méthode d'analyse à la rupture (P. Delmas et *al.* 1987, p. 30 ; Fellenius (1927), Bishop (1955) et Janbu (1973), cités par D. E. Benouis, 2010, p. 17). A partir de ces méthodes a été calculé le coefficient de sécurité (FS) :

$$FS = \frac{\left[\frac{C}{\tan \alpha} + 0.5(a_1 + a_3) - 0.5(a_1 - a_3) \cdot \sin \alpha \right] * \tan \alpha}{0.5(a_1 - a_3) \cos \alpha}$$

, avec C = force de cohésion ou critère de rupture, α = angle de rupture, a_1 et a_3 = contraintes normales exercées sur le sol ou sur le versant.

Ont été aussi calculés :

- la pente topographique : $Tg\alpha = \frac{dv}{dh} \times E$, avec α = valeur de la pente exprimée en %, dv = dénivellation en m, dh = distance entre les courbes de niveau en m et E = échelle de la carte topographique ;

- l'indice d'agressivité climatique de Fournier $c = \frac{p^2}{P}$, où le numérateur p est la précipitation moyenne du mois le plus humide et le dénominateur P , la précipitation moyenne annuelle ;

- le coefficient de couverture végétale $C = \frac{\text{superficie des forêts}}{\text{superficie totale du terrain}} \times 100$

Calculés à l'aide du Logiciel Arc Gis 9-3, ces différents indices joints aux méthodes utilisées ont permis d'obtenir les résultats attendus.

3. Résultats

Les résultats obtenus se résument à l'analyse des facteurs qui expliquent l'occurrence de l'aléa éboulements sur le mont Oukouvlé. Ces facteurs, considérés comme des variables prédictives ou explicatives ou indices de susceptibilité et regroupés en facteurs prédisposants, déclenchants et aggravants, sont compilés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Variables pour l'analyse de la susceptibilité du mont Oukouvlé aux éboulements

Groupes de variables	Classes explicatives
Facteurs prédisposants	Paléoclimats (héritages morpho-pédologiques favorables)
	Géologie (lithologie, faciès pétrographiques variés, tectonique cassante) et hydrogéologie (infiltration et percolation, battements des nappes souterraines)
	Topographie (pentes et dénivellation, versants convexes, corniches)
	Hydrographie (organisation et disposition du réseau, ruissellements)
	Sol et géotechnique (texture, structure, résistance mécanique des sols et altérites)
Facteurs déclenchants	Pluviosité (hauteurs, durée, nombre de jours et intensités des pluies)
	Indices climatiques (élevés durant les mois très pluvieux)
	Dérèglement actuel du climat (pluies de plus en plus brutales et agressives)
Facteurs aggravants	Pression sur le couvert végétal (dégradation continue de la végétation)
	Etats de surface (recul de la végétation au profit des artéfacts)

Source : Travaux de terrain et traitements de données, 2017

3.1. Facteurs de prédisposition du mont Oukouvlé aux éboulements

Cinq groupes de facteurs de prédisposition ont été mis en évidence : paléoclimats, indices géologiques et hydrogéologiques, topographiques, hydrographiques et pédo-géotechniques.

3.1.1. Rôle joué par les paléoclimats

Les régions tropicales ont connu des variations climatiques importantes au Tertiaire et surtout au Quaternaire, avec successions des Pluviaux et Displuviaux. Ces oscillations paléoclimatiques ont eu des effets quantitatifs sur les paysages morphologiques, pédologiques et biogéographiques et ont joué un rôle actif dans l'occurrence des glissements de terrain et éboulements passés. Les éboulis, les versants convexes, les corniches rocheuses, les altérites argilisées recouvrant les versants et les sols ferrallitiques décrits, par exemple, dans le paysage attestent que le secteur d'étude n'a pas échappé aux effets des variations paléoclimatiques. Ces héritages morpho-pédologiques, de par leurs caractères, prédisposent aujourd'hui le mont Oukouvlé aux éboulements : ce sont les éléments fins (sables, limons et argiles) issus de la paléo-altération des roches et les blocs de roches incomplètement altérées lors des phases humides qui y alimentent le matériel gravitaire. La prédisposition du mont Oukouvlé à l'aléa éboulements tient aussi fondamentalement aux conditions géologiques du milieu.

3.1.2. Facteur géologique et hydrogéologique

Ils se résument aux conditions lithologiques et tectoniques favorables. En effet, la présence, dans les formations de la série atacorienne qui composent le mont Oukouvlé, des faciès plus vulnérables tels que les gneiss, les mylonites, les micaschistes à biotite et les schistes constitue un facteur prédisposant. Leur présence favorise l'érosion différentielle et facilite la réalisation des processus de préparation du matériel gravitaire (fragmentation et altération). Or l'érosion différentielle tout comme l'altération des roches contribue à déstabiliser ces dernières en les soumettant au mouvement gravitaire (T. Banassim, 2015, p. 129).

Aussi, les pendages élevés des micaschistes et gneiss albitiques et le plus souvent orientés vers l'est favorisent-ils l'éboulement sur les versants SE et SSE du mont Oukouvlé à cause de leur conformité approximative avec la pente. En outre, les nombreuses discontinuités structurales décrites sur le terrain (joints de stratification, fissures, plans de foliation et de schistosité, diaclases, fractures et failles) exposent les versants aux phénomènes d'instabilité. Ces accidents tectoniques déstabilisent progressivement les corniches rocheuses en mettant les blocs rocheux en porte-à-faux. Les plans de faille (photo 1), par exemple, déséquilibrent les blocs rocheux et, ce faisant, facilitent leur éboulement.

Par ailleurs, les travaux de sondage piézométrique effectués en 2014 par la Direction Générale de l'Hydraulique Villageoise dans la région situent les niveaux statiques des nappes artésiennes entre 0 et 4m durant les mois de juin à octobre au cours desquels l'infiltration de l'eau de pluie est importante : les nappes étant donc proches de la surface du sol en cette période, leur action déstabilisatrice sur les matériaux est très forte d'autant plus que certaines sont perchées au haut des versants ou logées sous les corniches rocheuses

Photo 1 : Plan de faille déstabilisant la corniche sur le versant sud-est du mont Oukouvlé



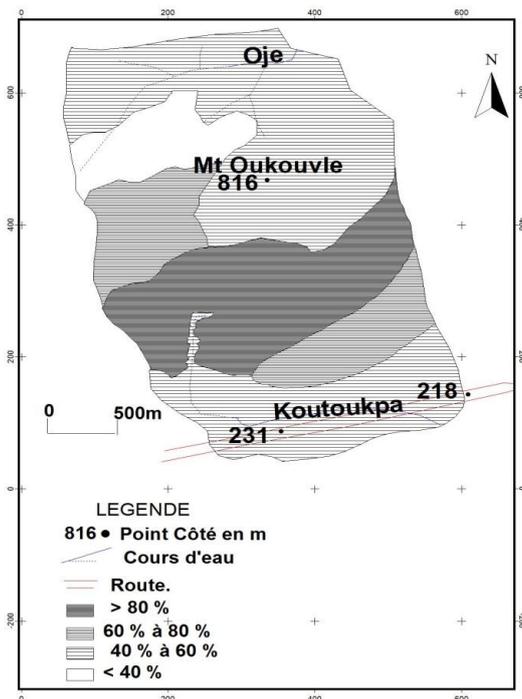
Source : Clichés Kouya, 27 août 2015.

Ainsi, par des pressions interstitielles qu'ils exercent, les battements de ces nappes contribuent à réduire la force de cohésion du sol et le coefficient de sécurité (FS) des versants du mont Oukouvlé qu'ils déstabilisent lentement.

3.1.3. Facteur topographique

Le mont Oukouvlé est un relief vigoureux aux versants très abrupts. Le caractère abrupt des versants se traduit par des pentes fortes à très fortes (carte 2).

Carte 2 : Carte des pentes du mont Oukouvlé



Source : Fonds des cartes topographiques de Oga-4b et d'Atakpamé-3a et travaux de terrain)

La carte 2 indique que plus de 90% de la surface du mont Oukouvlé a des pentes supérieures à 40%, et 75% de la surface a des pentes qui dépassent 60%.

En fixant la pente limite de stabilité à 55 % (près de 30°) compte tenu des autres facteurs de prédisposition favorables, ces versants très escarpés prédisposent fortement le mont Oukouvlé à l'aléa éboulements. En effet, une pente forte ou très forte augmente à la fois l'angle et la force de cisaillement, réduit le facteur de sécurité (FS) des terrains, la force de frottement interne et la contrainte de cohésion des massifs rocheux en les mettant en mouvement sur le versant. En outre, ces versants dominant la plaine bénino-togolaise de près de 600 m de commandement. Cette forte dénivellation prédispose les versants aux mouvements gravitaires, car elle laisse présager la forte attraction que la plaine en contrebas pourra exercer sur les blocs rocheux situés sur les versants, en les entraînant vers elle.

Par ailleurs, les nombreux versants convexes décrits dans le paysage, en augmentant la surface de la zone la plus pentue, contrairement aux pentes concaves, accélèrent la mise en déséquilibre des matériaux et des blocs rocheux qu'ils supportent. Aussi, les modelés rocheux décrits tels que les corniches (photo 2) aux roches très fissurées et de plus en plus déstabilisées par les eaux d'infiltration et de ruissellement prédisposent-ils davantage le mont Oukouvlé aux éboulements.

Photo 2 : Corniche rocheuse sur le versant SE du mont Oukouvlé



Source : cliché Kouya, août 2016

La corniche indiquée sur la photo 2 constitue ainsi la principale source d'éboulement et donc une menace potentielle permanente pour le village de Koutoukpa situé en contrebas. La prédisposition du mont Oukouvlé à l'éboulement est aussi liée aux écoulements de surface.

3.1.4. Rôle du réseau hydrographique

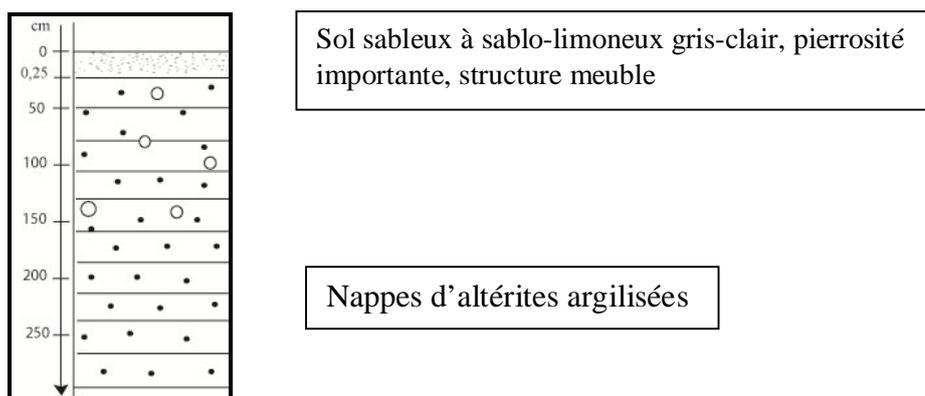
La probabilité d'occurrence des éboulements sur le mont Oukouvlé est aussi fonction de l'organisation et de la disposition du réseau hydrographique qui draine l'ensemble du secteur d'étude. Or, les travaux de terrain ont permis de décrire sur la montagne un réseau hydrographique arborescent et relativement dense. Les différents tributaires ou drains qui descendent des versants tronquent les hauts de pente, taraudent les corniches rocheuses, creusent au pied des abrupts rocheux en les prenant en sandwich, les déstabilisent peu à peu et les soumettent à l'effet de gravité. Cette configuration générale du réseau de drainage prédispose les versants aux mouvements gravitaires.

En outre, les ruissellements diffus et surtout linéaires sur les pentes fortes, par le biais du ravinement, déchaussent les blocs rocheux. Sous l'action de plusieurs contraintes-limites, ces blocs, déstabilisés, vont finir par s'ébouler à court, moyen ou long terme.

3.1.5. Des caractères pédologiques et géotechniques favorables aux éboulements

Les travaux de terrain ont permis de décrire les caractères physiques des sols du mont Oukouvlé à savoir les sols régosoliques, peu évolués (figure 1) et ferrallitiques (figure 2).

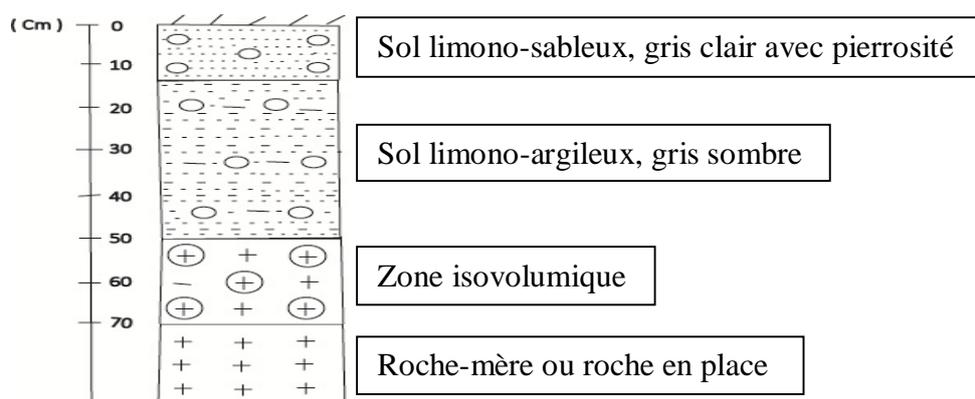
Figure 1 : Coupe pédologique dans un sol régosolique sur le versant SSE



Source : Travaux de terrain, 2016

La figure 1 montre un sol à texture sableuse, sablo-limoneuse et à structure meuble. De par leurs caractères, les sols régosoliques et les sols peu évolués présentent une forte perméabilité et sont alors prédisposés à une forte infiltration verticale des eaux de pluie dans des proportions acceptables. Or, en remplissant les pores du matériau sableux, l'eau d'infiltration alourdit le sable, modifie l'angle limite de stabilité du matériau, le déstabilise avec le bloc rocheux qu'il supporte en les mettant ainsi en mouvement. Les essais géotechniques au laboratoire à partir d'un échantillon de sol régosolique donnent la teneur en eau $TE = 30\%$. Cette faible valeur ($TE\text{-seuil} = 50\%$) signifie que ces sols ont une forte propension à franchir au plus vite leurs limites critiques de plasticité (LP) et de liquidité (LL) avec des hauteurs d'eau pas très élevées. Les mêmes essais donnent $LP = 28\%$ et $LL = 44\%$: c'est des valeurs faibles qui montrent que ces sols ont les plus faibles limites critiques, et donc sujets à perdre vite leur force de cohésion et provoquer l'éboulement.

Figure 2 : Coupe pédologique dans un sol ferrallitique sur le versant sud



Source : Travaux de terrain, 2016

La figure 2 laisse lire un sol limono-sableux à limono-argileux et à structure semi-grumeleuse. La structure semi-grumeleuse de ces sols ferrallitiques réduit leur perméabilité : leur capacité de rétention en eau est alors un peu plus forte et ils

atteignent un peu moins vite leurs limites-critique de plasticité et de liquidité (les essais géotechniques donnent : TE = 57%, LP = 54%, LL = 73%). Mais la proportion non négligeable d'argile décrite dans leurs profils et dans les altérites recouvrant les versants est déjà un facteur défavorable à la stabilité des terrains. En effet, l'observation directe sur le terrain a montré que la présence d'argile en forte proportion dans ce type de sol est un élément défavorable, compte tenu de ses mauvaises caractéristiques mécaniques. Sur ces versants escarpés du mont Oukouvlé, les altérites argilisées constituant le soubassement des massifs rocheux peuvent être à l'origine des éboulements par défaut de portance suite à des pluies intenses et continues : l'eau de pluie qui s'infiltre diminue l'angle de frottement interne des argiles et les sols argileux perdent vite leurs résistances mécaniques.

Les différents facteurs de prédisposition sus-analysés conduisent les versants du mont Oukouvlé à atteindre au plus vite leur stabilité-limite. Les facteurs de sécurité FS calculés pour les versants sud, SE et SSE sont respectivement de 1,4 ; 1,3 et 1,28. Ces valeurs étant inférieures au facteur-seuil fixé à 1,5 montrent que la sécurité desdits versants est contestable. Elles signifient que l'équilibre peut être incessamment rompu sur ces versants et provoquer l'éboulement en cas des pluies fortes et régulières.

3.2. Facteur déclenchant : rôle de la pluie dans le contexte de la crise climatique actuelle

La pluie demeure l'un des principaux agents déclencheurs des aléas gravitaires dont les éboulements (T. Banassim, 2015, p. 143). Or, selon les données pluviométriques relevées à la Station météorologique d'Atakpamé de 1987 à 2017, le secteur d'étude, située dans la zone subtropicale humide, enregistre en moyenne 1400 mm de pluie/an. En effet, les hauteurs de pluie relevées à ladite station météorologique montrent que les pluies sont abondantes de mai à octobre avec une légère baisse de mi-juillet à mi-août. Les mêmes sources indiquent l'importance du nombre de jours de pluie dans l'année (120 jours en moyenne) et du nombre de jours de pluie consécutifs au cours des mois pluvieux (mai à octobre). Par exemple, les pluies sont tombées du 5 au 11 et du 19 au 25 août 2003 ; du 2 au 9, puis du 13 au 17 et du 21 au 27 septembre 2012 à Atakpamé. L'humidité du sol étant permanente en cette période, le sol se sature plus vite, peut perdre rapidement ses résistances mécaniques et engendrer des phénomènes d'éboulements. Les indices climatiques de Fournier ont été calculés pour les mois pluvieux de 2007 à 2016 (tableau 2).

Tableau 2 : Indices climatiques de Fournier c calculés à Atakpamé de 2007 à 2016

Année	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.
2007	0,25	18,56	6,71	39,23	7,36	11,47	56,55	7,88
2008	2,28	5	30,08	53,80	23,44	52,61	20,86	8,50
2009	0,15	14,22	29,72	4,55	110,49	30,41	102,78	6,50
2010	0,47	4,85	20,69	41,35	117,45	18,40	65,86	2,31
2011	18,33	31	15,41	36,00	58,54	35,31	18,31	8,78
2012	7,22	0,07	27	6,60	25,51	16,76	66,96	45,67
2013	1,07	1,35	15,18	38,80	71,07	36,83	9,61	44,67
2014	1,00	13,49	14,30	35,98	26,88	4,97	57,40	11,50
2015	26,15	43,67	12,69	20,02	11,27	6,21	21,77	18,94
2016	9,97	2,83	31,09	17,22	35,34	50,67	24,52	4,28

Source : Relevés pluviométriques de la station météorologique d'Atakpamé, 2017

Le tableau 2 affiche des indices variant entre 0,15 en mars à 117,45 en juillet, soit une moyenne de 58,8. Les plus élevés sont ceux des mois de juin à septembre. En fixant un indice-seuil à 20 compte tenu des réalités du milieu, l'on peut déduire que les indices de ces mois sont élevés et traduisent bien la capacité érosive du climat local et donc le pouvoir déclenchant élevé des pluies enregistrées.

Avec le dérèglement du climat actuel, le pouvoir déclenchant des pluies au niveau local s'est accru. En effet, les débuts des saisons de pluies s'annoncent désormais avec une violence inouïe, traduisant la forte intensité des pluies. Des intensités maximales mensuelles de pluie calculées (en mm/h) donnent, par exemple : en 2013 (47 en mai, 33 en août, 32 en octobre), 2014 (90 en mai, 99 en juin, 46 en septembre), 2015 (100 en septembre, 79 en octobre) et en 2016 (60 en avril, 51 en septembre, 61 en octobre). Les pluies intenses relevées durant les mois très pluvieux jointes à des événements pluvieux exceptionnels liés au dérèglement de la mousson du sud-ouest, en provoquant des ruissellements importants, peuvent déstabiliser les blocs rocheux, créer des déséquilibres brutaux au sein des matériaux de recouvrement et des sols et déclencher des éboulements. C'est, en effet, durant ces mois que les éboulements se produisent, parfois de façon catastrophique en lien avec le rôle aggravant de l'homme.

3.3. Facteur aggravant : rôle déstabilisateur de l'homme

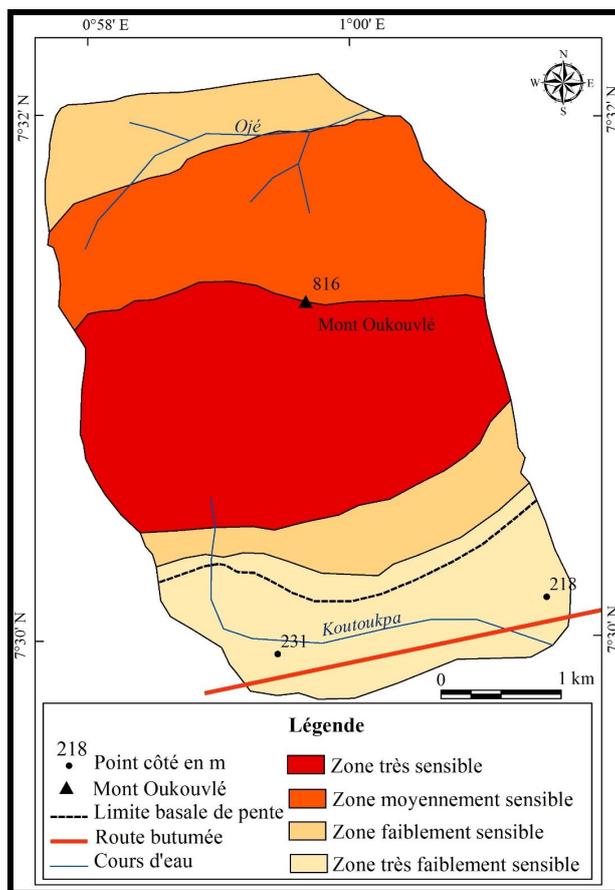
La probabilité d'occurrence des éboulements dans le mont Oukouvlé est de plus en plus le fait de la forte pression humaine exercée sur les ressources forestières ces trois dernières décennies et de certaines actions anthropiques défavorables à la stabilité des versants. En effet, les observations sur le terrain jointes aux travaux de A-E. Kouya (2009, p. 126) montrent que la couverture forestière et savanicole s'est continuellement dégradée au fil des années sous l'effet des défrichements cultureux,

des feux de végétation et des déboisements pour les besoins en bois d'œuvre, en combustible traditionnel et pour la fabrication du vin de palme et du «sodabi» (boissons locales obtenues à partir du palmier à huile). La dégradation de la végétation s'est faite également au profit de l'extension de l'agglomération. Les taux de couverture végétale calculés sont respectivement de 25% et de 30% pour les hauts de versants et mi-versants. Il s'agit des taux faibles (C-seuil = 50%), à l'exception des bas de versants où des plantations de caféiers offrent un paysage agro-forestier.

Cette évolution négative des ressources forestières, tout en prédisposant les versants du mont Oukouvlé à l'aléa éboulements, aggrave malheureusement ces derniers. En effet, par son enracinement et le jeu de l'évapotranspiration, la végétation augmente la résistance au cisaillement, modifie la teneur en eau du sol et réduit la pression interstitielle de l'eau dans la couverture pédologique. Par contre, sa dégradation favorise l'exportation en surface des particules fines et, par extension, les mouvements de masse tels que les éboulements (E. Roose, 1994, p. 213).

L'ensemble de ces facteurs sus-analysés montrent que les versants du mont Oukouvlé sont potentiellement sujets à des phénomènes d'instabilité et y expliquent la production des récents éboulements. 13% des personnes interviewées à Koutoukpa considèrent que les éboulements dans le mont Oukouvlé relèvent de la fatalité et restent l'expression de la colère de Dieu. Par contre, 87% de ces personnes estiment que ces aléas surviennent en cas de pluies régulières et abondantes. Elles estiment aussi que leur occurrence est due à l'état fracturé et diaclasé de la corniche qui fournit le matériel gravitaire et que les déboisements continus sur les versants les aggravent. La carte 3 ci-dessous hiérarchise les différentes parties du mont suivant leur niveau de sensibilité ou de susceptibilité à l'éboulement.

Carte 3 : Carte de susceptibilité du mont Oukouvlé aux éboulements



Source : Travaux de terrain, 2017

4. Discussion

Dans cette étude, il a été question de déterminer et d'analyser les facteurs à l'origine des éboulements sur les versants du mont Oukouvlé situé sur le plateau akposso au sud-ouest du Togo. Les processus à l'origine des mouvements de terrain dont les éboulements étant complexes, ils dépendent rarement d'une seule cause : comme le fait remarquer C. Kert (2013, p. 1), les éboulements apparaissent lors de la conjonction naturelle ou artificielle des facteurs. En effet, le diagnostic posé par cette étude a permis de mettre en évidence une série de variables prédisposantes, déclenchantes et aggravantes. Concernant les facteurs de prédisposition, l'étude a mis à l'index la corniche rocheuse qui surplombe le village de Koutoukpa et les fortes pentes des versants sur le mont Oukouvlé. C'est ce qui ressort des travaux de D. E. Benouis (2010, p. 9) qui souligne que la pente fait partie des facteurs fondamentaux, plus ou moins constants sur de longues périodes, qui déterminent la prédisposition générale des terrains aux phénomènes d'instabilité. Y. Thiery et al. (2013, p. 94) et T. Banassim (2015, p. 107) ont montré que les pentes fortes (supérieures à 50%), en réduisant le coefficient de sécurité des terrains, met ces derniers en état d'instabilité et provoquent les éboulements. Mais ce sont les conditions géologiques qui semblent

jouer un rôle fondamental de prédisposition du mont Oukouvlé aux éboulements, ce qui corrobore les analyses faites par J. P. Malet et *al.* (2006, p. 9), D. E Benouis (2010, p. 10) et T. Banassim (2015, p. 121). Par ailleurs, l'étude a montré que les fortes pluies que reçoit le secteur d'étude y demeurent le principal agent déclencheur des éboulements. En effet, comme le démontre M. Monbaron (2010, p. 28), l'eau de pluie qui s'infiltré réduit la cohésion du matériau sur lequel repose le bloc rocheux et favorise l'éboulement de ce dernier. Toutefois, il faut y tenir compte du rôle que jouent les caractères physiques des sols, comme cette étude l'a fait ressortir. En effet, les sols du mont Oukouvlé, vu leur texture et structure défavorables, ont une faible résistance mécanique face à l'eau, notamment les sols régosoliques et peu évolués qui ont de fortes propensions à atteindre vite leurs limites-critiques de cohésion. Il ressort aussi de cette étude que les matériaux sujets aux déplacements gravitaires ont été, au préalable, préparés par les paléoclimats, comme l'a souligné J. Tricart (1968, p.174). Or de plus en plus, la forte emprise humaine sur les ressources forestières et les sols dans le secteur d'étude contribue à dénuder les versants, accentuant ainsi l'effet de soutirage sous les blocs rocheux et le pouvoir déclenchant de la pluie. C'est donc dire qu'au-delà des conditions naturelles, ce sont les sollicitations humaines inadaptées (étalement du village sur le piedmont, déboisements, cultures sur les versants, tracés des pistes intra-montagneuses) qui précipitent l'occurrence de l'aléa éboulements sur le mont Oukouvlé. Abordant dans le même sens, J. P. Malet et *al.* (2006, p. 7) font remarquer que les activités agricoles et de loisirs (campings, randonnées, ski) aggravent les glissements de terrain et les éboulements sur le versant ubac du bassin de Barcelonnette dans les Alpes-de-Haute-Provence en France. T. Banassim (2015, p. 154) a montré que l'ampleur des mouvements de terrain dont les éboulements dans le Massif kabyè au nord-Togo est attribuable aux nombreuses actions anthropiques mal avisées dans l'environnement. Enfin, une carte de zonage de l'aléa éboulements a été établie en hiérarchisant les différents secteurs du mont Oukouvlé et ses environs selon leur degré de sensibilité ou de susceptibilité. Cette carte rend ainsi compte de l'importance de la cartographie dans l'évaluation dudit aléa, tel que l'ont démontré J. Y. Scanvic (1994, p. 1), Y. Thiery et *al.* (2005, p. 95), J. P. Malet et *al.* (2006, p. 10) et C. Kert (2013, p. 7). E. Déon et *al.* (2003, p. 5) proposent, quant à eux, d'évaluer l'évolution des aléas glissements de terrain et éboulements par la prédiction et la prévention.

Les résultats de cette étude revêtent un intérêt scientifique et pratique indéniable pour les différents acteurs de développement du milieu étudié, notamment les aménagistes. Ils vont servir de premières bases de données permettant d'agir durablement sur les facteurs qui engendrent l'aléa éboulements sur le mont Oukouvlé.

CONCLUSION

Il ressort des résultats de cette étude que le mont Oukouvlé est depuis longtemps soumis aux mouvements gravitaires dont les éboulements, comme en témoigne la concavité créée juste au pied de la corniche rocheuse qui surplombe le village de Koutoukpa. Les analyses montrent que l'occurrence des éboulements sur ce mont est due aux conditions de prédisposition et déclenchantes favorables que renforce l'action anthropique déjà très déstabilisatrice des versants. La susceptibilité de ce mont aux éboulements est donc avérée. Toutefois, cette étude apporterait des résultats beaucoup plus plausibles si la diffractométrie des argiles présentes dans les sols et altérites couvrant les versants avait été réalisée. Ceci permettrait d'identifier de façon précise les différents minéraux argileux constitutifs pour mieux apprécier la résistance hydromécanique de la couverture pédologique et altéritique des versants. Aussi, une étude diachronique des états de surface à partir des images satellitaires suffisamment décalées dans le temps permettrait-elle de mieux traduire les progrès de la couverture végétale en vue de montrer davantage le rôle aggravant de l'homme dans l'occurrence de l'aléa éboulements sur le mont étudié. Par ailleurs, les éboulements sur le mont Oukouvlé ne sont pas sans susciter des inquiétudes au regard des enjeux denses (populations, infrastructures socio-collectives diverses, plantations agricoles) situés en contrebas des versants. C'est pourquoi, comme perspective, une étude sur l'évaluation de la vulnérabilité du village de Koutoukpa à cet aléa et du risque total sera réalisée. Pour prédire l'occurrence de l'aléa éboulements dans le secteur d'étude, du moins à court terme, il urge de mettre en place des mesures de surveillance en instrumentant les versants, notamment les sites les plus sensibles. Il importe également de prendre des mesures préventives (reboisement des versants, ouverture de longues tranchées perpendiculaires à la pente) en vue d'atténuer l'effet des facteurs de vulnérabilité (fréquence, volume, intensité et vitesse des matériaux gravitaires) et les risques en cas d'occurrence de l'aléa.

BIBLIOGRAPHIE

AGBOSSOUMONDE Y. (1998), *Les contraintes ultrabasiques de la chaîne panafricaine au Togo (axe Agou-Atakpamé, Sud-Togo). Etude pétrographique, minéralogique et géochimique*, Thèse Doct. Lab. Géol. Pétro., Univ. Jean Monnet, St Etienne, Fr., 306 p.

BANASSIM T. (2015), *Etude des risques de mouvements de terrain dans le Massif kabyè et ses environs au Nord-Est du Togo*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, LaRBE, Université de Lomé, 308 p.

BENOUIS D. E. (2010), *Etude d'un glissement de terrain par différentes méthodes*, Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en génie civil, Cat. Sciences, Université de Saida (Algérie), 127 p. en PDF

DELMAS P., CARTIER G. et POUGET P. (1987), *Méthodes d'analyse des risques liés aux glissements de terrain*, Bull. liaison Labo., Réf. 3225, France, 38 p.

DEON E. et ENAULT M. (2003), *Axe cyndinique : les glissements de terrain*, Promo 2003, Saint-Etienne, 26 p. en PDF

FOURNIER F. (1960), *Climat et érosion*, PUF, Paris, 31p.

GUZZETTI F., CARRARA A., CARDINALI M. et REICHENBACH, P. (1991), « Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application » in *a multi-Scale Study, Central Italy. Geomorphology*, Vol.31, pp. 181 - 216.

KERT C. (2013), *Rapport sur les techniques de prévision et de prévention des risques naturels: Séisme et mouvements de terrain*, File: //E: \glissements et éboulements.Htm, 19 p. en PDF

KOUYA A.-E. (2009), *Les changements environnementaux et l'appauvrissement de la biodiversité en milieu montagnard akposso (sud-ouest du Togo)*, Thèse de Doctorat Unique de Géographie, LaRBE, Université de Lomé, 241 p.

LAMOUREUX M. (1969), *Carte pédologique du Togo au 1/1.000 000*. Notice explicative n° 34, ORSTOM, Paris, 91 p.

LEVEQUE A. (1979), *Pédogenèse sur socle granito-gneissique du Togo. Différentiation des sols et remaniements superficiels*, Trav.Doc., ORSTOM, N° 108, Paris, 224 p.

MALET J-P., THIERY Y., MAQUAIRE O. et PUISSANT A. (2006), « Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque glissement de terrain » in *Revue Internationale de Géomatique, Volume spécial, n° X/2006*, pp. 1-28.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RESSOURCES FORESTIERES-MERF-TOGO (2011), *Les tendances climatiques actuelles au Togo et les risques hydrométéorologiques associés*, Rapp. n° 11, Lomé, 219 p.

MONBARON M. (2010), *Géomorphologie générale : structures et roches, le processus Karstique*, PUF, Paris, 38 p.

ROOSE, E. (1994), *Introduction à la gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*, Bulletin pédologique de la FAO 70, Rome, 301 p.

SCANVIC J.Y. (1994), « Observation spatiale et SIG : des outils pour cartographier les zones sensibles aux mouvements de terrain » in *Mappemonde 4/94, CNES, BRGM*, 6 p. en PDF

THIERY Y., MALET J.-P., STERLACCHINI S., PUISSANT A. et MAQUAIRE O. (2005), « Strategy to reduce subjectivity in landslide susceptibility zonation by GIS in complex mountainous environment » in *Computers and Geosciences*, Paris, pp. 90-111.

TRICART J. (1968), *Précis de géomorphologie : géomorphologie structurale*, T1, SEDES, Paris V^e, 322 p.

WISCHMEIER W. H. et SMITH D. D. (1960), « A Universal Soil Loss estimating equation To guide conservation farm planning » in *Proc. 7th Inter. Congress Soil Science Soc.*, Vol.1, n° 7, pp. 418 - 425