

ÉROSION PLUVIALE ET DÉGRADATION DES ÉTABLISSEMENTS HUMAINS À ADJARRA AU BÉNIN

Cyr Gervais ETENE^{1*}, Maman Sani ISSA¹, Philippe Ayédegue Biaou CHABI¹, Ernest KOUSSINOU² et Rose SOUKOSSI²

¹Laboratoire Pierre PAGNEY "Climat, Eau, Ecosystème et Développement" (LACEEDE), Département de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (UAC), BP 526 Cotonou, Bénin

²Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT), Université d'Abomey-Calavi (UAC)

*Correspondance, e-mail : cyr_gervais_etene@hotmail.com

RÉSUMÉ

Au Bénin, toutes les régions du plateau des terres de barre sont vulnérables au phénomène de l'érosion pluviale. En effet, l'érosion est amplifiée par le climat, la topographie, la nature du sol de même que le mode d'occupation de l'espace. La présente recherche vise à analyser les effets de l'érosion pluviale sur la dégradation des établissements humains de la Commune d'Adjarra. Les données utilisées dans le cadre de cette recherche sont les statistiques climatologiques couvrant la période de 1960 à 2010 obtenues à l'ASECNA-Cotonou, les données démographiques collectées à l'INSAE et les données cartographiques. Ces différentes données sont complétées par les travaux de terrain. Les statistiques descriptives ont été mises à contribution dans le traitement et l'analyse des résultats. Les résultats montrent que les déterminants physiques et humains sont à la base de l'amplification du phénomène érosif à Adjarra. Il ressort que la grande et la petite saisons pluvieuses sont des périodes de grande activité érosive. On note cependant que des infrastructures telles que les voies de dessertes rurales et les rues (65 %), les habitations et les édifices publics sont déchaussées et ravinées sous les effets de l'érosion pluviale dans la Commune d'Adjarra. Chaque année, en moyenne 2,37 cm / an des terres sont transportées par les eaux de ruissellement sous le fait de sapement. Pour faire face à cette situation, les populations ont développé des stratégies pour lutter contre l'érosion pluviale. Parmi ces mesures, on peut citer le système de gouttière, les terrasses et les ouvrages de franchissement.

Mots-clés : Adjarra, érosion pluviale, infrastructures, impact, sapement.

ABSTRACT

Rain erosion and degradation of human settlements in Adjarra city in Benin

In Benin, all areas of the continental shelf are vulnerable to the rain erosion. Indeed, erosion is amplified by the climate, the topography, the soil nature as well as the mode of settlements. The present study aims to study the effects of rain erosion on the of human settlements degradation in the municipality of Adjarra. The data used in this study are climatological statistics covering the period from 1960 to 2010 obtained at ASECNA-Cotonou, the demographic data collected at INSAE and the cartographic data in degradations types. These different data are supplemented by fieldwork. Descriptive statistics were used in the data treatment and results analysis. The results show that the physical and human factors are at the basis of the amplification of the erosive phenomenon at Adjarra. It appears that the great and the small rainy season are periods of high erosive activity. However, infrastructure such as rural roads and streets (65 %), dwellings and public buildings are decommissioned and gutted by the effects of rain erosion in the municipality of Adjarra. Every year, on average of 2.37 cm / year of land is transported by runoff under the fact of sapement. To cope with this situation, the populations have developed strategies to fight against rain erosion. These measures include the gutter system, terraces and crossing structures.

Keywords : *Adjarra, rainfall erosion, infrastructures, impact, undermining.*

I - INTRODUCTION

L'érosion est un phénomène qui affecte les différents pays du monde depuis toujours [6, 8 - 10, 21], y compris le Bénin. Elle se traduit par un processus d'accumulation ou par celui d'ablation. Son impact sur le plan social et économique est important car l'érosion est à l'origine de dégradation de nombreuses infrastructures et des édifices [14]. Elle n'est pas spécifique en Afrique de l'Ouest. En effet, dans le monde, on note aussi que l'érosion pluviale est responsable de dégradation des terrains fertiles, cédant la place à des terrains squelettiques complètement appauvris. En Amérique latine, l'érosion hydrique touche 14,3 % du territoire d'Amérique du Sud et 26 % de l'Amérique centrale [23]. En Europe, selon l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE), le problème affecte approximativement 17 % de la surface du territoire à différents degrés et s'observe localement, soit directement sous l'effet des activités humaines, soit indirectement suite aux changements climatiques [22]. Au Bénin, plus de 1/3 du territoire national sont

menacés par l'érosion hydrique. Elle provoque annuellement des pertes de terres allant de 500 tonnes/km² à plus de 5 000 tonnes/km² selon les régions et un ensablement des cours d'eau de l'ordre de 75 millions de m³ [14], soit une réduction annuelle de 0,5 % de leur capacité de stockage [14], ce qui provoque une importante perte concernant les eaux permettant l'irrigation. A Adjarra où la pression démographique s'accroît de plus en plus, l'emprise de l'homme sur la nature devient un phénomène inquiétant créant ainsi d'énormes difficultés liées à la gestion du phénomène érosif. Au fil des années, l'érosion hydrique s'accroît de même que les dégâts occasionnés. Ainsi, les établissements humains sont dégradés, érodés ou détruits par endroits entraînant la régression de la vie économique et locale. Ainsi, la présente recherche vise à étudier les effets de l'érosion pluviale sur les établissements humains dans la commune d'Adjarra dans le contexte de l'aménagement du territoire durable. Située entre 6°30' et 6° 32' de latitude Nord et 2° 41' et 2° 43' de longitude Est (**Figure 1**), (**Figure 1**), la commune d'Adjarra s'étend sur une superficie de 112 km², soit 0,07 % du territoire national (MISP, 2003).

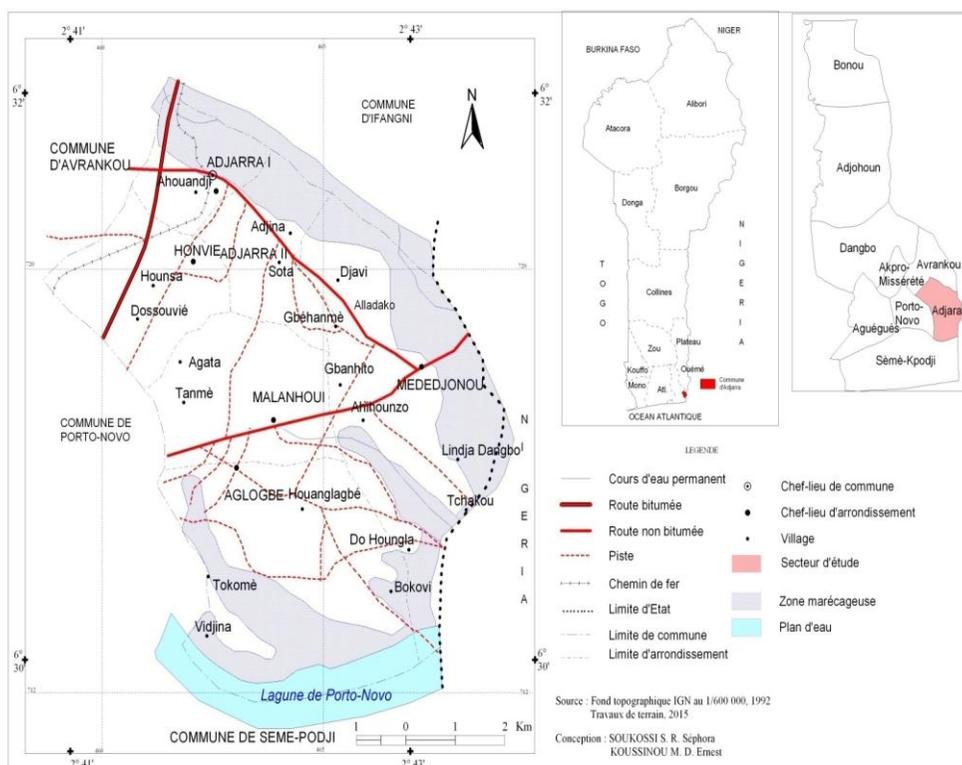


Figure 1 : Situation géographique de la commune d'Adjarra
(Source : Fond topographique IGN)

Elle est caractérisée par un climat de type subtropical avec une hauteur de pluie moyenne annuelle d'environ 1200 mm [1]. Le territoire d'Adjarra est caractérisé par trois (03) types de sols à savoir : les sols ferrallitiques, de couleur rouge et à texture sablo-argileux (terres de barre) qui couvrent environ 80 % de la superficie totale de la commune ; les sols de bas de pente : sols de coloration brune claire, à texture sableuse et facile à travailler. Ils se situent en bordures des bas-fonds marécageux, soit dans des dépressions fermées ; enfin, les sols des bas-fonds : ce sont des sols hydromorphes argileux, riches en matière organiques, situés dans les zones inondables, surtout dans l'Arrondissement d'Aglogbè [17].

II - MÉTHODOLOGIE

Les données collectées dans le cadre de cette recherche sont les hauteurs de pluie et le nombre de jours de pluie sur la période de 1960-2010 et les données démographiques de 1979, 1992, 2002 et 2013. Elles ont été collectées respectivement au CeRPA Ouémé-Plateau et à l'INSAE. Ces différentes données ont été complétées par les travaux de terrain. Ainsi, un échantillon de 180 personnes est déterminé dont 30 personnes par quartiers où les villages choisis. Au cours des investigations, deux quartiers ou villages par Arrondissement sont prises en compte sur la base soit des zones sans assainissements soit plus atteint par le phénomène d'érosion et les ménages les plus vulnérables par rapport aux milieux et au type d'habitation. A cet effet, les critères de choix des villages ou quartiers retenus se présentent comme suit :

- avoir vécu plus de dix (10) ans dans la localité d'enquête ;
- être victime du phénomène érosif.

Ainsi, six (06) quartiers ont été visités. Il s'agit de : Linda-Dangbo, Médédjonou, Adjinan, Kpota, Agata, Tanmè (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Taille de l'échantillon

Arrondissements	Villages / Quartiers	Population totale	Population enquêtée	Pourcentage
Adjarra II	Adjina	776	30	3,86
	Kpota	178	30	16,85
Médédjonou	Médédjonou	503	30	5,96
	LindjaDangbo	458	30	6,55
Malanhoui	Agata	516	30	5,81
	Tanmè	651	30	4,60
Total	06	3082	180	43,63

Source : Travaux de terrain, juillet, 2016

La méthode de détermination de la vitesse de sapement des fondements a été mise à contribution afin de pouvoir quantifier la perte des terres autour des fondations des établissements humains montrant des indices d'érosion hydrique. La vitesse de sapement est déterminée par la **Formule** :

$$V_s = h / a \quad (1)$$

ou, V_s = Vitesse de sapement exprimé en centimètre ; h = profondeur de la rigole ; a = âge de l'infrastructure.

Pour quantifier le volume de terre perdu Q (cm) sur une unité de rigole donnée, on utilise la **Formule** suivante :

$$Q = L \times l \times h \quad (2)$$

avec, L étant la longueur, l la largeur et h la profondeur de la rigole.

Le **Tableau 2** présente la vitesse de sapement des établissements humains dans le milieu d'étude.

Tableau 2 : Enquête de terrain sur la vitesse de sapement des établissements humains

Types d'établissements humains concernés	Vitesse de sapement	Age de l'infrastructure	Profondeur moyenne de la rigole	Formule
Chemin de fer	V_s	56 ans	50cm	$V_s = \frac{h}{a}$
Fondation des maisons	V_s	16 ans	37cm	$V_s = \frac{h}{a}$
Poteaux électriques	V_s	21 ans	70cm	$V_s = \frac{h}{a}$
Hangar de marché	V_s	9 ans	25cm	$V_s = \frac{h}{a}$

Source : Enquête de terrain, Juillet 2016

Cette méthode a été utilisée par Eténé (2005) et Biaou (2007) sur les plateaux du Bénin méridionale. Les données et méthodes utilisées ont permis d'obtenir quelques résultats.

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Déterminants de l'érosion pluviale à Adjara

Il résulte de ce travail que les déterminants physiques et humains sont souvent cités comme les facteurs explicatifs de l'érosion pluviale dans la Commune d'Adjara.

III-1-1. Déterminants physique de l'érosion pluviale dans le secteur d'étude

Certains éléments de l'environnement physique du milieu d'étude sont à la base de l'amplification du phénomène érosif. Il s'agit du climat, de la topographie, la nature du sol et la morphologie de la commune.

➤ *Physionomie pluviométrique*

Les **Figures 2 et 3** présentent le régime des précipitations et la variation des indices pluviométriques dans la commune d'Adjarra.

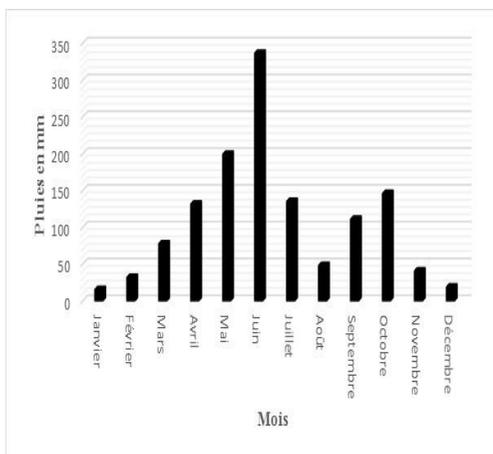


Figure 2 : Régime pluviométrique à Adjarra (1960-2010)
Source : ASECNA, 2017

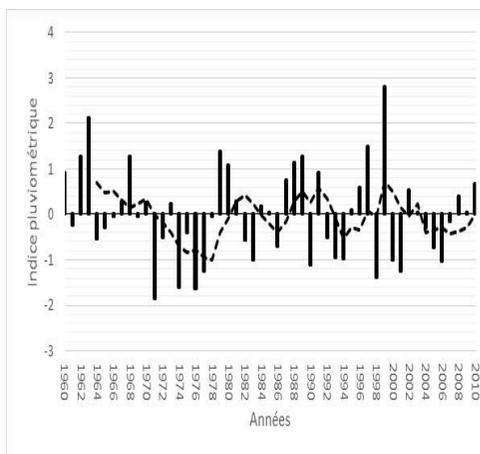


Figure 3 : Variation des indices pluviométriques (1960-2010) à Adjarra
Source : ASECNA, 2017

L'analyse des données de la **Figure 2** montre que la commune d'Adjarra est caractérisée par quatre (04) types de saisons dont deux (02) pluvieuses et deux (02) sèches. La grande saison pluvieuse couvre la période allant de mi-mars à mi-juillet. Par contre la petite saison pluvieuse, couvre les mois de septembre et d'octobre. Il est enregistré en moyenne plus de 800 mm de pluie pour la grande saison pluvieuse contre 256 mm pour la petite saison [1]. Ainsi, les saisons pluvieuses sont considérées comme les plus problématiques en termes de la manifestation du phénomène érosif [17]. En effet, les pluies de début saison (mi-avril et mi-mai) ne sont pas très agressives et sont peu érodables, même si elles atteignent 50 mm. Pendant cette période, le ruissellement est très faible et l'infiltration est importante. Les premières eaux précipitées sont systématiquement infiltrées car le sol n'est pas imbibé donc il est difficile que le ruissellement puisse avoir lieu. Par contre, les pluies de cœur et de la fin de saison pluvieuse sont plus agressives, car la nappe phréatique est submergée et

avec une précipitation de 30 à 50 mm, le ruissellement se produit très rapidement, par conséquent l'érosion devienne très importante. La **Figure 3** présente l'état de la pluviométrie sur la période 1960-2010 à travers l'analyse de la variabilité interannuelle des hauteurs de pluies et des moyennes mobiles glissantes sur 5 ans. Ces dernières ont essentiellement servi à rechercher sur la normale 1961-1990, les tendances d'évolution de la pluviométrie dans la commune. La **Figure 3** illustre cette phase et situation de base pluviométrique. La variation spatio-temporelle de la pluviométrie indique globalement une évolution en trois phases jusqu'en 2010. La première phase (1) correspond à la période 1961-1970. Cette époque est caractérisée par une variation des hauteurs pluviométriques entre les seuils de 1000 et 1500 mm sur l'ensemble de la commune, où la moyenne est de 1258,22 mm. Ces seuils pluviométriques confèrent à cette phase un statut référentiel de climat humide au regard de l'évolution ultérieure des précipitations. Cette première phase correspond à une période active des activités érosives avec des conséquences très dommageables pour les populations. La phase 2 (1971 à 1990) se singularise par une forte variabilité pluviométrique. Cette période est marquée par un fort déficit pluviométrique. En effet, les hauteurs d'eau précipitée, généralement comprises entre 900 et 1000 mm, ont même chuté à 700 mm en 1986 dans la commune d'Adjarra. Le secteur d'étude a connu ainsi une forte instabilité pluviométrique, traduite par la diminution des lames d'eau précipitée. Sur toute la période (1971-1990), la moyenne pluviométrique à l'échelle de la commune est de 985 mm et indique une forte sécheresse météorologique et hydrologique.

L'évolution des rythmes pluviométriques laisse entrevoir une situation de climat moins humide. Cette phase correspond à la période où l'érosion pluviale est moins active avec le risque d'érodibilité faible dans le milieu d'étude. Enfin, la troisième phase caractérisée par une reprise de la pluviométrie entre la fin des années 90 et le début de l'an 2000. Entre 1990 et 2010, la pluviométrie moyenne sur le secteur d'étude avoisine les 1100 mm. Ainsi, cette tendance se confirme, on se retrouve par conséquent dans une situation de climat humide avec une phase d'abondance pluviométrique. Donc cette phase correspond également à la phase de reprise des activités érosives. Au total, Adjarra, est sous l'influence des pluies de mousson et de lignes de grains [3, 11, 14, 16], qui sont responsables des phénomènes érosifs majeurs. Ces types de pluie, courant entre les mois d'avril à juillet pour la première et de septembre à octobre pour la seconde, atteignent des intensités de l'ordre de 100 mm / heure, bien qu'elles puissent être de courte durée pour les pluies de lignes de grains. Autant les zones sèches que les zones humides sont exposées à ces orages et le risque d'érosion peut être aussi élevé dans les premières périodes que dans les secondes. La fréquence élevée de pluies journalières de très forte intensité est un des facteurs importants d'érosion dans la commune.

➤ *Contexte morpho-topographique du milieu d'étude*

Du point de vue morpho-topographique, la Commune d'Adjarra présente un relief monotone et très peu accidenté. Elle est située sur le plateau du continental terminal de Pobè-Sakété, les hauts reliefs qui dominent en plusieurs endroits le plan d'eau sous la forme d'une falaise. Les altitudes de ce relief qui est de 100 m en moyenne, décroît pour atteindre 20 m vers le sud depuis le rebord de l'escarpement dominant la dépression de Hollidjè jusqu'à la lagune de Porto-Novu [4]. Ce plateau est entaillé par de petites et moyennes dépressions aux pentes très peu marquée. Les pentes varient entre 0 et 5 %. Les parties caractérisées par des pentes moyennes et fortes sont plus exposées aux problèmes de terrassement, d'érosion pluviale et de stabilité des versants. Les quartiers Adjarra II, Médédjonou, et Adjinan, installés sur le rebord du plateau et sur les versants sont plus vulnérables au phénomène d'érosion. En effet, l'étude de répartition des pentes permet d'indiquer l'essentiel de l'espace où l'érosion est négligeable ou non négligeable soit très agressif. La situation d'Adjarra est semblable à celle des communes du plateau de Sakété-Pobè avec des zones d'érosion très importante. Les surfaces bâties sur des pentes fortes fortement exposées à l'érosion (40 % de l'espace du territoire) sont plus importantes que celles où l'érosion est moyenne et faible. Mais, la nature du relief et l'agressivité du climat ne sont pas les seuls éléments qui décrivent le processus d'érosion à Adjarra. L'homme aussi, par ses actions tels que les prélèvements des bois, de terre, le mode d'aménagement, la concentration de son habitat, a considérablement perturbé la dynamique du milieu naturel.

III-1-2. Déterminants humains de l'érosion pluviale à Adjarra

Diverses sources historiques montrent l'emprise humaine sur la commune. Cette emprise, alimentée durant les siècles par une histoire locale fortement agitée, a largement modifié les composantes du milieu naturel et contribué à la rupture de l'équilibre écologique [14]. Elle s'est traduite essentiellement par une dégradation quasi totale du couvert végétal et une extension de l'urbanisation ayant pour conséquences une accélération du cours de l'érosion. **Les Figures 4 et 5** présentent la dynamique démographique et le mode d'occupation de l'espace dans la Commune d'Adjarra.

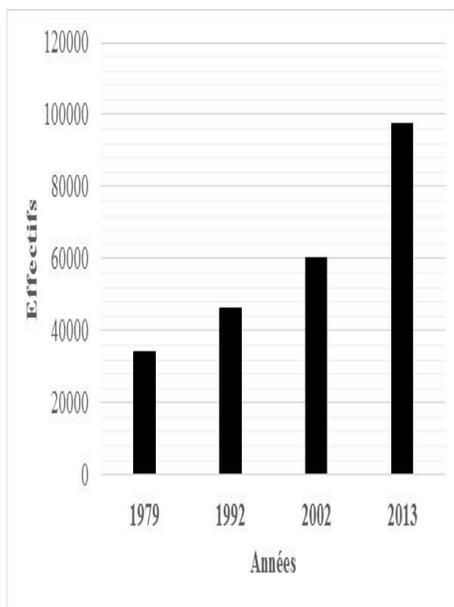


Figure 4 : Évolution démographique dans la commune d'Adjarra
 Source : Enquête de terrain, juillet 2017

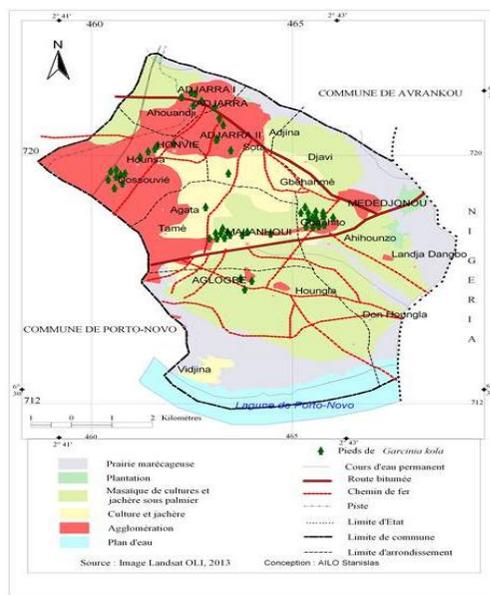


Figure 5 : Occupation des terres à Adjarra en 2014
 Source : Enquête de terrain, juillet 2017

Les données de la **Figure 4** montrent qu'entre 1979 et 2013, la population de la Commune d'Adjarra a presque quadruplé. En 1979, la Commune d'Adjarra comptait environ 34074 habitants. En 1992 ce chiffre est passé à 46427 habitants puis 60112 habitants en 2002 et en 2013, la population atteint 97424 habitants [18]. Depuis le début du 21^{ème} siècle la Commune est sujette à de profondes mutations dont les incidences sur les milieux sont énormes. L'altération du modèle d'organisation socio-spatiale traditionnel, basé sur la complémentarité des terroirs et l'exploitation collective des ressources, fut à l'origine d'un déséquilibre affectant les milieux plus précisément le territoire d'Adjarra. La poussée démographique, qui s'est accentuée ces derniers temps, a eu les mêmes effets. Les paysans furent obligés de pousser la ligne des cultures aussi loin que possible et surexploiter les terrains conquis au détriment des espaces boisés. L'utilisation actuelle des terres (**Figure 5**) reflète l'ampleur de l'emprise humaine. La **Figure 5** présente l'analyse de l'occupation du sol dans ladite commune. Il est démontré que la végétation de la Commune d'Adjarra subit une forte dégradation sous l'effet de l'urbanisation (40 % d'espace urbanisé) et de la pression démographique. Les habitations et les champs augmentent dangereusement de superficie (70 %) au détriment de la couverture végétale. Toutefois ce mode d'occupation ne demeure pas sans conséquence sur le cadre de vie. Par exemple, la dénudation des versants et la

mise en valeur des terrains fortement pentus a eu pour effet de libérer le potentiel érosif et d'accélérer les processus de dégradation. L'intensité des manifestations érosives dans ce milieu cause des dégâts effroyables et pose, par conséquent, des problèmes sociaux et vitaux par les nuisances qui lui sont associés.

III-2. Impacts de l'érosion hydrique sur les établissements humains à Adjarra

Les formes d'érosion hydrique prévalant dans la commune, sont l'érosion en nappe due à la battance des pluies sur les surfaces dégagées (cours des maisons, parties terrassées encore inexploitées, etc.), l'érosion en ravine due à l'énergie du ruissellement le long du versant, et l'érosion en masse due à la gravité sur la pente. Ces trois formes d'érosion entraînent d'importantes pertes de terre. En effet, les impacts de l'érosion pluviale sur les établissements humains à Adjarra se mesurent surtout par la dégradation poussée du réseau viaire, la dégradation des habitations et des édifices urbains.

III-2-1. Impacts de l'érosion pluviale sur le réseau viaire à Adjarra

La commune d'Adjarra est traversée par des routes Inter-Etat Bénin-Nigéria, de même que les quartiers sont reliés entre eux par les rues. Mais depuis ces dix (10) dernières années le réseau viaire de la commune subit les affres de l'érosion pluviale. Les **Tableaux 3 et 4** montrent l'état des rues et des routes dégradées dans le secteur d'étude.

Tableau 3 : Etat des rues dégradées dans les quartiers d'Adjarra

Localités	Rues non dégradées	Rues dégradées	Total
Adjarra 1	3	7	10
Adjarra 2	4	8	12
Aglogbè	2	3	5
Adjinan	2	6	8
Médédjonou	3	4	7
Total	14	28	42

Source : Enquête de terrain, juillet 2016

Tableau 4 : Etat des voies de communications reliant Adjarra aux localités environnantes

Localités	Voies dégradées	Voies moins dégradées	Voies non dégradées
Adjarra-Porto-Novo	3		
Adjara-Avonkrou	1		
Adjarra-Frontière Nigéria	1	1	
Adjarra-Sèmè-Kpodi	2		2
Total	7	1	2

Source : Enquête de terrain, juillet 2016

Les données issues de ces tableaux montrent que sur les 42 rues des quartiers et villages visités, 28 sont en mauvais état soit 65 % du total, 14 rues seulement sont en bon état (35 %). Quant aux voies de desserte urbaine et les pistes rurales, sur les 10 voies parcourues, 7 sont dans un état de dégradation très avancé, une (01) voie est moins dégradée et 2 voies sont en bon état. Les voies de la commune sont affectées par l'érosion pluviale dont l'état ne cesse de se dégrader en l'absence d'un système de drainage des eaux pluviales. Cette dégradation apparaît spectaculaire en raison de la diversité et de l'importance des empreintes. Il peut s'agir d'incisions de moindre importance pour la plupart, de petites rigoles qui sont présentes sur l'ensemble de la voirie et des ravines profondes qui affectent les voies de desserte urbaine et les rues de la ville (*Photos 1, 2, 3 et 4*).



Photo 1 : Voie bitumée dégradée devant la brigade territoriale d'Adjarra
Prise de vue : Koussinou, juillet 2016



Photo 2 : Rail érodé non loin de la brigade à Adjarra
Prise de vue : Koussinou, juillet 2016



Photo 3 : Ravine le long de piste de déserte rurale à Aglobè
Prise de vue : Soukossi, juillet 2016



Photo 4 : Rigole sur la piste de déserte rurale à Médédjonou
Prise de vue : Soukossi, juillet 2016

Les données des **Photos 1, 2, 3 et 4** présentent l'état du réseau viaire en dégradation. La photo 1 montre l'état de la dégradation de la Route Inter-Etat Porto-Novo-Adjarra-Avrancou-Igolo, remplie des nids de poule. La **Photo 2** présente par contre un rail en état de dégradation sous l'effet conjugué du ruissellement et de l'érosion. Les **Photos 3 et 4** indiquent des pistes rurales dégradées sous l'action de l'érosion par le ravinement et par les rigoles. Après une évaluation sommaire, il est estimé à environ 5,4 m³ en moyenne de volume terre enlevé chaque année au niveau des voies de desserte sous les effets de l'érosion pluviale dans la commune d'Adjarra.

III-2-2. Effets de l'érosion pluviale sur les habitations à Adjarra

L'installation des maisons sur les unités géomorphologiques les plus sensibles, est à l'origine de nombreux dégâts dus à l'érosion pluviale. En effet, la contiguïté des cases, le changement des toits en paille par des feuilles de tôles galvanisées, matériau plus résistant, favorise la dégradation du milieu. Les eaux de pluies, une fois récupérées deviennent beaucoup plus abrasives au sol que celles rejetées par des toits recouverts de paille. De plus, les auvents n'étant pas suffisamment larges, les eaux descendant des toits creusent de façon latérale le soubassement des habitations et de leurs dépendances. Le sapement apparaît ainsi comme le résultat de l'érosion en nappe. Il affecte presque toutes les maisons et clôtures de la Commune d'Adjarra, surtout celles situées dans les quartiers où sévissent les ravinements notamment, le secteur de de la brigade de la gendarmerie, les quartiers d'Adjarra II et ceux de Médédjonou comme l'indique les **Photos 5 et 6**.



Photo 5 : Déchaussement d'une fondation à Aglogbè
Prise de vue : Koussinou, juillet 2016



Photo 6 : Déchaussement d'une maison à Médédjonou
Prise de vue : Soukossi, juillet 2016

L'observation des **Photos 5 et 6** permet de dire à quel point le phénomène érosif a pris de l'ampleur dans le milieu d'étude. Pour quantifier la perte de terre due au phénomène des sapements Adjarra, il est choisi le déchaussement de la **Photo 6**, dont la date de construction est bien connue et qui est identifié à Médédjonou. Les mesures donnent :

- Age : 16 ans (2000-2016)
- Profondeur du déchaussement : 37, 5 cm

En appliquant, la formule de vitesse de sapement des soubassements des maisons, le résultat montre que la quantité des terres érodées autour de cette maison en moyenne est de l'ordre de 2,37 cm/an. Les valeurs de décapage vont de 1 à plus de 90 cm. Les plus faibles 1 à plus de 35 cm s'observent partout dans l'arrondissement urbain de la commune. Il en est de même des niveaux de décapage moyens et plus élevés, c'est-à-dire de 40 à plus de 90 cm, bien que ceux-ci semblent plus répandus dans le nord-ouest de la Route-Inter-Etat. Malgré les niveaux de décapage assez important enregistrés au pied des maisons, on observe que certains lots échappent à l'érosion. Il s'agit des lots non mis en valeur et de ceux qui bénéficient d'une mesure de protection ou d'un aménagement particulier.

III-2-3. Dégradation des édifices publics à Adjarra

Les édifices les plus touchés sont les poteaux et les câbles souterrains d'électricité, les bornes et les réseaux d'adductions d'eau, les fontaines publiques et les marchés (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Inventaire des édifices publics affectés par l'érosion pluviale à Adjarra

Quartiers	Poteaux électriques	Câbles électriques	Lignes d'adduction d'eau	Marchés	Total
Adjarra I	22	6	8	1	37
Adjarra II	14	3	13	0	30
Aglogbè	16	0	0	0	16
Adjinan	4	0	0	1	5
Honvi	8	0	0	0	8
Total	64	9	21	2	96

Source : Enquête de terrain, juillet 2017

Les données du **Tableau 5** indiquent que 70 % des poteaux électriques sont exposés à l'air libre sous l'effet de l'érosion pluviale. La dégradation est très prononcée à Adjarra I, Adjarra II et Aglogbè. Celle-ci se justifie par le fait que, ces quartiers sont situés sur la toposéquence du versant. Il faut noter également que, les marchés de la ville ne sont pas épargnés par les effets de

l'érosion pluviale : par exemple les soubassements des hangars du marché Adjarra II et Adjinan ont été également exposés au phénomène sapement par les eaux de ruissellement. Il ressort également de l'observation du **Tableau 5** que, le déchaussement très prononcée des câbles souterrains d'électricité et les bornes d'adduction d'eau potable sous l'emprise de l'érosion pluviale. Le phénomène est très remarqué à Adjarra I et Adjarra II bien que les câbles soient enterrés à 80 cm de profondeur, les eaux de ruissellement ont arraché les couches au-dessus pour les exposer à l'air libre. A cet effet, les populations environnantes sont exposées par exemple au risque de l'éclatement des tuyaux d'une part, ce qui peut entraîner la pénurie d'eau dans le secteur et d'autre part le risque de l'électrocution, ce qui entraîne dans la plupart des cas les pertes en vies humaines. Au regard de ces impacts, la population du secteur d'étude ne demeure pas inactive. Ainsi, un certain nombre d'initiatives ont été prises mais elles ont montré leurs limites.

III-3. Mesures de lutte antiérosive

L'inaction des autorités locales face au problème de la dégradation du territoire de la commune, a poussé les populations à s'organiser pour protéger les différentes infrastructures contre l'érosion pluviale. Ainsi, des actions, soit individuelles, soit collectives ont été menées afin de rendre l'environnement physique plus vivable. Pour protéger les habitations, les populations, victimes directes de l'érosion pluviale ont vite compris qu'elles ne peuvent que compter sur elles-mêmes. Ainsi, une multitude de techniques a été mise en place pour protéger les habitations à Adjarra. Pour maîtriser les eaux pluviales au niveau de chaque espace bâti, les populations ont aménagé des gouttières autour des toitures afin de recueillir les eaux pluviales qui tombent. Mais le problème demeure entier si les gouttières déversent les eaux plus proches des fondations d'où la nécessité de les connecter avec une citerne soit par une fosse de collecte. Le rôle de la fosse ou de la citerne est de recueillir les eaux en vue de les empêcher d'aller alimenter le ruissellement.

L'eau stockée peut être réutilisée pour arroser les jardins ou jardins de case et même pour l'alimentation domestique. Mais les contraintes liées à cette technique sont d'ordre logistique en raison du faible niveau de revenu des ménages. Quant à la construction des terrasses, elle permet de renforcer la base des clôtures des maisons pour lutter contre le déchaussement, par l'utilisation de terre de barre ou de la maçonnerie (**Photo 7**). Certaines rues, à force de s'éroder, se sont retrouvées à des positions topographiques très basses par rapport au sol des concessions. Ailleurs, ce sont les ravines qui rendent difficiles l'accès aux concessions. Pour pallier ces difficultés, certaines personnes construisent des marches ou des terrasses (**Photo 8**) inclinées au seuil de leurs concessions. Sous ces terrasses, il est parfois prévu des canalisations pour faciliter le ruissellement. A ces aménagements de protection des habitations s'ajoutent quelques réalisations pour la protection des voies de communication.



Photo 7 : Terrasse en maçonnerie à Adjarra 2
Prise de vue : Koussinou, juillet 2016

Photo 8 : Ouvrage de franchissement à Adjinan
Prise de vue : Koussinou, juillet 2016

L'examen de ces photos a montré combien de fois les terrasses et les ouvrages de franchissement sont indispensables dans la lutte contre l'érosion pluviale.

IV - DISCUSSION

Cette recherche a permis de mettre en évidence la relation entre l'érosion pluviale et la dégradation des établissements humains dans la commune d'Adjarra. Les résultats ont montré que les précipitations, les systèmes de pente de même que la nature du sol sont les facteurs déterminants de l'érosion pluviale dans le secteur d'étude. Il est révélé que l'érosion pluviale est très active pendant la grande et la petite saison pluvieuse plus précisément les mois de mai à juillet pour la première saison et le mois d'octobre pour la seconde saison. Ainsi, la grande saison pluvieuse mobilise les 60 % des totaux pluviométriques et 20 % du total pour la petite saison. Ce résultat est presque similaire avec ceux obtenus par, [3, 11, 12, 15 - 17, 19], sur le rôle primordial des précipitations dans le processus du déclenchement de l'érosion pluviale. En effet, l'étude de l'érosion pluviale ne peut s'appréhender, sans une connaissance des enjeux humains constituant les éléments d'endommagement [5]. A Adjarra le mode d'occupation spatiale est cité également comment facteur déterminant de l'érosion pluviale. La dynamique démographique (de 34074 habitants en 1979, pour atteindre 97424 habitants en 2013), la population d'Adjarra a doublé en 34 ans. Cette évolution n'est pas sans conséquence. Parmi les conséquences, on peut citer par exemple l'occupation des bas-fonds, des versants et les rebords du plateau ce qui favorise naturellement le ruissellement et l'érosion par le biais des surfaces non filtrantes. Cette

hypothèse est confirmée par les travaux de [14, 15, 18] qui ont montré que la concentration humaine sur une surface dépourvue du système de protection contre les aléas naturels est exposée dangereusement au phénomène de l'érodibilité des terres. En ce qui concerne les impacts, il est démontré que la commune a enregistré en moyenne 2, 57 cm/an des quantités des terres perdues, et aussi en termes de vitesse de sapement des fondations des maisons. Ce résultat est similaire avec ceux de [17] à la nuance près ces derniers ont plus travaillé sur les arrondissements urbains de la Commune. Ainsi, ils ont obtenu 2,37 cm/an en termes de déchaussement des fondations, 0,89 cm/an pour le déchaussement des rails et 3,33 cm/an pour le déchaussement des poteaux électriques. Ces résultats montrent à tels point que la commune est très vulnérable au phénomène de l'érosion pluviale.

V - CONCLUSION

En définitive cette recherche permet de confirmer que l'érosion pluviale est responsable de dégradation des établissements humains dans la commune d'Adjarra. L'érosion pluviale est engendrée par les précipitations (environ 1200 mm), la topographie (pentes de 0 à 5 %), la dynamique démographique (97424 habitants en 2013 et une densité de plus 800 habitants / km²), etc. Ces différents éléments du milieu naturel sont les facteurs amplificateurs de l'érosion pluviale dans la commune d'Adjarra. A Adjarra, l'érosion pluviale a causé la dégradation des voies de communication (28 rues dégradées sur 42 et 7 pistes rurales ravinées sur 10), le déchaussement des habitations et la dégradation des édifices publics. Toutefois, les populations et les autorités locales ne demeurent pas inactives. Ainsi, des mesures telles que la construction des gouttières autour des toitures, les fosses pour recueillir les eaux de ruissellement et les terrasses sont construites pour protéger les infrastructures de la Commune. Cette étude est un cliché de la situation des problèmes de risque naturel dans le secteur d'étude. C'est un apport à l'édification des élus locaux sur ce problème de risque et catastrophe naturelle. Elle est aussi un instrument de prise de décision pour les autorités locales surtout en matière des questions de lotissement, le plan de développement local et le schéma d'aménagement communal.

RÉFÉRENCES

- [1] - S. ADAM et M. BOKO, *Le Bénin*, Editions du Flamboyant, Cotonou, (1993), 93 p.
- [2] - H. AALDERS, *Mesures d'érosion sur << Terre de Barre >> dans le sud du Bénin*, CENAP, (1977) 46 p.
- [3] - F. AFOUDA, *L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine*, Thèse de Doctorat nouveau régime, Paris IV sorbonne, (1990) 520 p.
- [4] - S. AILO, *Caractérisation morphologique, structurale et importance socioéconomique des populations de Garcinia Kola Heckel dans la commune d'ADjarra*. Mémoire de Maîtrise en Géographie, DGAT-FSHS-UAC, (2017) 80 p.
- [5] - D. ALLA-DELLA, « *Risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire)* », thèse de doctorat d'Etat ès-Sciences Humaines, Université Félix Houphouët-Boigny, (2013) 327 p + annexes.
- [6] - M. AMAL, L. NOUR-EDDINE, S. ABDERRAHMANE et F.FNIGUIRE, « *Quantification et évaluation de l'érosion hydrique en utilisant le modèle RUSLE et déposition intégrés dans un SIG. Application dans le bassin versant NFIS dans le haut Atlas de Marrakech (Maroc)* » *European Scientific Journal* edition, Vol. 11, N° 29, (2015) 340 - 356 p.
- [7] - A. AZONTONDE, *Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin*, *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, Vol. XXVIII, N° 2 (1993) 217 - 226 16 p.
- [8] - K. BEN HAMMAN LECH-HAB, A. RAISSOUNI et A. EL ARRIM, « *Cartographie Quantitative du Risque d'Erosion des Sols par Approche SIG/USLE au Niveau du Bassin Versant Kalaya (Maroc Nord Occidental)* », *J. Mater. Environ. Sci.*, 7 (8) (2016) 2778 - 2795 p.
- [9] - E. BERGSMA, P. CHARMAN, F. GIBBONS, H. HURNI, W. C. MOLDENHOUSER et S. PANICHAPONG, « *Terminology for soil erosion and conservation* ». ISSS, Wageningen, (1996) 76 p.
- [10] - K. M. BOUGHALEM, « *Impact des systèmes de gestion sur la vulnérabilité des sols à l'érosion ; cas du bassin versant de l'Isser-Tlemcen (Algérie)* », Thèse de Doctorat en Sciences Forestières de l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, (2013) 215 p.
- [11] - M. BOKO, *Climat et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythme de développement*, Thèse d'Etat ès lettre en Géographie, Dijon, (1988) 607 p.

- [12] - E. BOKONON-GANTA, *Les climats de la région du Golfe du Bénin*. Thèse de Doctorat du 3ème cycle. Institut de Géographie, Université de Paris-Sorbonne, Paris, (1987) 248 p.
- [13] - C. BOUVIER, *Analyse et Modélisation des écoulements du milieu urbain Africain*, Edition de ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris, (1990) 343 p.
- [14] - C. G. ETENE, *Erosion pluviale dans une ville de l'Afrique tropicale humide et ses implications sociales et environnementales : cas de Bangui (RCA)*, thèse de doctorat unique EDP-FLASH-UAC, (2010) 232 p.
- [15] - G. R. HOUNDAKINNOU, *Fréquence des événements pluvieux extrêmes et impacts environnementaux dans la ville de Cotonou*. Mémoire de DEA / EDP/ FLASH/ UAC, (2006) 60 p.
- [16] - C. HOUNDENOU, *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide, diagnostic et modélisation*. Thèse de doctorat Unique, UMR 50 80 du CNRS, climatologie de l'espace tropicale, (1999) 341 p.
- [17] - M. D. E. KOUSSINOU et S. S. R. SOUKOSSI, *Erosion pluviale et Dégradation des établissements humains à Adjarra*. Mémoire de Licence en Géographie, DGAT-FSHS-UAC, (2016) 66 p.
- [18] - INSAE, *Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Benin*, RGPH, (2013) 33 p.
- [19] - INSTITUT FRANCAIS DE L'ENVIRONNEMENT,). *Érosion des sols, un phénomène à surveiller*. [Enligne]. [http://www.ifen.fr/publications/le-catalogue-des-publications/\(2005\) 4 pages/2005/](http://www.ifen.fr/publications/le-catalogue-des-publications/(2005)4pages/2005/)
- [20] - E. KEKE, *L'érosion pluviale en milieu urbain : Cas de la commune d'Abomey-Calavi. Aspects, Impacts et moyens de lutte*, Mémoire de maîtrise de géographie/FLASH-UNB, (2002) 83 p.
- [21] - S. R. RATSIVALAKA, *Les conditions socio-économiques de la lutte anti érosive à Madagascar. Actes des JSIRAUF, Hanoi*, (2007) 6 p.
- [22] - Y. SOUADI, *L'érosion hydrique au Maghreb étude d'un cas : Le bassin versant de l'Oued Barbara (Tunisie Septentrionale)*. Mémoire de Géographie, Université du Québec à Montréal, (2011) 143 p.
- [23] - (UN) UNITED NATIONS, *Global environment outlook GEO-3*. [En ligne]. <http://www.unep.org/geo/ge03/french/index.htm>. Page consultée le 20 Janvier 2009.