



AGRESSIVITE DES PLUIES ET EFFET EROSIF DANS LE BASSIN VERSANT DE LA SOTA AU BENIN

¹Abraham A. AYENA, ²Henri S.V. TOTIN, ³Expédit W. VISSIN

¹Département de Géographie et Aménagement du Territoire ; Université d'Abomey-Calavi, Bénin ; B.P. 526 Cotonou, Bénin¹, Laboratoire Pierre PAGNEY "Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement" ; 03 BP 1122, Cotonou, Bénin², Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, Bénin ; B.P. 123 Parakou, Bénin³
ayenabrah@gmail.com, exlaure@gmail.com¹, sourouhenri@yahoo.fr³

RESUME

La variation des précipitations et l'existence de séquences pluvieuses influent sur le rythme de l'érosion hydrique dans le bassin versant de la Sota. La présente étude s'intéresse à l'agressivité des pluies et leur effet érosif dans ce secteur. Les données pluviométriques sur la période 1971-2015 ont été utilisées pour déterminer l'indice d'agressivité des pluies et le coefficient d ruissellement. Ces données sont complétées par celles des enquêtes de terrain afin d'apprécier les implications socio-environnementales qui en résultent. Les résultats montrent que dans le bassin-versant de la Sota les précipitations deviennent agressives lorsque l'indice de Fourier atteint un seuil de 35,7 en moyenne. Dans les différentes stations du bassin, Malanville (89,07), Ségbana (82,9) et Banikoara (82,2) se révèlent plus sujettes à l'agressivité climatique. Cette érosivité des pluies se manifeste le plus durant le mois d'août qui enregistre une forte pluviosité dans l'ensemble du bassin. Les conséquences socio-environnementales observées vont de la déstructuration du sol à la diminution des rendements agricoles.

Mots clés : Rivière Sota, agressivité climatique, érosion, implications socio-environnementales.

ABSTRACT

Rainfall variation and the existence of rainfall sequences influence the rate of water erosion in the Sota watershed. This study focuses on the aggressiveness of rainfall and its erosive effect in this area. Rainfall data over the period 1971-2015 were used to determine the rain aggressiveness index and the runoff coefficient. These data are supplemented by field survey data in order to assess the resulting socio-environmental implications. The results show that in the Sota catchment area rainfall becomes aggressive when the Fourier index reaches a threshold of 35.7 on average. In the different stations of the basin, Malanville (89.07), Ségbana (82.9) and Banikoara (82.2) prove to be more prone to climatic aggressiveness. This erosive rainfall is most evident during the month of August, which records high rainfall throughout the basin. The observed socio-environmental consequences range from soil destructuring to reduced agricultural yields.

Keywords : Sota River, climatic aggressiveness, erosion, socio-environmental implications.

INTRODUCTION

Dans la région soudano-sahélienne de l'Afrique, la majorité des parcelles cultivées le plus souvent sans sécurité foncière et sur forte pente, est peu protégée des effets dévastateurs des pluies les plus agressives ; et ceci, compte tenu de l'extrême nécessité de générer des revenus complémentaires pour répondre aux besoins des

millions de petites exploitations familiales, (Rooseet *al.*, 2012). La forte pression anthropique, exercée sur les ressources en sol et la végétation ligneuse, combinée à la dégradation climatique et aux sécheresses récurrentes du Sahel ont eu des conséquences sur la remobilisation des particules de terre arrachée à la fois par les érosions hydrique et éolienne (Abdourhamane, 2011). Cette dynamique érosive représente une menace sérieuse pour les terres agricoles (Bkhairi, 2012). Au Bénin, les évolutions des surfaces agricoles de ces dernières années ont fortement modifié les paysages des territoires du bassin-versant de la Sota dont l'homogénéisation de l'occupation du sol (Vissin, 2007), l'équilibre des écosystèmes naturels (Amoussouet *al.*, 2016) ou encore la stabilité des parcours naturels (Zakari, 2015). Aujourd'hui, l'impact de ces évolutions se manifeste notamment par la présence de ruissellements superficiels plus importants (Amoussouet *al.*, 2016 ; Ayénaet *al.*, 2017), de dépôts de sédiments intra-cuvette (Ibouraïma, 2005) et du comblement du cours d'eau (Ayénaet *al.*, 2018). Pour Agbomahénan (2016), ces actions sont souvent perceptibles sur différentes facettes topographiques depuis les hauts de versants jusqu'aux bas-fonds. L'objectif de cette étude est d'analyser le potentiel érosif des fortes pluies dans le bassin versant de la Sota.

Le bassin versant de la Sota est le principal affluent du fleuve Niger au Bénin. Il est situé au Nord-Est du Bénin et est localisé entre 9°54' et 11°55' de latitude nord et entre 3°33' et 3°46' de longitude est (Fig. 1). Sa superficie couvre 13410 km², soit 11 % de celle du Bénin et regroupe les sous bassins versants de la Sota à Gbassè (8300 km²) et de la Sota à Coubéri (13410 Km²). Le bassin de la Sota s'étend sur deux formations géologiques : les formations du socle et des grès sédimentaires de Kandi (Le Barbé *et al.*, 1993 ; Vissin, 2007). Les sols reposant sur ces formations, résultent essentiellement de processus de ferralitisation et de ferruginisation. De fait, trois types de remaniement s'observent : le lessivage, l'érosion et l'induration (Le Barbé *et al.*, 1993).

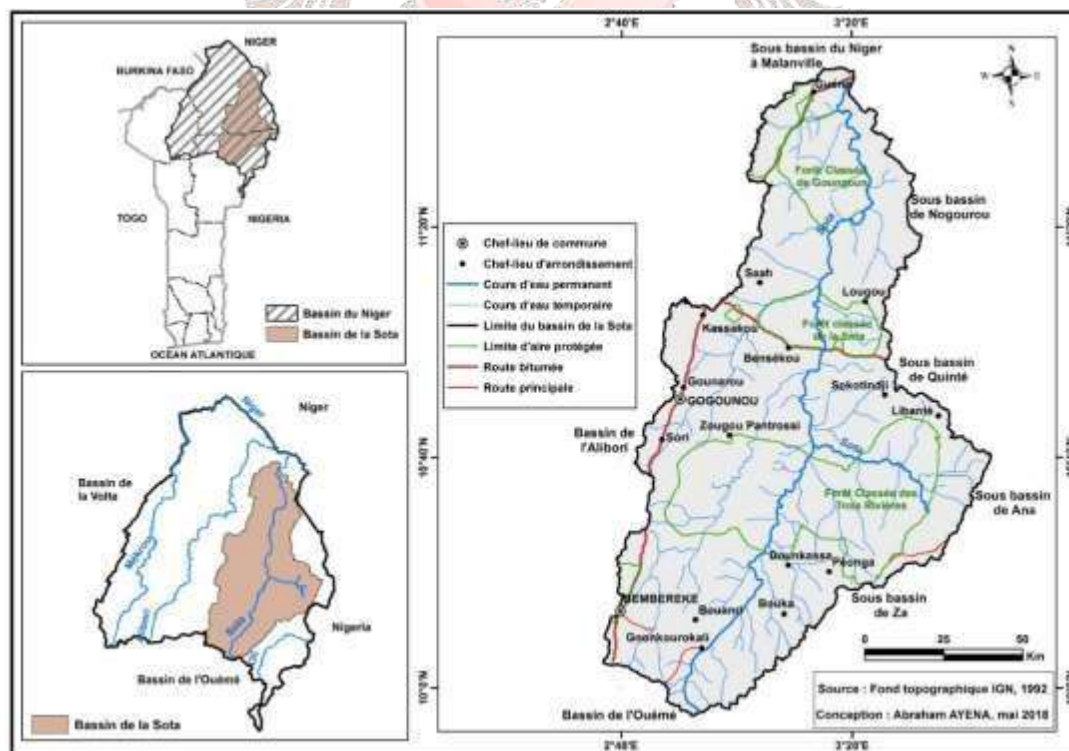


Fig. 1. Localisation du bassin versant de la Sota

DONNEES ET METHODE

Les hauteurs de pluies enregistrées dans neuf stations et postes pluviométriques dont une station synoptique (Kandi), sont essentiellement les données climatologiques utilisées pour cette étude. Cette variable est exploitée sur la chronique 1971 – 2015 aux échelles mensuelle et annuelle. Elle a été obtenue à la Direction Nationale de la Météorologie et a servi à estimer l'indice d'agressivité des pluies dans le bassin versant de la Sota ; à partir de la formule de Fournier (1960) utilisée par Amoussou (2010) dans le bassin du Mono, Eténé (2010) dans la ville de Bangui en Centrafrique, Ezemonye and Emeribe (2012) au Sud-est du Nigéria, Agbomahènan (2016) dans la basse vallée de l'Ouémé, et Ayéna *et al.* (2018) dans la vallée du Niger au Bénin. Cette formule, qui ne prend en compte que la pluviométrie du mois le plus arrosé, se présente comme suit :

$$If = P^2/p$$

Avec If , indice d'agressivité des pluies ; P , la pluviométrie mensuelle la plus élevée et p , la moyenne pluviométrique annuelle.

Le coefficient de ruissellement (Cr) a été aussi déterminé pour évaluer la capacité du bassin-versant de la Sota à ruisseler l'eau précipitée en fonction uniquement de la couverture du sol. Sa formule est :

$$Cr = \frac{\text{Hauteur d'eau ruisselée (mm)}}{\text{Hauteur d'eau précipitée (mm)}}$$

Par ailleurs, les observations et les enquêtes de terrain effectuées auprès d'un échantillon de 166 ménages agricoles constitués d'agriculteurs, d'exploitants forestiers et d'éleveurs, ont aidé à apprécier les effets érosifs des fortes pluies en milieu réel.

RESULTATS ET DISCUSSION

Manifestations de l'agressivité des pluies dans le bassin versant de la Sota

L'agressivité des pluies se manifeste par l'action consécutive des gouttes de pluie et du ruissellement qui sont les principaux déterminants de l'érosion hydrique.

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie. Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément qu'il est meuble et que sa porosité est élevée. Cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules et d'un tassement du sol. Le ruissellement agit par la suite sur le sol par des actions de détachement et de transport lorsque les eaux de pluies ne peuvent pas être absorbées. Ainsi, il suffit de quelques pluies d'intensités moyennes à fortes pour déclencher le phénomène d'érosion. Cette agressivité climatique dans le bassin de la Sota diffère d'une année à une autre et d'un mois à un autre (Fig. 2).

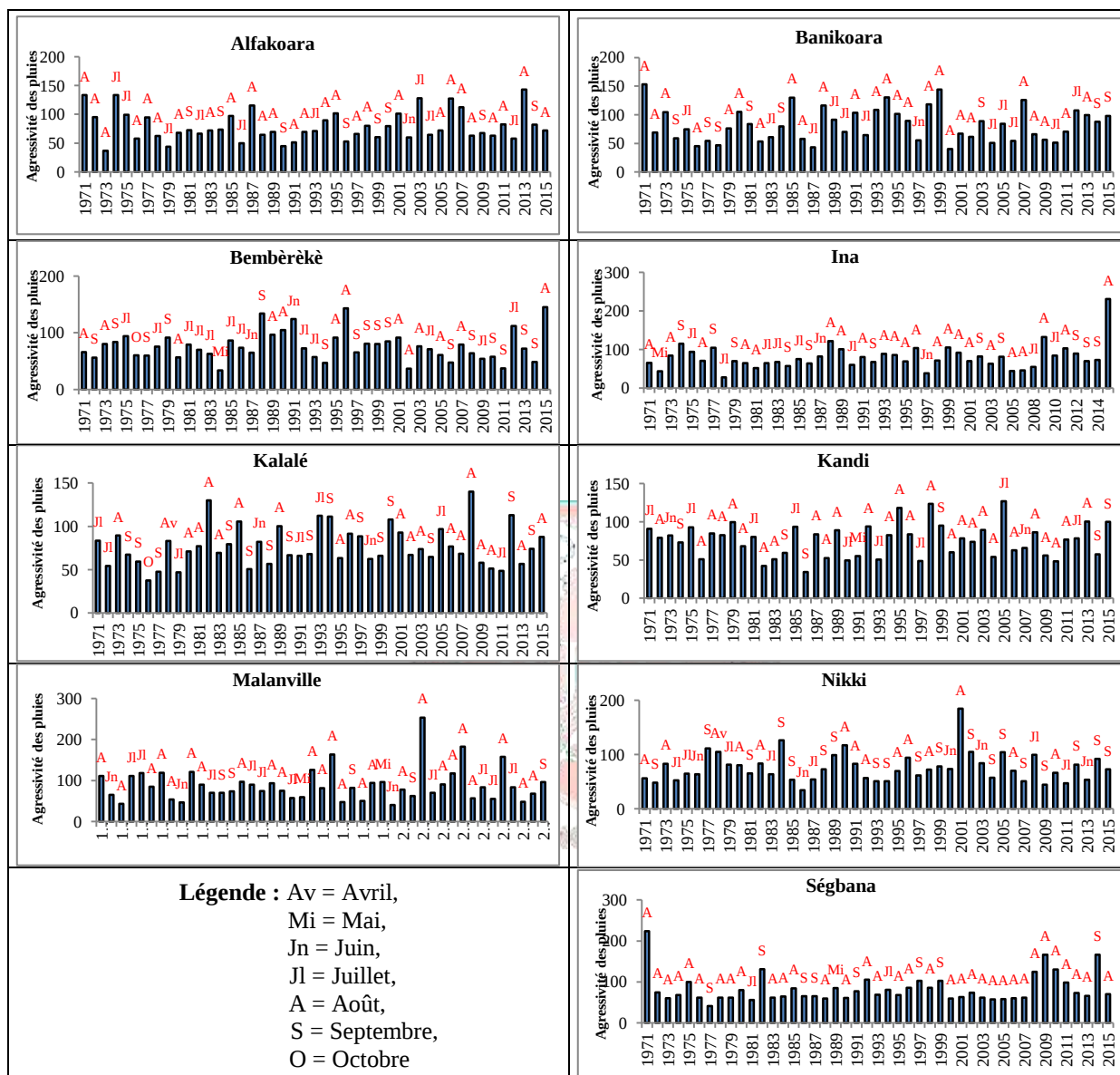


Fig. 2. Evolution de l'agressivité des pluies dans le bassin de la Sota
Source des données : ASECNA, 2015

L'érosion commence dans le bassin de la Sota lorsque l'indice d'agressivité de Fourier atteint 35,7 en moyenne. Dans les différentes stations du bassin, Malanville (89,07), Ségbana (82,9) et Banikoara (82,2) se révèlent plus sujettes à l'agressivité climatique. Cette agressivité est plus prononcée durant les mois de juillet, août, septembre et octobre au cours desquels les indices sont plus élevés (Fig. 3).

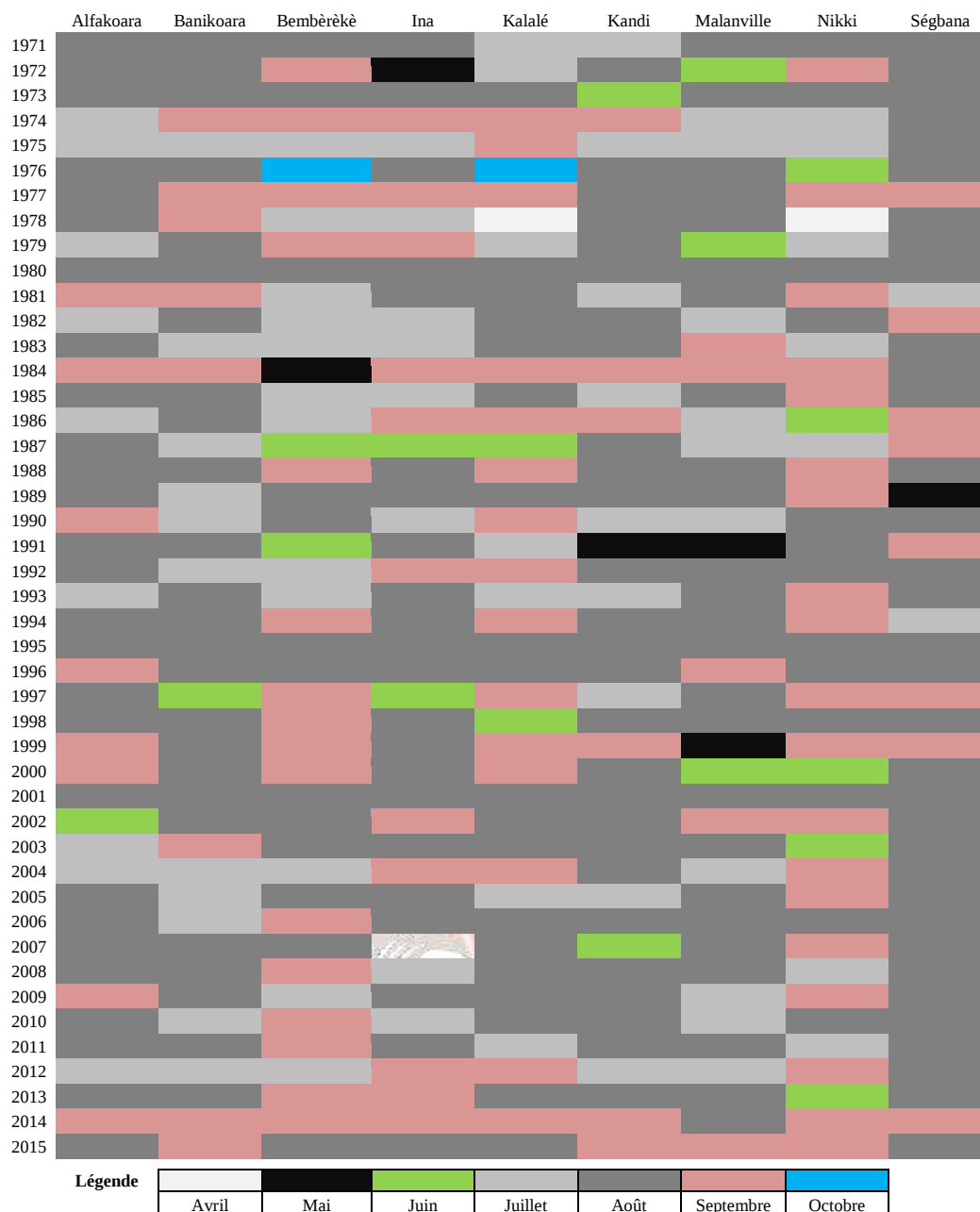


Fig.3. Maillage de l'agressivité climatique mensuelle dans le bassin de la Sota

Le mois d'août enregistre les plus fortes valeurs comparativement aux autres mois de l'année (janvier, février, mars, novembre et décembre), où souvent l'érosion est faible ou quasi nulle. Ce n'est donc pas la pluie exceptionnelle qui détermine le niveau de l'érosion comme on pouvait le penser, mais la somme des dix ou vingt plus fortes pluies de l'année. De ce fait, plus les précipitations sont importantes, plus leur impact sur l'érosion des sols augmente. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Etené (2010), Agbomahènan (2016) et Ayénaet *al.* (2018) qui estiment que l'augmentation des précipitations contribue à une augmentation des processus érosifs. Le taux significatif de dénudation par an (2,16 %) dans le bassin est assez évocateur. Toutefois, selon Le-Breton (2005), même la baisse de la pluviométrie conjuguée à l'action des sociétés provoque une augmentation de la charge sédimentaire des réseaux hydrographiques par le ruissellement. La variation des lames d'eau ruisselée est analysée à travers la Fig. 4.

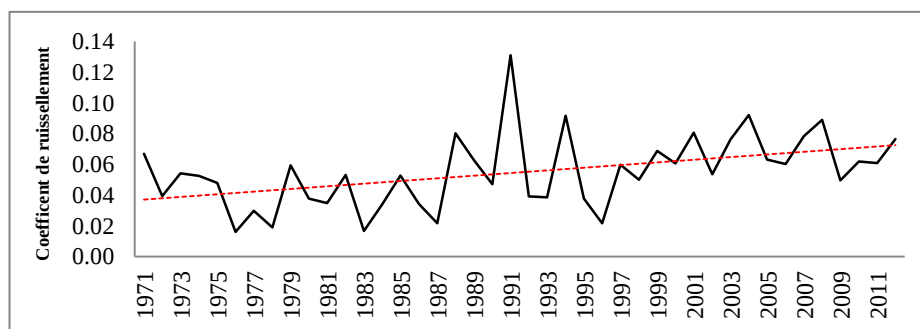


Fig. 4. Variation interannuelle du ruissellement dans le bassin de la Sota à Coubéri
Source des données : ASECNA et DG-Eau, 2015

Le coefficient de ruissellement a globalement connu une tendance à la hausse avec une variation de la linéarité de 0,02 % à 0,08 % de 1976 à 2012. La plus importante quantité d'eau écoulée est enregistrée en 1991 avec 0,13 %. Cette augmentation des coefficients de ruissellement engendre selon Le-Breton (2015), obligatoirement une augmentation des débits solides. Cette prise en charge sédimentaire se traduit au niveau du paysage par une emprise accrue des réseaux de ravines (Le-Breton, 2015). Ainsi, la quantité importante d'eau ruisselée est nécessaire pour déplacer les grosses particules de sable et gravier vers le lit de la rivière Sota en raison du système de pentes qui favorise le ruissellement des eaux pluviales et par suite l'érosion du sol. Le phénomène de ruissellement est surtout accéléré avec les déboisements des bassins, les défrichements des berges des cours d'eau et accentue le caractère érosif des premières crues (Sintondjiet *al.*, 2013). Néanmoins, l'action érosive des précipitations dépend davantage de l'agressivité des pluies que du volume total précipité (Lava *et al.*, 2012).

Implications environnementales et socio-économiques de l'agressivité des pluies

Dans le bassin versant de la Sota, les dommages existants (ou prévisibles) causés par l'agressivité des pluies sur les plans socioéconomique et environnemental sont assez remarquables. Ils dépendent pour la plupart des enjeux locaux liés spécifiquement à la protection des sols, des eaux de surface ou de certains biens matériels (infrastructures par exemple).

Dans les parcelles de culture, les dégâts essentiellement supportés par les agriculteurs sont surtout liés au transfert de sol au sein même de la parcelle. Ils se traduisent par l'arrachement de plants, la destruction de semis par ravinement ou le recouvrement de semis en bas de parcelle. Les ravinements, qui créent un obstacle pour les opérations culturales, obligent à travailler les parcelles en morceaux. Ils augmentent ainsi les temps de travail et les coûts de production, du fait des remises en état nécessaires. L'économie en eau du sol peut être perturbée par la diminution de la réserve utile (lorsque l'épaisseur du sol diminue), mais également par l'imperméabilisation superficielle due à la formation d'une croûte de battance. Le ruissellement accru entraîne des pertes d'engrais et de produits de traitement. De même, l'ablation sélective des éléments fins et des matières organiques augmente la sensibilité à la dégradation de la structure du sol (réduction de la porosité, mise à nu de couches inférieures de sol,...). Ce qui rendra davantage le sol pauvre et conduira à plus long terme, à la perte de productivité.

Outre les dégâts bien visibles concernant les espaces cultivés, les conséquences de l'agressivité des pluies sont beaucoup plus alarmantes en aval. Dans un premier temps, le sol érodé, déposé au bas des pentes, empêche ou retarde la germination, enterre les jeunes pousses et oblige à ressemer les zones dégarnies. De plus, des sédiments peuvent s'accumuler au bas des pentes et contribuer à la détérioration des ouvrages déjà confrontés au manque d'entretien. Dans un second temps, les inondations dues aux eaux de ruissellement par suite de la

réduction de la capacité d'infiltration des sols dégradés, peuvent subvenir comme c'est souvent le cas lors des saisons pluvieuses dans le secteur d'étude. Les sédiments qui atteignent la rivière peuvent accélérer l'érosion des berges, ensabler les fossés de drainage et le cours d'eau, envaser le lit, endommager l'habitat des poissons et dégrader la qualité de l'eau. Les pesticides et engrais, souvent emportés avec les particules de sol, contaminent ou polluent la source d'eau. Aussi, l'apport important de sédiments dans les eaux de ruissellement peut inclure des éléments azotés et phosphatés ou même des métaux lourds qui participent l'eutrophisation.

La photo1 présente quelques dommages causés par l'érosion dans le bassin de la Sota.



Photo 1. Quelques impacts de l'érosion dans le bassin de la Sota
Source. A. Ayéna, 2018

CONCLUSION

Le bassin versant de la Sota est sujet chaque année à des précipitations intenses. L'influence de ces précipitations sur l'environnement naturel s'observe durant les saisons pluvieuses notamment dans le mois d'août où le ruissellement s'accélère et arrache de nombreuses particules de terres déjà fragilisées par les activités humaines. Les conséquences enregistrées sont perceptibles aussi bien sur le plan social que sur le plan économique. Du fait de la gravité de certaines des répercussions de l'agressivité des pluies, la pollution diffuse de source agricole est un point important à considérer dans les études ultérieures pour mieux apprécier l'étendue des impacts.

REFERENCES

1. Abdourhamane T.A. (2011). Érosion en milieu sableux cultivé au Niger. Dynamique actuelle et récente en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 224p.
2. Agbomahènan S. (2016). Érosion hydrique et dynamique des états de surface dans la Basse Vallée de l'Ouémé. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 247 p.
3. Amoussou E., TotinVodounon S.H., Hogni A., Vissin E.W., Houndenou C, Mahe G., Boko M. (2016). Changements environnementaux et vulnérabilité des écosystèmes dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(5), 2183-2201.
4. Amoussou E. (2010). Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 313 p.
5. Ayéna A.A., TotinVodounon S.H., Amoussou E., Vissin E.W. (2018). Rythme pluviohydrologique et morphodynamique de la vallée du Niger au Bénin. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, **20**(4), 183-199.
6. Ayéna A.A., TotinVodounon S.H., Amoussou E., Vissin E.W. (2017). Impact de la dynamique de l'occupation du sol sur les berges dans la vallée du fleuve Niger au Bénin. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, **29**, 119-135.

7. Bkhairi A. (2012). Suffosion et érosion hydrique en milieux semi-arides, le cas des Hautes Steppes tunisiennes (Tunisie centrale). *Physio-Géo*, 6, 1-22.
8. Eténé C.G. (2010). Érosion pluviale dans une ville de l'Afrique tropicale humide et ses implications sociales et environnementales : cas de Bangui (RCA). Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 232 p.
9. Ezemonyé M.N. and Eméribé C.N. (2012). Rainfall erosivity in southeastern Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management EJESM*, 5(2), 112-122.
10. Laval M., Ferry L., Coulibaly N., Martin D., Muther N., Mietton M. (2012). Évaluation et analyse de la dynamique sédimentaire dans le barrage-réservoir de Sélingué (Mali). *Revue de Géographie de Ouagadougou*, 45-68.
11. Le-Breton, E. (2005). Ensablement des bas-fonds sahélien : étude des transferts sédimentaires au fleuve Niger dans le secteur moyen Niger – Mali ; Niger ; Bénin. *Master Thesis in Geomorphology, Paris 7-Denis-Diderot University, Paris, France*.
12. Le Barbé, *etal.* (1993). Les ressources en eau superficielle de la république du Bénin. Rapport d'étude. Ex-DGH/MMEH, *Editions ORSTOM*, 540 p.
13. Roose E., Duchaufour H. et De Noni G. (2012). Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles. *IRD Editions, Marseille*, 2012.
14. Sintondji L., Agbossou E., Degnissode B. (2013). Dynamique de dégradation des forêts-galeries et comblement du cours d'eau Agbado dans le département des Collines au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(4), 1555-1567.
15. Vissin E.W. (2007). Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 267 p.
16. Zakari S. (2015). Vulnérabilité des parcours naturels aux changements climatiques dans le bassin de la Sota a l'exutoire de Couberi (Bénin). Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, 203 p.