

DOI: <https://doi.org/10.61841/5qh92j92>Publication URL: <https://jarfaes.com/index.php/faes/article/view/13>

# FACTEURS NATURELS DE L'ÉROSION HYDRIQUE AU QUARTIER NGEZI, VILLE DE BUNIA-RDC

<sup>1</sup>UNG'OM Uringtho Justin

<sup>1</sup>Assistant à l'Institut Supérieur Pédagogique de Mahagi

**Corresponding Author :**

**To Cite This Article :** FACTEURS NATURELS DE L'ÉROSION HYDRIQUE AU QUARTIER NGEZI, VILLE DE BUNIA-RDC (U. U. Justin, Trans.). (2026). Journal of Advance Research in Food, Agriculture and Environmental Science (ISSN 2208-2417), 12(1), 25-30. <https://doi.org/10.61841/5qh92j92>

---

## RESUME

*Cette étude analyse les déterminants naturels de l'érosion hydrique au quartier Ngezi, dans la ville de Bunia, en République Démocratique du Congo. S'appuyant sur une démarche analytique intégrée incluant des relevés topométriques et pédologiques sur 20 sites érodés, la recherche examine l'interaction entre les paramètres climatiques, la configuration du relief, la nature du sol et l'état du couvert végétal. L'objectif est de caractériser la dynamique géomorphologique locale afin de proposer des bases diagnostiques pour une gestion urbaine durable.*

*Les résultats révèlent que l'agressivité climatique, marquée par une pluviométrie annuelle de 1.555 mm, constitue le moteur énergétique du ruissellement. Cette pression est exacerbée par une topographie accidentée, où 85 % des foyers érosifs se situent sur des pentes fortes à très fortes. L'analyse pédologique souligne la vulnérabilité des substrats argilo-sableux (95 % des cas), dont la faible cohésion structurale favorise le détachement particulaire. Enfin, la dénudation anthropique des sols, avec une absence de végétation sur 70 % des sites, neutralise toute résistance mécanique. En conclusion, la synergie entre ces facteurs naturels et la pression humaine valide les hypothèses de recherche et impose une intervention urgente mêlant ingénierie biologique et civile.*

**MOTS-CLES :** *Erosion hydrique, Bunia, Géomorphologie, Climat tropical, Pédologie, Gestion environnementale.*

## ABSTRACT

*This study examines the natural determinants of water erosion in the Ngezi neighborhood, located in Bunia, Democratic Republic of Congo. Utilizing an integrated analytical approach that includes topographic and pedological surveys across 20 eroded sites, the research investigates the interaction between climatic parameters, terrain configuration, soil composition, and vegetation cover. The primary objective is to characterize local geomorphological dynamics to provide diagnostic foundations for sustainable urban management.*

*Findings reveal that climatic aggressiveness, characterized by an annual rainfall of 1,555 mm, serves as the energy driver for runoff. This pressure is exacerbated by a rugged topography, where 85% of erosive sites are located on steep to very steep slopes. Pedological analysis highlights the vulnerability of sandy-clay substrates (found in 95% of cases), whose low structural cohesion facilitates particle detachment. Furthermore, anthropogenic soil denudation, with an absence of vegetation in 70% of the sites, neutralizes mechanical resistance. In conclusion, the synergy between these natural factors and human pressure validates the research hypotheses, necessitating urgent intervention through both biological and civil engineering.*

**KEYWORDS:** *Water erosion, Bunia, Geomorphology, Tropical climate, Pedology, Environmental management.*

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le contexte environnemental contemporain, marqué par une variabilité climatique croissante, exerce une pression sans précédent sur les ressources édaphiques et hydriques mondiales (George, 2015). Dans ce dynamisme global, la genèse du ruissellement est intrinsèquement liée à la quantité et à la distribution temporelle des précipitations (Mwana-Punda, 1985). Les processus d'érosion hydrique se déclenchent dès lors que la capacité d'infiltrabilité du sol est surpassée par l'intensité pluviométrique — ruissellement de type hortonien — ou lorsque la saturation de la nappe affleurante empêche toute absorption supplémentaire, entraînant l'entraînement des particules de terre par les eaux de surface (Le Bissonnais et al., 2002). Ces mécanismes complexes résultent d'une interaction multifactorielle stabilisée par un consensus scientifique autour de quatre variables pivots : les propriétés intrinsèques du sol, la nature de l'occupation du sol, la configuration topographique et les paramètres climatiques (King & Le Bissonnais, 1992 ; Wischmeier & Smith, 1978).

A l'échelle planétaire, les taux d'érosion varient considérablement selon les contextes géomorphologiques, oscillant par exemple au Canada entre 2 et 400 t/km<sup>2</sup>/an (Bryan, 2009). En Europe, notamment en Wallonie, environ 40 % des terres agricoles subissent des pertes annuelles dépassant le seuil de 5 tonnes par hectare (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2018). Le continent africain est particulièrement vulnérable ; selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, les deux tiers des terres productives y sont déjà dégradés, menaçant la sécurité alimentaire d'une population dont le doublement est projeté pour 2050 (Meyerfeld, 2016). Cette vulnérabilité dépend de la distribution de l'énergie des pluies, de la géométrie des versants et de la résistance mécanique des matériaux de surface (Roose & Noni, 2004). Si les érosions en nappe sont modérées en zone méditerranéenne ou soudano-sahélienne grâce à la stabilité structurelle ou à la faiblesse des pentes (Eric & Georges, 2004 ; Roose et al., 1993), les zones tropicales subissent des dynamiques plus agressives, où des orages exceptionnels catalysent une progression rapide du ravinement (Rapp et al., 1972).

La République Démocratique du Congo n'échappe pas à cette dégradation systémique, laquelle engendre des dommages structurels aux installations anthropiques, une altération de la qualité de l'eau et un déclin irréversible de la biodiversité et de la fertilité des sols (Drissa, 2009 ; Muhindo, 2012). La ville de Bunia, et plus particulièrement le quartier Ngezi, illustre cette problématique où la compréhension de la corrélation entre les facteurs physiques et l'érosion devient impérative (Butunge, 1988). Dès lors, une question centrale oriente la présente recherche : quels sont les facteurs naturels prédominants qui dictent la dynamique de l'érosion hydrique au sein du quartier Ngezi ? En réponse à cette interrogation, l'étude postule que l'agressivité climatique tropicale, l'accentuation de la pente, la texture sablo-argileuse des sols et la réduction de la couverture végétale constituent les principaux leviers de la dégradation morphologique observée dans cette zone.

L'objectif fondamental de cette recherche est de caractériser et de hiérarchiser ces déterminants naturels afin d'apporter un éclairage scientifique nécessaire à la gestion durable de cet espace urbain. L'intérêt de la recherche est à la fois théorique, par l'enrichissement des données géomorphologiques locales, et pratique, en fournissant aux autorités et aux populations résidentes les bases diagnostiques indispensables pour préconiser des stratégies de lutte antiérosive adaptées et efficaces.

Sur le plan méthodologique, l'étude s'appuie sur une démarche analytique intégrée, menée sur un échantillon de 20 sites érodés présentant des caractéristiques morphométriques significatives (profondeur > 20 cm). Le cadre spatial couvre les 3 km<sup>2</sup> du quartier Ngezi, situé dans la commune de Shari. Les données ont été collectées via une analyse documentaire exhaustive et des investigations de terrain réalisées entre août 2023 et janvier 2024. L'observation macroscopique des sols a été couplée à des mesures topographiques précises à l'aide d'un clinomètre de type Brutton, en suivant la classification des pentes de Richter. L'analyse porte sur quatre variables clés : le climat, la topographie (pente), la composition minéralogique et l'état de la couverture végétale. Outre cette introduction, le corps du travail s'articule autour de la présentation des résultats climatiques et pédologiques, suivie d'une discussion critique confrontant les observations locales aux modèles théoriques de l'intermédiation financière et environnementale, pour aboutir à une conclusion synthétique.

## PRESENTATION DES RÉSULTATS CLIMATIQUES ET PEDOLOGIQUES

L'analyse des paramètres environnementaux du quartier Ngezi permet d'identifier les variables biophysiques structurantes de la dynamique érosive. Le tableau I présente les données météorologiques collectées pour l'exercice 2023, mettant en évidence un climat tropical caractérisé par une forte agressivité climatique.

**Tableau I :** Situation climatique du Quartier Ngezi de Janvier à Décembre 2023

Mois	Température minimale moyenne (°C)	Température maximale moyenne (°C)	Température moyenne (°C)	Précipitations moyennes (mm)
Janvier	18.5	30.5	24.5	85
Février	19.0	31.0	25.0	90
Mars	20.0	32.0	26.0	120
Avril	19.5	31.5	25.5	150
Mai	18.0	30.0	24.0	200
Juin	17.5	29.5	23.5	180
Juillet	17.0	29.0	23.0	150
Août	17.5	29.5	23.5	130
Septembre	18.0	30.0	24.0	120
Octobre	19.0	31.0	25.0	150
Novembre	19.5	31.5	25.5	100
Décembre	19.0	31.0	25.0	80
Moyenne/Cumul	18.54	30.54	24.54	1555

**Source :** Agence météorologique de la République Démocratique du Congo (Météo RDC, 2024).

L'examen du régime pluviométrique révèle un cumul annuel de 1.555 mm avec une température moyenne de 24,54 °C. Cette configuration climatique, typique de la zone intertropicale, se distingue par une humidité élevée et des précipitations abondantes. Ces résultats s'inscrivent dans la lignée des travaux de l'ONACC (2019) qui, dans un contexte similaire à Ebolowa (Cameroun), rapportait une pluviométrie de 1791,49 mm pour une température de 24,62 °C. L'intensité de ces précipitations constitue le moteur principal du ruissellement hortonien, favorisant le détachement et le transport des particules édaphiques.

La réponse du sol à ces agressions climatiques est modulée par la configuration topographique, dont l'influence sur la vitesse des écoulements est documentée dans le tableau II suivant la classification de Richter.

**Tableau II :** Influence des pentes sur l'érosion hydrique (Classification de Richter)

Pente	Valeurs en degrés	Fréquence	%
Pente faible	< 4°	1	5
Pente moyenne	4° à < 7°	2	10
Pente forte	7° à < 15°	8	40
Pente très forte	15° à 30°	9	45
Pente abrupte	> 30°	0	0
TOTAL		20	100

**Source :** Enquêtes de terrain (2024).

Les données topométriques indiquent une prédominance de l'érosion sur les versants accentués : 45 % des sites dégradés se situent sur des pentes très fortes (15° à 30°) et 40 % sur des pentes fortes (7° à 15°). Comme le soulignent Linda (1993) et Mamadou (2009), l'inclinaison du versant réduit le temps d'infiltration et accroît linéairement l'énergie cinétique du ruissellement. En zone de haute vallée, cette corrélation entre déclivité et perte en sol est également corroborée par les observations d'Abdelhamid et al. (2004), confirmant que la pente est un catalyseur géomorphologique majeur du ravinement au quartier Ngezi.

Outre la topographie, la vulnérabilité du milieu est intrinsèquement liée à la nature lithologique des substrats, détaillée dans le tableau III.

**Tableau III : Influence de la composition minéralogique sur l'érosion hydrique**

Minéralogie du sol	Fréquence	%
Sol argilo-sableux	19	95
Sol argileux avec gravier	1	5
TOTAL	20	100

Source : Enquêtes de terrain (2024).

L'analyse pédologique révèle que 95 % des foyers érosifs se développent sur des textures argilo-sableuses. Cette prédominance du sable affaiblit la cohésion structurale du sol, le rendant particulièrement érodible. Ces observations rejoignent les conclusions de Makanzu (2010) sur les sols de Kinshasa et celles du Ministère de l'Agriculture du Canada (1945) concernant les sols à structure fragile. La faible teneur en matière organique couplée à une forte proportion de sable réduit la résistance mécanique au cisaillement hydrique, facilitant l'incision des sols dès les premières précipitations.

Enfin, l'état de la couverture végétale, facteur anthropo-naturel de protection, a été évalué et consigné dans le tableau IV.

**Tableau IV : Influence de la couverture végétale sur l'action de l'érosion hydrique**

Couverture végétale	Fréquence	%
Présente	6	30
Absente	14	70
TOTAL	20	100

Source : Enquêtes de terrain (2024).

Les résultats démontrent que 70 % des sites affectés par l'érosion sont dépourvus de couverture végétale. L'absence de strate végétale supprime l'effet d'interception des gouttes de pluie, annulant la dissipation de leur énergie cinétique (Hudson, 1971). À l'instar des constats d'Allahi (2021) et d'Ayneku et al. (2006), la régression du couvert végétal au quartier Ngezi expose directement les sols à la battance et au ruissellement. La végétation, en assurant la stabilité structurale par les systèmes racinaires et l'apport d'humus, constitue un rempart indispensable dont l'absence actuelle exacerbe la dégradation morphologique du quartier.

### DISCUSSION CRITIQUE ET SYNTHÈSE DES FACTEURS D'ÉROSION HYDRIQUE

L'analyse des données climatiques récoltées au quartier Ngezi révèle une agressivité pluviométrique caractéristique des milieux tropicaux humides. Avec un cumul annuel de 1555 mm et une température moyenne de 24,54 °C, les paramètres météorologiques locaux s'alignent sur les observations de l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (2019) au Sud-Cameroun, où des valeurs similaires (1791 mm et 24,62 °C) induisent une forte vulnérabilité des sols. Cette concordance confirme que le climat de Bunia constitue le moteur énergétique de l'érosion, où l'intensité des précipitations surpasse souvent la capacité d'infiltration, déclenchant ainsi un ruissellement hortonien dévastateur (Le Bissonnais et al., 2002).

La réponse du milieu à cette force climatique est exacerbée par une morphologie accidentée, comme l'indique le tableau ci-dessous détaillant la distribution des pentes sur les sites affectés.

**Tableau V : Influence des pentes sur l'érosion hydrique (Classification de Richter)**

Pente	Valeurs en degrés	Fréquence	%
Pente faible	< 4°	1	5
Pente moyenne	4° à < 7°	2	10
Pente forte	7° à < 15°	8	40
Pente très forte	15° à 30°	9	45
Pente abrupte	Plus de 30°	0	0
TOTAL		20	100

Source : Enquêtes sur terrain (2024)

La prédominance de l'érosion sur les terrains de pente très forte (45 %) et forte (40 %) valide les modèles théoriques de Linda (1993) et Mamadou (2009), qui postulent une augmentation linéaire du transport solide avec l'accroissement du degré de pente. La topographie du quartier Ngezi agit comme un accélérateur de flux, réduisant le temps de concentration des eaux et augmentant leur pouvoir de cisaillement. Ces résultats corroborent également les travaux d'Abdelhamid et al. (2004) au Maroc, soulignant que l'inclinaison est un facteur discriminant de la perte en sol, indépendamment du contexte biogéographique.

Outre la pente, la nature lithologique des substrats joue un rôle fondamental dans la cohésion des versants, ainsi que le démontre l'analyse de la composition minéralogique.

**Tableau VI : Influence de la composition minéralogique sur l'érosion hydrique**

Minéralogie du sol	Fréquence	%
Sol argilo-sableux	19	95
Sol argileux avec gravier	1	5
TOTAL	20	100

Source : Enquêtes sur terrain (2024)

La vulnérabilité extrême des sols argilo-sableux (95 % des sites érodés) témoigne d'une faible stabilité structurale. Comme l'ont observé Makanzu (2010) à Kinshasa et le Ministère de l'Agriculture du Canada (1945), la prédominance du sable réduit la cohésion interne du sol, le rendant particulièrement friable face aux impacts des gouttes de pluie. Cette texture facilite le détachement des particules fines qui, une fois mises en mouvement par le ruissellement, favorisent le développement de structures érosives profondes telles que les ravines, confirmant ainsi le rôle prépondérant de la pédogenèse dans les processus de dégradation (Mamadou, 2009).

Le dernier rempart naturel contre cette dégradation, à savoir la couverture végétale, semble être le facteur le plus gravement compromis au sein du quartier, comme le montre la répartition suivante.

**Tableau VII : Influence de la couverture végétale sur l'action de l'érosion hydrique**

Couverture végétale	Fréquence	%
Présente	6	30
Absente	14	70
TOTAL	20	100

Source : Enquêtes sur terrain (2024)

L'absence de végétation sur 70 % des terrains érodés constitue un facteur aggravant majeur. Cette situation fait écho aux recherches d'Allahi (2021) et d'Eric et Georges (2004), qui démontrent que la disparition du couvert forestier ou herbacé expose directement le sol à l'énergie cinétique des pluies. L'efficacité du couvert végétal pour dissiper cette énergie (Hudson, 1971) et stabiliser le sol par le chevelu racinaire (Aynekulu et al., 2006) est ici inexistante, laissant le champ libre à une érosion régressive et superficielle intense.

En conclusion, l'érosion hydrique au quartier Ngezi résulte d'une synergie malheureuse entre une agressivité climatique tropicale, une topographie accidentée et une lithologie fragile, le tout exacerbé par une dénudation anthropique quasi-totale des sols. Les résultats chiffrés confirment l'hypothèse de départ : les fortes pentes (85 % cumulés pour les catégories forte et très forte), la dominance des sols sableux (95 %) et l'absence de couvert végétal (70 %) s'unissent pour fragiliser durablement cet écosystème urbain. La mise en œuvre de solutions d'ingénierie biologique et civile, telles que l'adoucissement des pentes et la replantation systématique, apparaît comme une nécessité urgente pour préserver l'intégrité foncière et environnementale de la zone.

## CONCLUSION GENERALE

La présente recherche permet de conclure que la dynamique de l'érosion hydrique au quartier Ngezi, dans la ville de Bunia, est le produit d'une interaction systémique entre des facteurs climatiques agressifs et une vulnérabilité biophysique exacerbée. L'analyse des données météorologiques de l'exercice 2023, révélant une pluviométrie annuelle de 1.555 mm pour une température moyenne de 24,54 °C, confirme que le milieu est soumis à un régime tropical propice au déclenchement d'un ruissellement de type hortonien. Cette intensité pluviométrique agit comme le moteur énergétique principal, validant l'hypothèse d'une agressivité climatique déterminante dans le processus de dégradation des sols locaux.

Sur le plan géomorphologique et pédologique, les résultats démontrent une corrélation directe entre la configuration du terrain et l'ampleur du ravinement. La prédominance de l'érosion sur les versants à forte et très forte déclivité, représentant respectivement 40 % et 45 % des sites échantillonnés, confirme que l'accentuation de la pente réduit drastiquement le temps d'infiltration et accroît le pouvoir de cisaillement des eaux de surface. Parallèlement, la nature lithologique du substrat, composée à 95 % de sols argilo-sableux, témoigne d'une fragilité structurale intrinsèque. Cette texture, caractérisée par une faible cohésion mécanique, facilite le détachement des particules fines, confirmant ainsi l'hypothèse selon laquelle la lithologie locale constitue un facteur de vulnérabilité majeur.

L'impact de ces facteurs naturels est considérablement amplifié par l'état de la couverture végétale, dont l'absence sur 70 % des sites étudiés prive le sol de sa principale protection contre l'énergie cinétique des précipitations. Cette dénudation des versants annule l'effet d'interception et de stabilisation racinaire, laissant le champ libre à une érosion régressive dévastatrice. En définitive, la synergie entre un climat agressif, une topographie accidentée (85 % de pentes supérieures à 7°) et un substrat friable, le tout couplé à une pression anthropique sur le couvert végétal, valide

intégralement les hypothèses formulées. La gestion durable de cet espace urbain nécessite désormais une approche intégrée, combinant l'ingénierie civile pour la stabilisation des pentes et des stratégies de reboisement intensif pour restaurer la résilience écologique du quartier Ngezi.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelhamid, S., El Amrani Paaza, N., & Tabyaoui, H. (2004). Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosions par l'Equation Universelle des pertes en sol dans le rift oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'oued Boussouab. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, (26), 69-79.
2. Allahi, D. (2021). *Evaluation de l'impact de la dynamique du couvert végétal sur l'érosion hydrique à l'aide de la méthode PAP/CAR et la télédétection spatiale dans le bassin versant de Kharouba (Plateau central Maroc)*. Agro Maroc. <https://www.agromaroc.org>
3. Aynekulu, E., Denich, M., & Tsegaye, D. (2006). Monitoring and evaluating land used/land cover change using Participatory Geographic Information System (PGIS) tools: A case study of Begasheka Watershed, Tigray, Ethiopia. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 25(1), 1-10. **Error! Hyperlink reference not valid.**
4. Bryan, R. B. (2009). Érosion. Dans *L'Encyclopédie canadienne*. **Error! Hyperlink reference not valid.**
5. Butunge, N. (1988). *Etude géomorphologique de la vallée de la Ngezi* [Travail de fin de cycle inédit]. Institut Supérieur Pédagogique de Bunia.
6. Drissa, S. (2009). *La contribution à la caractérisation de l'érosion à la périphérie de la Réserve biosphère transfrontalière parc W au Burkina Faso* [Mémoire de maîtrise inédit]. Université de Ouagadougou.
7. Eric, R., & Georges, D. (2004). Recherches sur l'érosion hydrique en Afrique : Revue et perspectives. *Sécheresse*, 15(1), 121-129.
8. Fédération Wallonie-Bruxelles. (2018). *Erosion : Sol et déchets en Wallonie*. Portail Environnement de la Wallonie. **Error! Hyperlink reference not valid.**
9. George, C. (2015). *Variabilité climatique et ressources naturelles*. Éditions Scientifiques.
10. Hudson, N. W. (1971). *Soil conservation*. Batsford.
11. King, D., & Le Bissonnais, Y. (1992). Rôle des sols et des pratiques culturales dans l'infiltration et l'écoulement des eaux. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 78(6).
12. Le Bissonnais, Y., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J., & King, D. (2002). *L'érosion hydrique des sols en France*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
13. Linda, C. (1993). *Apport des indices de végétation pour l'évaluation de la couverture du sol en vue d'une modélisation spatiale de l'érosion* [Thèse de doctorat]. Université de Sherbrooke.
14. Makanzu, F. (2010). *Etude de l'érosion ravinante à Kinshasa par télédétection et SIG entre 1957 et 2007* [Mémoire de master inédit]. Université de Liège.
15. Mamadou, K. (2009). *Vulnérabilité des sols à l'érosion dans la région du Centre Nord du Burkina Faso : Approche par télédétection et SIG* [Mémoire de master inédit].
16. Météo RDC. (2024). *Situation climatique du Quartier Ngezi*. **Error! Hyperlink reference not valid.**
17. Meyerfeld, B. (2016, 28 novembre). Alerte érosion : L'Afrique s'effrite et ses terres s'appauvrissent dangereusement. *Le Monde Afrique*.
18. Ministère de l'Agriculture du Canada. (1945). *Etude des sols des comités de Stansted, Richmond, Sherbrooke et Compton*. Service des Fermes Expérimentales.
19. Muhindo, S. (2012). *Le contexte urbain et climatique des risques hydrauliques de la ville de Butembo (Nord-Kivu/RDC)* [Mémoire de master inédit].
20. Mwana-Punda, S. (1985). *Erosion dans la ville de Bunia* [Travail de fin de cycle inédit]. Institut Supérieur Pédagogique de Bunia.
21. Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC). (2019). *Pluviométrie et température dans la région du Sud Cameroun : Analyse de l'évolution de 1950 à 2015*. Agence Française de Développement.
22. Papp, A., Murray-Rust, D. H., & Christiansson, C. (1972). Conclusions from the DUSER soil erosion project in Tanzania. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 54(3-4), 377-390.
23. Rapp, A., Murray-Rust, D. H., Christiansson, C., & Berry, L. (1972). Soil erosion and sedimentation in four catchments near Dodoma, Tanzania. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 54(3-4), 255-318.
24. Roose, E., & Noni, G. (2004). Recherches sur l'érosion hydrique en Afrique : Revue et perspectives. *Sécheresse*, 15(1), 121-129.
25. Roose, E., Sabir, M., & Laouina, A. (1993). Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne : Influence de la couverture végétale et de l'encroûtement du sol. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, 28(2), 289-308.
26. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (Agriculture Handbook No. 537). U.S. Department of Agriculture.