



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Effets des pratiques agricoles sur l'érosion hydrique en zone soudanienne du Mali (station de l'IPR/IFRA de Katibougou)

Gaoussou DICKO<sup>1\*</sup>, Aboubakar BENGALY<sup>1</sup> et Sadio BALLO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), Mali.

<sup>2</sup> Groupe d'Expert pour le Développement Durable (GEDD), Mali.

\*Auteur correspondant ; E-mail: [dickogaoussou@gmail.com](mailto:dickogaoussou@gmail.com); Tel. (+223) 66 58 96 93.

Received: 29-09-2021

Accepted: 16-02-2022

Published: 28-02-2022

### RESUME

La recherche d'indicateurs pour une agriculture durable est un facteur indispensable pour la sécurité alimentaire au Mali. Cette étude visait à tester l'effet de trois systèmes de culture sur l'érosion hydrique. L'essai a été entrepris sur un dispositif expérimental d'érosion de type Wischmeier à l'IPR/IFRA de Katibougou au Mali, sous pluies naturelles sur un sol ferrugineux tropical. Le dispositif était constitué de trois blocs sur 100 m<sup>2</sup> par parcelle élémentaire. Chaque bloc était composé de cinq traitements (témoin nu, témoin régional, fréquence limitée du labour, travail minimum du sol et jachère améliorée). A chaque averse de pluie, la lame ruisselée et la pluviométrie étaient mesurées pour les calculs du coefficient de ruissellement et de la perte en terre. Les pertes en terre sur les parcelles de : travail régional, fréquence limitée du labour, travail minimum du sol et la parcelle nue étaient respectivement de 29,39 t.ha<sup>-1</sup>, 30,65 t.ha<sup>-1</sup>, 21,15 t.ha<sup>-1</sup> et 33,8 t.ha<sup>-1</sup>. Les résultats ont montré que le travail minimum du sol conserve le sol et les eaux par la réduction du ruissellement et des pertes de terre sur un sol ferrugineux tropical.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** travail du sol, coefficient de ruissèlement, agressivité climatique, perte en terre.

## Effects of agricultural practices on water erosion in the Sudanian zone of Mali (IPR/IFRA station of Katibougou)

### ABSTRACT

Search for indicators for sustainable agriculture is an essential factor for food security. This study aimed to test the effect of three cropping systems on water erosion. The trial was carried out on Wischmeier's experimental erosion plot at IPR / IFRA of Katibougou, Mali, under natural rainfall in tropical ferruginous soil. The experiment design was constituted by three blocks of 100 m<sup>2</sup> by elementary plots. Each block was composed by five treatments (naked witness, regional witness, limited frequency of tillage, minimum tillage and improved fallow). At each rain, runoff and rainfall were measured for calculations of the runoff coefficient and soil loss. Soil losses by plots of regional practice, limited frequency of tillage, minimum tillage and bare plot were respectively 29,39 t.ha<sup>-1</sup>, 30,65 t.ha<sup>-1</sup>, 21.15 t.ha<sup>-1</sup> and 33,8 t.ha<sup>-1</sup>. Results showed that minimum tillage conserves soil and water by reducing runoff and soil losses in ferruginous tropical soil.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Tillage, runoff coefficient, climatic aggressiveness, soil loss.

## INTRODUCTION

Les recherches sur l'érosion des sols en Afrique de l'Ouest ont mis l'accent sur les études à l'échelle parcelle en vue d'une meilleure gestion des agrosystèmes (Rosse et al., 2012). Elles sont principalement des expérimentations menées, à partir des années 1950 aux USA (Wischmeier et Smith, 1965).

L'activité agricole au Mali est basée sur des pratiques culturales souvent inadaptées, la pression démographique et la course à la croissance économique qui hypothèquent la pérennité des ressources dont dépend l'avenir du pays. Les ressources en eaux de surface et souterraines sont aussi fortement menacées par la mauvaise utilisation, la sédimentation, l'ensablement et les pollutions diverses (D'Almeida, 2010 ; El et Akdim, 2018).

Les études sur l'érosion des sols au Mali, ont porté entre autres sur l'analyse globale à l'échelle terroir villageois (Nafo, 2006 ; Bengaly, 2009), la quantification de l'érosion hydrique en fonction des types de sol, de leur occupation et des pratiques culturales (Diallo, 2000 ; El et Akdim, 2018) ; et la spatialisation des risques d'érosion avec le césium 137 pour apprécier les zones érodées et les zones de sédimentation à l'échelle bassin versant (Bonté, 2000 ; Bengaly, 2009).

Dans le but de contribuer à la compréhension des phénomènes susceptibles de réduire les pertes en terre dû à l'érosion hydrique que cette étude sur Effets des pratiques agricoles sur l'érosion hydrique en zone soudanienne du Mali (station de l'IPR/IFRA de Katibougou) a été menée.

## MATERIEL ET METHODES

### Milieu d'étude

L'essai a été conduit en 2016 dans le domaine de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), situé à 70 km de Bamako et à 3,5 km de la ville de Koulikoro. Il est situé à environ 12°56' de latitude Nord et 7°32' de longitude Ouest.

Le climat de la zone d'étude est de type soudanien, caractérisé par une saison

sèche allant d'octobre à fin mai (7 à 8 mois) et une saison pluvieuse de juin à septembre (4 mois) selon la FAO, 2015. Les relevés pluviométriques recensés pendant la période d'étude sont caractérisés par, une faible pluviométrie au début d'hivernage et un pic en août, avec un cumul annuel 1011,5 mm (Figure 1).

Le relief est caractérisé par la présence des collines et des gréseux au nord-ouest surplombant une vallée étroite dont les terres basses sont en partie inondées périodiquement par les eaux du fleuve Niger. Le fleuve Niger limite le domaine de l'IPR/IFRA au sud-est sur environ 3 km. Le domaine de l'institut est traversé par un marigot appelé «Tiemantièko» qui a un régime hydrique temporaire.

Le sol est de type ferrugineux tropical jaune à texture limoneuse sur tout le profil. Selon les études antérieures sur ces types de sol, ils appartiennent à la classe des sols riches en sesquioxides et hydrates métalliques, en sesquioxides de fer et parfois en oxydes de manganèse, mais pourvus d'alumine libre. Les colloïdes minéraux y sont constitués de kaolinite mêlée d'illite et d'hydroxydes métalliques (FAO, 2011 et FAO, 2015).

La végétation est caractérisée par une savane arbustive. Cette formation est accompagnée par un mélange de graminées annuelles, d'espèces ligneuses appartenant à diverses familles. Le tapis herbacé est en prédominance constitué de : *Sida sp*, *Spermacoce sp*, *Pennisetum pedicilatum*, *Hyptis spicigera*, *Dactyloctenium aegyptium*.

## Matériel expérimental

### Site de l'essai

L'essai a été installé sur un sol ferrugineux tropical dont les coordonnées du site sont : N12°55,036' latitude Nord et W007°31,559' longitude Ouest, 305 m d'altitude. Il est situé dans le Plateau Mandingue. La texture des horizons supérieurs est beaucoup plus grossière que celle des horizons profonds avec des revêtements argileux. Le drainage externe est bon, avec un régime hydrologique pluvial. Le relief est plat (moyennement uniforme : 2 à

3%) et non accidenté. Il n'y a pas d'éléments grossiers en surface.

### Méthodes

Un facteur a fait l'objet de l'étude : l'occupation du sol. Cinq modes d'occupation du sol ont constitué les traitements. Les traitements étaient les suivants :

- Traitement 1 : Témoins Nu (TN), parcelle labourée maintenue nue, dépouillé de tous débris végétaux ou animaux ; avec désherbages manuel régulier ;
- Traitement 2 : Témoin Régional (TR) où sont appliquées les pratiques paysannes régionales;
- Traitement 3 : Fréquence Limitée du Labour (FLL), parcelle labourée une année sur trois ;
- Traitement 4 : Travail Minimum du Sol (TMS), seulement les lignes de semis sont travaillées ;
- Traitement 5 : Jachère Améliorée (JA), parcelle entièrement couverte de végétation herbacée.

Toutes les parcelles ont été labourées, sauf le travail minimum du sol et la jachère améliorée.

### Dispositif expérimental

Le terrain du dispositif est une ancienne jachère de plus de six ans, Il est situé sur un versant exposé au sud, sur une pente variant de 2 à 3%. Le dispositif expérimental utilisé est le bloc de Fisher à 3 répétitions (trois blocs). Chaque bloc est subdivisé en 5 parcelles séparées les unes des autres par des feuilles de tôles fixées dans le sol à une profondeur de 10 cm et une hauteur de 20 cm. La dimension de chaque parcelle élémentaire est de 100 m<sup>2</sup> (5 m x 20 m) soit 500 m<sup>2</sup> par bloc. Il est laissé une allée de 1,5 m entre les blocs. Les blocs sont placés les uns à côté des autres orientés d'Est en Ouest. La surface totale de l'essai est de 1560 m<sup>2</sup>.

Pour mesurer le ruissellement et l'érosion, chaque parcelle est ceinturée des 3 cotés par des feuilles de tôles légèrement enfoncées dans le sol pour éviter les entrées d'eau de l'extérieur et les sorties des eaux de

ruissellement de l'intérieur de la parcelle. La partie avale de chaque parcelle élémentaire n'est pas ceinturée de tôles, et est placée des cuves de récupération des eaux de ruissellements, afin de permettre les prélèvements et les mesures sans perturber l'autre partie de la parcelle, où est caractérisée la dynamique de l'eau et des sédiments.

### Paramètres observés

Pour l'étude, l'agressivité climatique a été déterminée par la mesure de la hauteur de pluie et son intensité, le coefficient de ruissellement par la lame ruisselée et les pertes en terre par la mesure du poids de terre érodée pendant et après chaque épisode pluvial érosif.

#### Aggressivité climatique

A l'aide de deux pluviomètres installés à côté du dispositif expérimental et un chronomètre, la hauteur de la pluie est mesurée sous la pluie de façon séquentielle à des unités de temps inférieur à 30 minutes pour chaque averse. Ces mesures ont permis de calculer l'intensité de la pluie sur 30 minutes ramenées en mm.h<sup>-1</sup> pour calculer l'agressivité climatique pour chaque pluie.

#### Coefficient de ruissellement

Pour le calcul du Coefficient de Ruissellement (CR) la méthode de Le Bissonnais et al. (1996) a été utilisée avec la formule suivante :

$$CR = LR * 100 / P$$

LR = lame d'eau ruisselée en mm

P = lame de pluie reçue en mm

#### Pertes en terre

Les pertes en terre correspondaient à la masse de sol exportée par les eaux de ruissellement pendant une averse pluviale érosive pour une surface donnée. Elles ont été déterminées à partir du poids de terre érodée par le principe de Fournier (1954).

### Méthodes d'analyse statistique des données

L'analyse de variance a été réalisée avec le logiciel STATITCF (version 5 copyright \_1987-1988-1991). La séparation des moyennes a été faite en utilisant la plus petite différence significative (LSD) au seuil de probabilité de 5%.

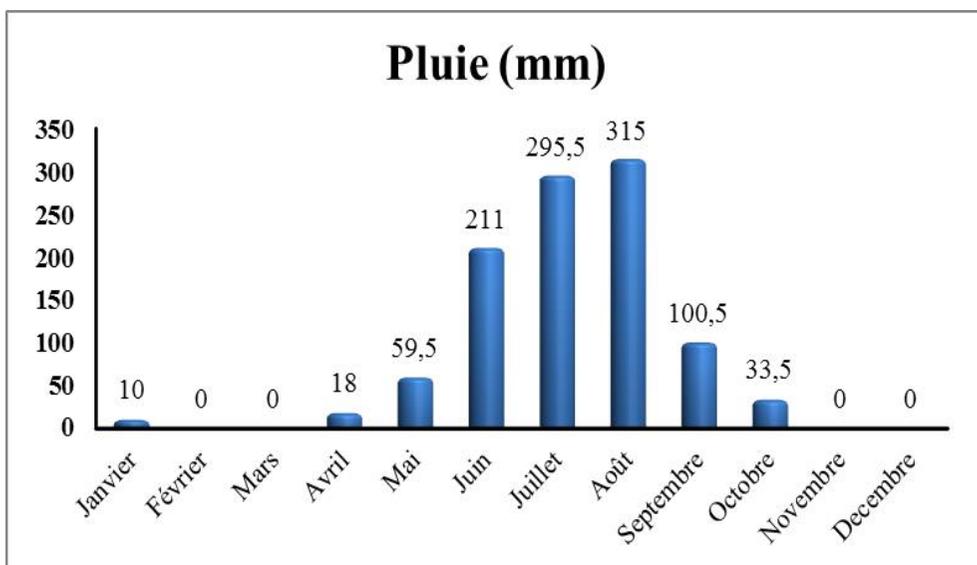


Figure 1 : Diagramme pluviométrique 2016.

## RESULTATS

### Effets des facteurs sur le coefficient de ruissellement

L'analyse des données Figure 2 a indiqué une différence hautement significative entre les traitements. La comparaison des moyennes des traitements a indiqué que la plus faible valeur du coefficient de ruissellement a été obtenue sur la parcelle jachère améliorée avec une moyenne de 9,8% suivi du travail minimum du sol 15,57%. La FLL et le TR étaient identiques avec comme moyenne respectivement 19,14% et 18,96%. Le Témoin Nu avait le plus grand coefficient de ruissellement avec en moyenne de 22,03%.

### Effets des facteurs sur la quantité de terre perdue

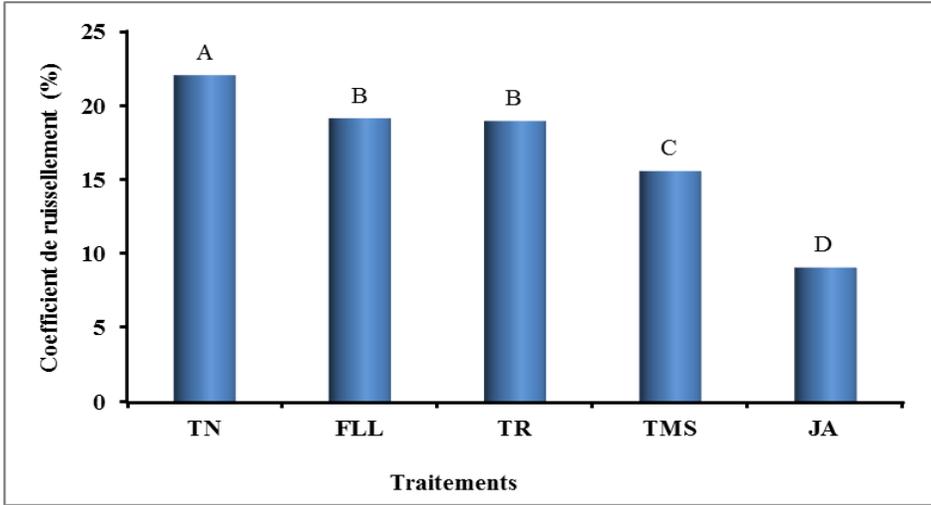
Suite aux résultats des analyses (Figure 3), une différence hautement significative a été observée entre les traitements pour la quantité de terre perdue. La comparaison des moyennes des traitements au seuil de signification 5% a indiqué que sous jachère il

y avait moins d'érosion 10,54 t.ha<sup>-1</sup> par rapport au TMS 21,15 t.ha<sup>-1</sup>. Les quantités de terre perdues sous la FLL et le TR ont été presque identiques 30,65 t/ha et 29,39 t/ha. C'était sur le TN qu'il y a eu la plus forte érosion 33,8 t.ha<sup>-1</sup>.

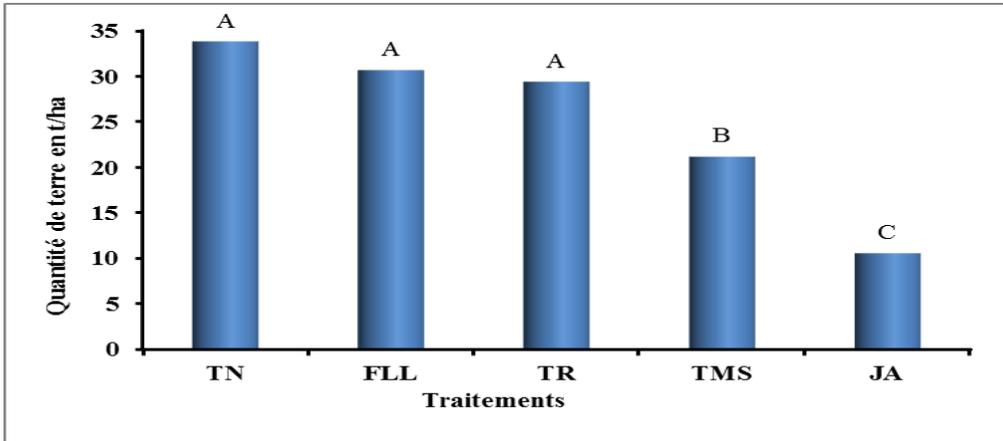
### Indice d'agressivité R

L'indice d'agressivité R dans l'équation de Wischmeier et Smith calculé au cours de la campagne a été énuméré dans le Tableau 1.

Sur le pluviomètre, la hauteur de la pluie mesurée à des unités de temps inférieur à 30 minutes (Tableau 1) ont permis de calculer : l'intensité de la pluie I<sub>30</sub>, l'énergie unitaire, l'énergie homogène et l'agressivité climatique. Au cours de la campagne les pluies qui ont une agressivité plus poussées ont été la 10<sup>ème</sup> et la 14<sup>ème</sup> pluie avec comme intensité 1,15 et 1,9 mm.h<sup>-1</sup> pour une agressivité 2,83 et 4,86 j.m<sup>2</sup>.mm<sup>-1</sup>. L'indice d'érosivité R moyenne calculé sur la base des pluies enregistrées a été de 0,71 j.m<sup>2</sup>.mm<sup>-1</sup>.



**Figure 2:** Effets des facteurs sur le coefficient de ruissellement.



**Figure 3:** Effets des facteurs sur la quantité de terre perdue.

**Tableau 1 :** Agressivité climatique.

N°	EU	Eh	I <sub>30</sub>	R
1	6,49	206,56	0,47	0,29
2	5,26	174,82	0,4	0,2
3	2,11	125,59	0,3	0,11
4	5,36	286,50	0,7	0,58
5	8,96	297,28	0,68	0,59
6	8,82	197,44	0,64	0,37
7	5,85	71,71	0,27	0,06

8	6,51	100,72	0,37	0,11
9	7,21	236,09	0,68	0,47
10	9,70	840,88	1,15	2,83
11	4,46	62,45	0,23	0,04
12	6,37	44,59	0,27	0,03
13	6,41	349,83	0,83	0,85
14	12,27	878,35	1,9	4,86
15	4,51	27,24	0,19	0,015
16	8,54	91,56	0,61	0,16
17	10,14	226,35	0,78	0,52
18	7,17	326,32	0,8	0,76
<b>Moyenne</b>	7,01	252,46	0,63	0,71

## DISCUSSION

La sensibilité du sol au ruissellement sous différents systèmes de cultures a été mise en évidence par les coefficients de ruissellement. Le Témoin Nu a eu le plus fort Coefficient de Ruissellement et semblait être le plus sensible à l'érosion par rapport à la Jachère Améliorée dans les conditions d'implantation de l'essai. Comparativement aux résultats obtenus par Diallo (2000), sur un sol ferrugineux tropical, les coefficients de ruissellement sous jachère étaient inférieurs à ceux mesurés sur parcelles cultivées. Les travaux de Diallo et al. (2017) sur le système de culture qui bloque le ruissellement de l'eau sont en concordance avec les résultats obtenus.

Les quantités de terre érodées sur le Témoin Nu sont plus élevées que sur les parcelles labourées et le Travail Minimum du sol ainsi que la jachère améliorée. Cette tendance a été observée avec les études effectuée de El Hage Hasssan et al. (2013) au Liban et Mounirou (2012) au Burkina Faso qui a montré que les pertes en terre étaient plus élevées sur les sols nus et dégradés que sur les sols cultivés. De même les travaux d'Ouédraogo et al 2019 au Burkina Faso et de

Bwandamuka et al. (2021) au R D Congo confirment aussi les résultats obtenus.

Plusieurs raisons pouvaient expliquer cette différence. D'après Bochet et al. (2000), le sol fraîchement travaillé est plus exposé à l'agressivité des premières pluies érosives, ce qui a certainement occasionné des pertes en terre importantes lorsque les plantes ne sont pas suffisamment développées pour protéger le sol. Par contre, sur la parcelle en Jachère Améliorée (JA), la couverture vivante a intercepté les gouttes des pluies, dont une fraction infime a atteint directement le sol. Cette couverture a piégé les sédiments érodés qui pourraient être transportés par le ruissellement comme l'ont prouvé Naudin et al. (2010), Sissoko et al. (2013) et Ouattara et al. (2018).

L'indice d'agressivité climatique R calculé sur la base des pluies enregistrées a donné une moyenne par averse 0,71. Cet indice pouvait-être acceptable puisque, si on se basait sur les résultats obtenus sur une vingtaine de postes météo sur plus de dix années, Roose et De Noni (2004) ont constaté qu'en Afrique occidentale, l'indice d'érosivité de Wischmeier annuel moyen est de 0,50 en plaine, à 0,60 près de l'océan.

## Conclusion

L'érosion en nappe a été quantifiée pour des parcelles de même pente avec des systèmes de cultures différents. Les quantités de terre érodées mesurées pour les différents traitements ont varié de 10,54 t.ha<sup>-1</sup> pour la jachère améliorée à 33,08 t.ha<sup>-1</sup> pour le témoin nu. Les résultats de l'analyse statistique ont indiqué qu'il y a une différence hautement significative entre les systèmes de culture en ce qui concerne le ruissellement, le coefficient de ruissellement et les pertes en terre. L'expérimentation réalisée a montré que le travail minimum du sol est une pratique conservatrice des eaux et des sols. Il a réduit le ruissellement et les pertes en terre sur un sol ferrugineux tropical.

## CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt pour cet article.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AB, GD et SB ont tous travaillé sur le présent manuscrit, la conception des outils de collecte, l'analyse des résultats et la rédaction de l'article. AB est le principal responsable de la rédaction de cet article.

## REMERCIEMENTS

La présente étude a été financée par l'Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA) sous le projet de formation de Master en Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols au Mali. Les auteurs témoignent ici leur gratitude à tous les responsables du dit projet. Les auteurs remercient toutes les personnes impliquées dans la réalisation des différents travaux de cette étude. Ils expriment aussi leurs sincères remerciements et gratitude à la population de la commune du Meguetan dans la région de Koulikoro au Mali sans oublier la direction et le chef d'exploitation de l'IPR/IFRA de Katibougou pour la mise à disposition des ressources nécessaires.

## REFERENCES

Bengaly A. 2009 : Erosion des sols et sédimentation dans le bassin versant de Bélékoni en zone soudanienne du Mali.

Thèse de doctorat de l'Université de Bamako-Mali, 120 p

- Bochet E, Poesen J, Rubio JL. 2000 - Mound development as an interaction of individual plants with soil, water erosion and sedimentation processes on slopes. *Earth Surface Processes Landforms*, **25**: 847-867.
- Bonté P. 2000. Evaluation radio isotopique de l'érosion et du transport sédimentaire en zones soudano-sahéliennes du Mali. Collection « Etudes et Rapports Gihrex », Fond documentaire IRD, 32 av. Henri Varagnat, France : 26p + annexes.
- Bwandamuka FMK, Mukalay B, Ndandula FK, Masangu FK, Kasongo MM, Makanda GM, Mukonzo EK. 2021. Évaluation du risque d'érosion sur quelques sols de la plaine de Lubumbashi, RD Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **15**(5): 2095-2117. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i5.32>
- D'Almeida C. 2010 : Gestion durable des terres : le document stratégique validé <http://www.journaldumali.com/article.php?aid=1720>
- Diallo D. 2000 : Erosion des sols en zone soudanienne du Mali. Transfert des matériaux érodés dans le bassin versant de Djitiko (Haut Niger). Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier de Grenoble : 202 p.
- Diallo S, Nacro HB, & N'diaye A. 2017. Efficience des stratégies endogènes d'adaptation du secteur agricole aux changements climatiques dans le bassin de la région de Thiès (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **11**(2): 707-721. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.14>
- El Hafid D, Akdim B 2018: Quantification de l'érosion hydrique en utilisant le modèle Rusle et déposition intégrée dans un SIG. Cas du Bassin Versant de l'Oued Isly (Maroc Oriental). *European Scientific Journal*, **14**(5) : 1857-7881. DOI :

- 10.19044/esj.2018.v14n5p373.hal-01773206
- El Hage Hassan H, Touchart L, Faour G. 2013. La sensibilité potentielle du sol à l'érosion hydrique dans l'ouest de la Békaa au Liban. *M@ppemonde*, **109** (2013.1) : 17 p.
- FAO. 2015. Les sols dominants du Mali. FAO. DOI: <http://www.fao.org/docrep/005/y3948f/y3948f08.htm>
- FAO. 2011. L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Rapport de synthèse ROME (50 pages).
- Fournier F. 1954. Méthode d'étude expérimentale de la conservation du sol, de l'érosion, du ruissellement. I.D.E.R.T. BONDY n° 1623.
- Le Bissonnais Y, Benkhadra H, Gallien E, Eimberck M, Fox D, Martin P, Douyer C, Ligneau L, Ouvry JF. 1996. Runoff and interrill erosion on silty loamy soils: analysis of scale transfer from m<sup>2</sup> to small cultivated catchments. Géomorphologie: Relief, processus, environnement, n°3 pp51-64.
- Mounirou LA. 2012. Etude du ruissellement et de l'érosion à différentes échelles spatiales sur le bassin versant de Tougou en zone sahélienne du Burkina Faso : Quantification et transposition des données. Thèse de doctorat, université Montpellier II, 245 p.
- Nafo II. 2006. Conservation des sols avec l'aide du SIG et de la télédétection. Exemple d'utilisation d'un SIG et de la Télédétection pour l'estimation des pertes en terre dans un petit bassin à l'Ouest du Mali. *Symposium Malien sur les Sciences Appliquées*. Bamako, **30** : 142-151.
- Naudi K, Gozá E, Balarabá O, Giller KE, Scopel E. 2010. Impact of tillage and mulching practices on cotton production in North Camerom : a multi-locational on-farm assessment. *Soil and Tillage Research*, **108**(1-2): 68-76. DOI: 10.1016/j.still.2010.03.002
- Ouattara B, Coulibaly K, Kohio E, Doumbia S, Ouédraogo S, Nacro HB. 2018. Effets du Système de Culture sous couverture Végétale (SCV) sur les flux hydriques d'un sol ferrugineux à l'Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **12**(4): 1770-1783. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.20>
- Ouédraogo B, Kabore O, Kabore M. 2019. Cartographie quantitative de l'érosion des sols par approche SIG/RUSLE dans la Commune de Karangasso vigué (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13**(3): 1638-1653. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i3.35>
- Roose E, De Noni G. 2004 : Recherches sur l'érosion hydrique en Afrique : revue et perspectives. *Sécheresse : Science et Changements Planétaires*, **15**(1): 121-129. fdi : 010033576
- Roose E, Saber M, Arabi M, Morsli B, Mazour M. 2012. Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. *Physio-Géo*, **6**(1) : 43-69. DOI : 10.4000/physio-géo.2319
- Sissoko F, Affholder F, Autfray P, Wery J, Rapidel B. 2013 Wet years and farmers's practices may offset the benefits of residue retention on runoff and yield in cotton fields in the Sudan-Sahelian zone. *Agricultural Water Management*, **119**. 89-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.12.012>
- Wischmeier WH, Smith DD. 1965: Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rcky Mountains. In *Agricultural Handbook*. U.S.D.A. – S.E.A.: Washington DC, 282; 47.