

Effet des pratiques agricoles pluviales sur la Vulnérabilité à l'érosion hydrique dans le bassin moyen de l'Oued Nefifikh (Maroc atlantique)

Effect of rain-fed agricultural practices on vulnerability to water erosion in the middle basin of the Oued Nefifikh (Atlantic Morocco)

HADDIA ADIL

Docteur en géographie

Université Hassan II, FLSH Mohammed VI - Casablanca

Centre d'études doctorales : Espaces ; Sociétés et cultures.

Dynamique des espaces et des sociétés (LADES)

Maroc

GEOMAROC13@GMAIL.COM

Date de soumission : 09/05/2020

Date d'acceptation : 30/07/2020

Pour citer cet article :

HADDIA, A (2020) «Effet des pratiques agricoles pluviales sur la Vulnérabilité à l'érosion hydrique dans les versants triasiques du bassin moyen de l'Oued Nefifikh (Maroc atlantique)» « Volume 3 : Numéro 3» pp : 500 - 516

Résumé

Cet article propose d'exposer d'évaluations initiales sur l'effet des pratiques agricoles pluviales à s'élever l'érosion hydrique dans le bassin moyen de l'Oued Nefifikh (Maroc atlantique). Le premier résultat via le modèle **RUSLE** et l'observation du terrain, a montré que les versants triasiques sont plus érosifs en comparaison avec les autres pentes géologiques. Cette érodibilité élevées ne dépend pas seulement des caractéristiques des faciès triasique friable et des intensités irrégulières des pluies orageux, mais il est lié aussi à la grande extension de pratiques agricoles conventionnelles inappropriées.

Les résultats sur les parcelles expérimentales (mesure l'infiltration via l'approche **MUNZ** et de l'état de surface par la méthode **points quadras**) ont montré que les champs d'olivier, et bien les parcelles d'assolement continu (légumineuse/céréale) avec un apport maximum de résidus en surface, donner un bon équilibre hydrique et structural du sol, par contre les rotations de jachère (jachère-blé) avec le labour conventionnel a révélé le mauvais rythme d'infiltration et la sensibilité élevée à la compaction et à la formation des croûtes de battances sous l'action des pluies agressives.

Donc, ce résultat initial a permet d'exposer notre point de vue sur quelques pratiques locales, qu'ils améliorent le sol et maintiennent son stabilité structural et hydrique, et avec lesquelles pouvant faire face à l'effet des forces érosives sur les sols agro-pastoraux

Mots clés : Versants ; érosion hydrique ; pratiques agricoles ; infiltration ; conservation des sols.

Abstract

Effect of rain-fed agricultural practices on vulnerability to water erosion in the middle basin of the Oued Nefifikh (Atlantic Morocco). The aim of this article is to evaluate the impact of rainfed agricultural practices on elevating water erosion in the middle basin of Oued Nefifikh (Atlantic Morocco). The first result via the **RUSLE** model and the field visits, showed that the Triassic slopes know an advanced erosion in comparison with the other geological slopes. This high erodibility not only depends on the characteristics of the friable Triassic facies and the irregular intensities of the stormy rains, but it is also linked to the great spread of inappropriate conventional agricultural practices.

The results on the experimental plots (measurement of infiltration via the **MUNZ** approach and of the soil surface features by the quadras point method) showed that the olive groves, and the plots of continuous Crop rotation (legumineuse / cereals)) with a maximum Keep of residues on surface, could improve the soil permeability and structural balance of the soil, On the other hand, the fallow ground (fallow-wheat) with conventional tillage revealed the poor rate of infiltration and the high sensitivity to compaction and crusts of the topsoil, These indicators increase the risk of runoff energy and erosion on slopes, under the action of aggressive rainfall energy.

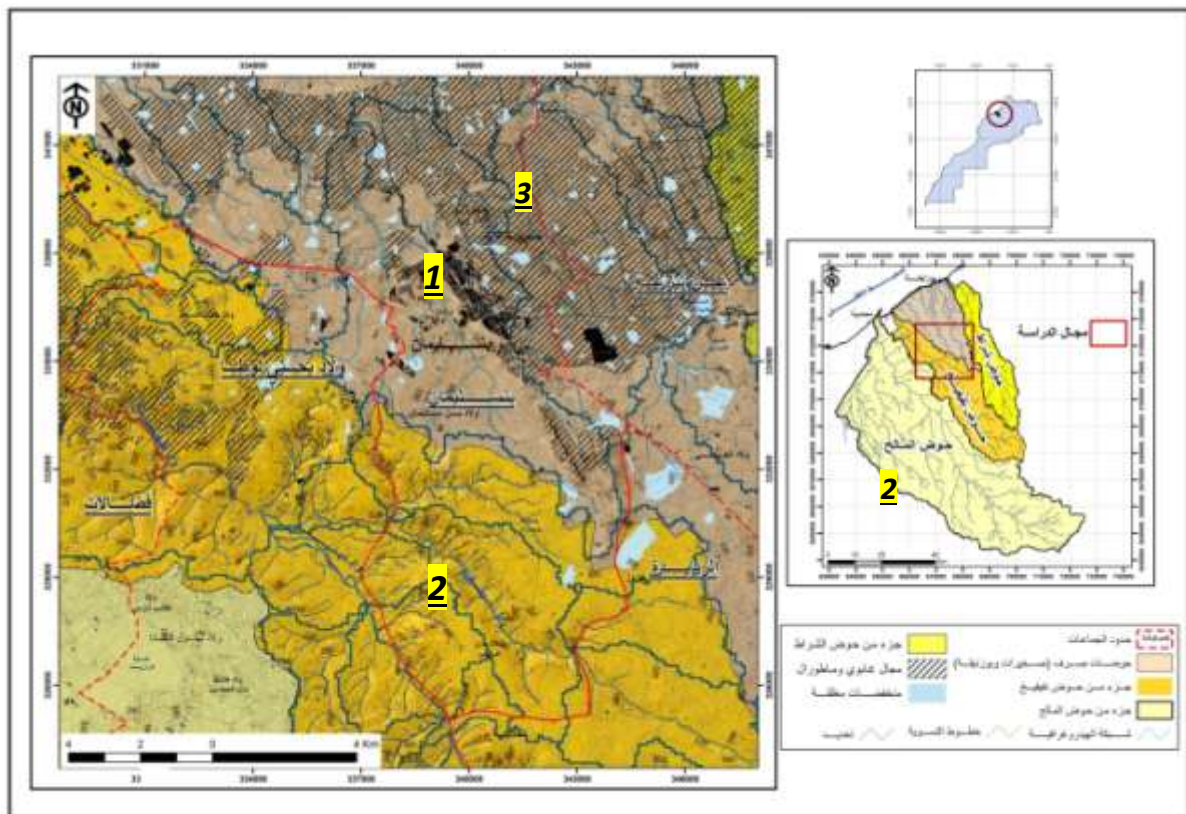
Therefore, this initial result has allowed to expose our point of view on some local practices, that improve the soil and maintain its structural and water stability, being contributing thus to counteracting the the effect of the erosive forces on agro soils.

Keywords : Slopes; water erosion; agricultural practices; infiltration; soil conservation.

Introduction

La zone d'étude fait partie du bassin versant moyen de l'oued Nefifikh, qui se localise entre 7°2' et 7°15' de longitude ouest et 33°30' et 33°40'30'' de latitude nord, au sud de la bordure méridionale de la subéraie Benslimane. Elle s'étend sur une superficie évaluée à 9088.5 ha. (Figure N° 1) Cette zone s'identifie par les caractéristiques suivantes :

Figure N°1 : Localisation de la zone d'étude. (1 : Ville Benslimane. 2 : bassin versant moyen de l'Oued Nefifikh. 3 : la subéraie Benslimane).



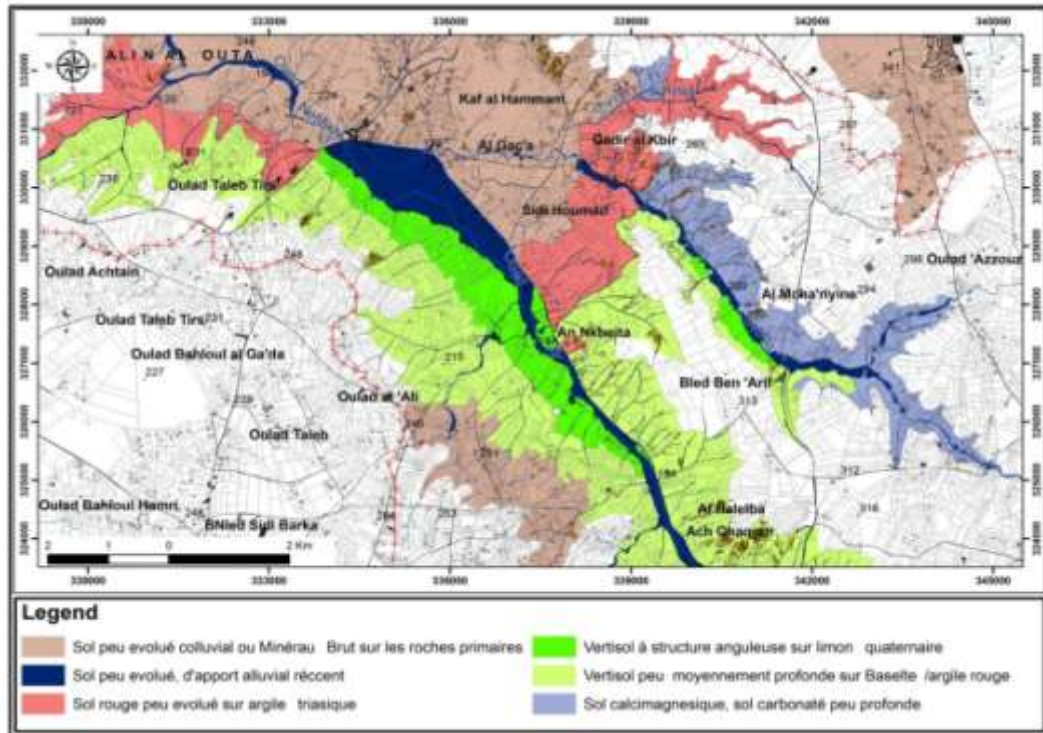
Source : Image satellitaire LandSat 2015- Carte topographique Benslimane 1 /50000.

Au niveau climatique : elle appartient à une étage bioclimatique semi-aride méditerranéenne (Q=66) (Umlil J . 1999), d'une moyenne des précipitations de 360 mm/an (1977-2015), 53% de pluies sont concentrées au début de la saison agricole, lorsque les sols cultivés sont encore fragiles et nus ; soit 22.6% en octobre, 21.49% en Novembre et 16% en décembre et 19.7% en janvier.

Au niveau du sol : Ces versants font apparaitre cinq types de sols (Figure N° 2) parmi lesquels, il y a un type très importants à savoir le vertisol sur les versants concaves de basalte et d'argile triasique fortement altérés (Beaudet 1967 ; Laouina et al., 1999). Ce sol est peu et

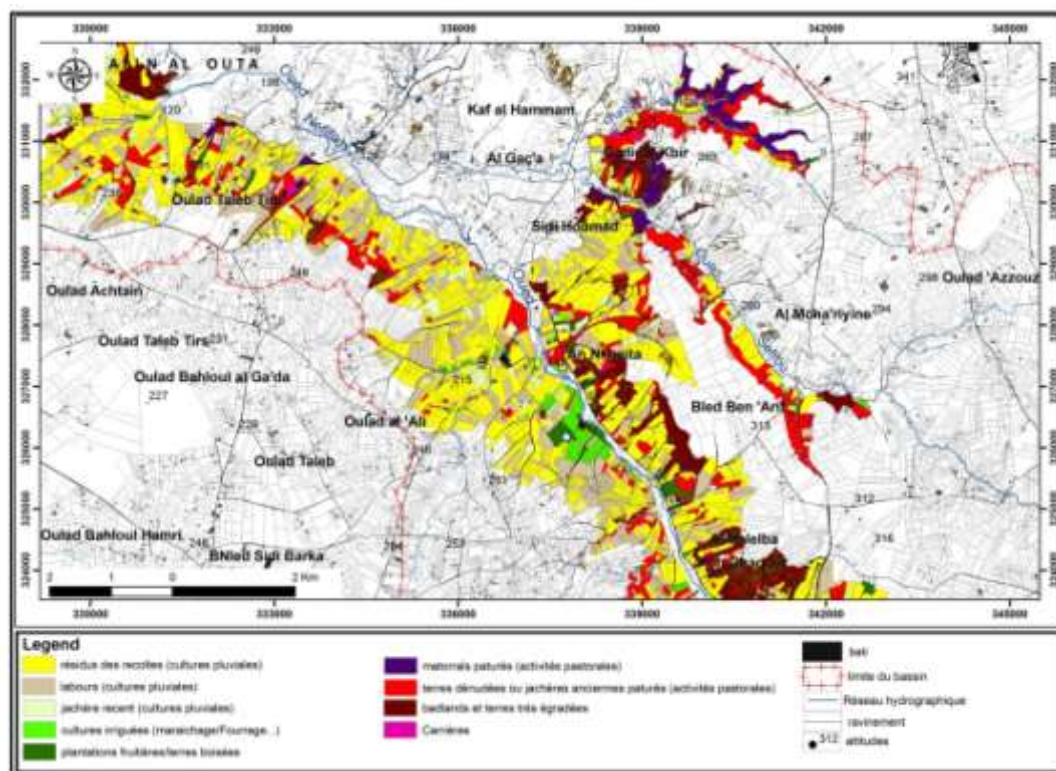
moyen profond, et se caractérise par son texture argileux qui en constitue 40% (Ghanem 1981), avec 23% de limon ; et le taux de M.O faible ne dépasse souvent 1.5%.

Figure N°2 : Répartition des sols sur les versants de l'Oued Nefifikh.



Source : image satellitaire Landsat 2015 / INRA/ www.fertimap.ma

Au niveau d'utilisation du sol (Figure N° 3): Ces versants triasiques, sont dominés par les cultures céréalières en sec qui en occupe 60% de cet espace. Par contre, les plantations d'arbres fruitières et les cultures maraichères et sous serres n'occupent qu'une surface limitée représentant 3.4%. Alors que, les activités pastorales sont pratiquées sur les restes, soit sur les pentes raides du matorral dégradé (15%) composées, principalement, de peuplement de broussailles (*Chamaerops humilis*, *asphodelus microcarpus*, *olea europea*, *asparagus albus*...), soit sur les terres dénudées

Figure N°3 : carte de l'utilisation des sols en automne 2015

Source : Image satellitaire 2015- Carte topographique Benslimane 1 /50000-

Interprétation de l'image sur le terrain en automne 2016

1. Problématique :

Cet article se focalise sur les versants triasiques couverts essentiellement par le vertisol. Une grande partie de ces versants est utilisée dans les céréalicultures pluviales (70%). En effet cette zone devient de plus en plus souffrir de la dégradation progressée, de la baisse des rendements et du recul des parcelles agricoles qui sont remplacées par des terres abandonnées définitivement (25.63% du vertisol abandonné).

Dans ce contexte, cet article essaye d'étudier l'effet des quelques pratiques agricoles conventionnelle sur la vulnérabilité structurale du sol et leur relations avec des diverses processus d'érosion hydrique.

Nous avons posé deux questions principales qui nous conduisent à mieux comprendre la situation évoquée.

- ❖ Comment les variations de quelques pratiques agricoles contribuent à mieux connaître le rythme d'infiltration mesuré sur ce sol?
- ❖ Quelles sont les pratiques de conservation du sol qui peuvent donner lieu à des résultats intéressants quant à la protection contre l'érosion hydrique?

2. Matériel et méthodes

La méthode adoptée et présentée dans cette intervention se base sur trois axes :

- ❖ Le premier axe se focalise sur la modélisation spatiale des zones vulnérables à l'érosion hydrique sur les versants triasiques en fonction du model RUSEL Wishmeir et Smith (1978), qui est intégré dans un SIG à l'aide du logiciel ARCGIS, il s'agit d'identifier les classes spatiales homogènes selon le degré de dégradation, mais aussi selon les formes d'occupation des terres.
- ❖ Le deuxième axe, concerne le choix des parcelles expérimentales, sur la base des normes connues et crédibles, sous les mêmes conditions naturelles (même sol « vertique », pente entre 5 - 10% dans les terres agricoles pluviales et entre 10- 19% sur les parcelles d'oliviers). 8 parcelles pilotes étaient ciblées pour mesurer l'infiltration via le dispositif des doubles anneaux (Muntz), tout en faisant un suivi de processus de l'état de surface par la méthode points quadras (le taux de couverture, d'ouverture, et bien le taux de fermeture du sol : existence d'une croute de battance, d'encroutement etc). Les observations ont été effectuées en 3 temps espacés. Le printemps de 2016 (année sèche) et 2017 (Année humide) ; l'automne de 2017.

Figure N°4 : le dispositif des doubles anneaux (Muntz)



- ❖ Les différentes bases de données collectées sont transférées aux diagrammes afin d'analyser les relations interactives précisées auparavant.

3. Résultats et discussion.

3.1. L'évaluation spatiale de perte en sol en fonction du modèle RUSEL.

La perte annuelle du sol (Figure N° 5), dans les versants triasiques couverts par le vertisol, manifeste une distribution spatiale varie d'un secteur à l'autre, dont 14% de l'espace connaît une érosion importante estimée de 22.4 t/ha/an, et 6.5% dépasse 36.6 t/ha/an. Tandis que, 19.62% de superficie enregistré un seuil d'érosion moyen varie entre 11.2 et 22.4 t/ha/an. Le

reste à connu une érosion faible inférieure à 11.2 t/ha/an, dont 8% est considérée comme des espaces stables avec une quantité de perte annuelle inférieure à 1 t/ha/an.

A partir de cette carte, Il faut signaler également qu'au niveau des glacis d'accumulations colluviales ombrés, la perte en nappe est devenue faible, en raison du bilan sédimentaire positif, et aussi à raison du vertisol épais qui contribue à la cohésion de surface contre les désagréations du sol, en comparaison avec les amonts triasique et les versants ensoleillés à lesquels l'érosion devient très grave en particulier sur le basalte.

La corrélation entre l'érosion et le facteur LS (topographique) est devenue relativement significative vers l'amont ($R^2 = 0.89$), alors on peut donc considérer que toutes les techniques et les méthodes qui visent la rupture de la longueur de la pente et de la réduction de sa vigueur sont identifier et à évaluer.

Figure N°5 : Carte de perte du sol en fonction du model RUSSEL (t/ha/an) dans les versants triasiques (A : Vertisol / B : Sol rouge / C : Sol calcimanitique).

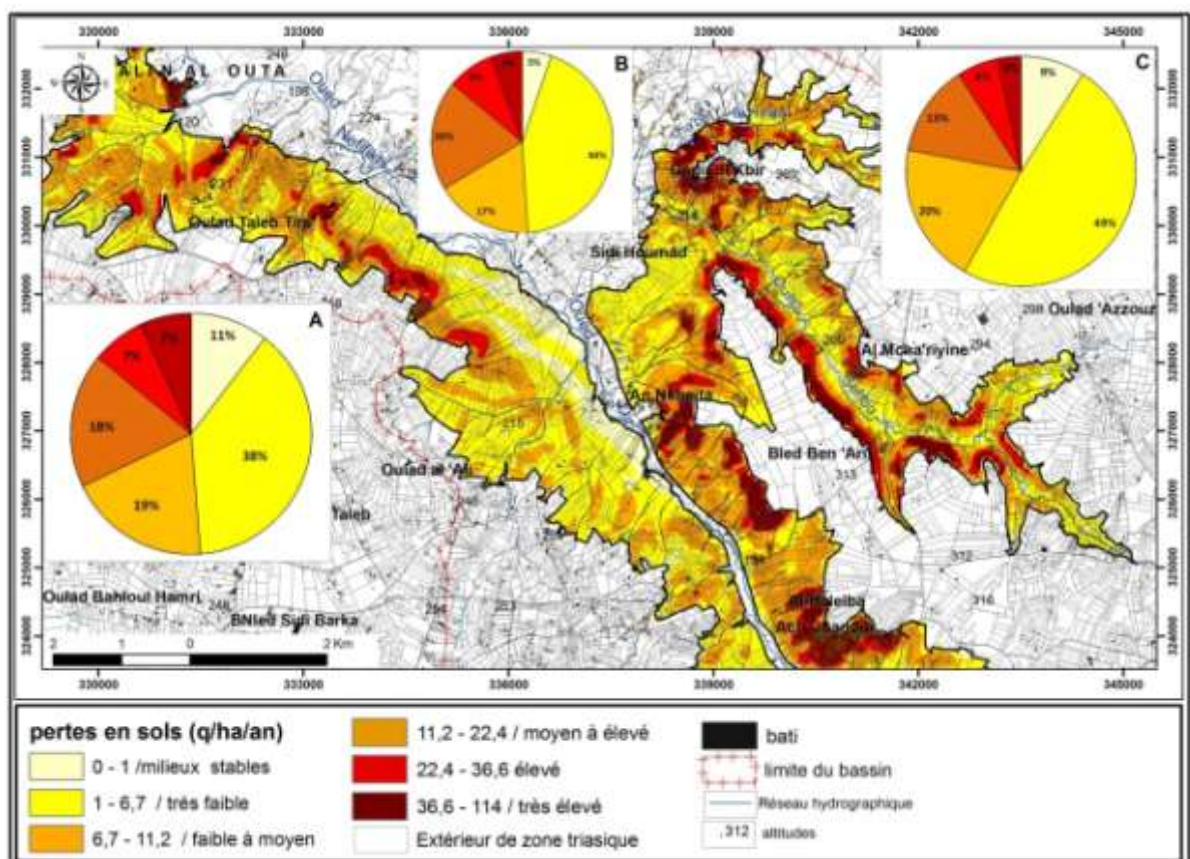
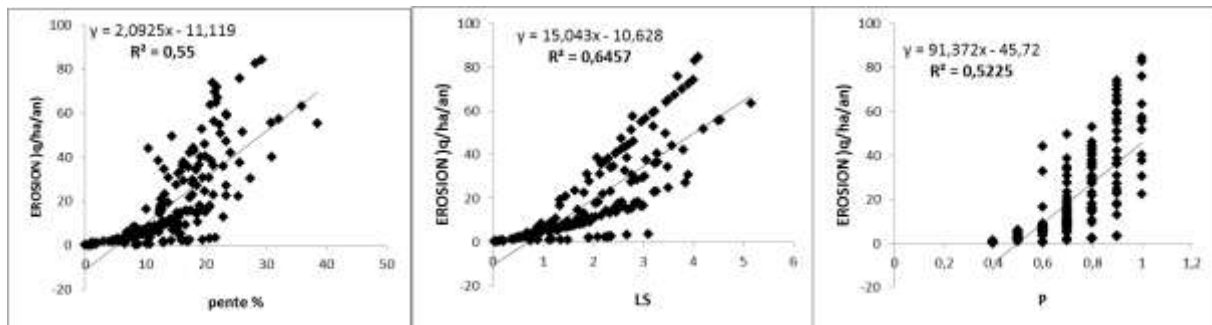


Figure N°6 : la corrélation entre la perte du sol et les facteurs suivants : LS/ taux de pente / facteur P. (au vertisol).



Source : Carte de perte du sol.

La perte du sol en fonction de **l'exposition des versants** montre que ceux qui sont ensoleillés connaissent des taux des pertes plus élevées. Il apparaît que le versant S.E a enregistré une moyenne de 25.9 t/ha/an, et la partie Est a donné une moyenne de 27.27 t/ha/an (Figure N° 7). Par contre, on a remarqué que les versants ombrés ont connu une moyenne de perte modérée de 10 t/ha/an.

Figure N°7 : Indices de la fragilité élevée à l'érosion hydrique dans les versants triasique ensoleillés d'oued Nefifikh.



Source : le terrain.

Selon **le système d'utilisation du sol**, la distribution de l'érosion a montré, également, des variabilités significatives. Alors la haute perte du sol a été enregistrée dans les badlands et la matorral dégradé et stérile avec une moyenne varie de 33.6 à 20.6 t/ha/an (Max=84.42 t/ha/an et Min=0.051 t/ha/an). Cependant, les jachères et les terres agricoles pluviales ont donné une

moyenne modérée entre 7.6 à 9 t/ha/an. Alors que les parcelles d'arboriculture et d'arbres fruitiers, ont montré le plus faible moyen de perte de 1.71 t/ha/an.

A partir de cette évaluation primaire, qui s'appuie sur le Modèle Russel et les visites de terrain, on peut dire que la plupart des versants triasiques connaît une forte fragilité et une grande susceptibilité à l'érosion, notamment dans les versants ensoleillés. Cette dynamique est expliquée par des facteurs naturels, tels que l'importance des pentes raides, les faciès triasiques (argile rouge/ basalte) altérés et leur formation superficielle friable, et dominance des profils tronqués sur des terres incultes. Malgré Ceux-là les champs d'arboriculture montrent une capacité significative à protéger ces versants raides.

Au niveau de l'impluvium (pente ente 5 et 10%), la dynamique de dégradation des terres se pose la question du rôle des facteurs anthropiques majeurs, telles que, les pratiques agricoles (la rotation agricole, la mécanisation, le labour etc.). Pour mieux les comprendre, nous avons essayé d'évaluer quelques résultats qui peuvent contribuer à comprendre l'impact d'arboriculture et des rotations agricoles pluviales, à changer les propriétés structurales du sol et ses impacts sur la porosité et la capacité d'infiltration.

4. L'évaluation de l'impact des pratiques agricoles sur le comportement hydrologique et la stabilité des sols arables.

Le résultat de la conductivité hydrique qui est testée par la méthode Muntz, a montré une variabilité selon l'utilisation du sol et la couverture. Alors, la forte perméabilité est enregistrée dans les parcelles d'oliviers et d'oléicultures avec une moyenne de 20.3 mm/min. Tandis que les terres céréalières en sec, ont montré un rythme modéré de l'infiltration avec 17 mm/min. Lorsque, la moyenne d'infiltration a connu une régression dans le matorral moyen dense à 13.9 mm/min à cause de surface tassée par les piétements des bétails. Cependant le faible drainage est enregistrée sur les matorrals dégradés et sur les terrains nus, avec une rythme très faible varie entre 0.36 et 0.07 mm/min, et ceci est dû à la densité apparente élevée sur la surface tronquée ce qui peut favoriser le ruissèlement érosif

4.1. L'impact des pratiques agricoles pluviales.

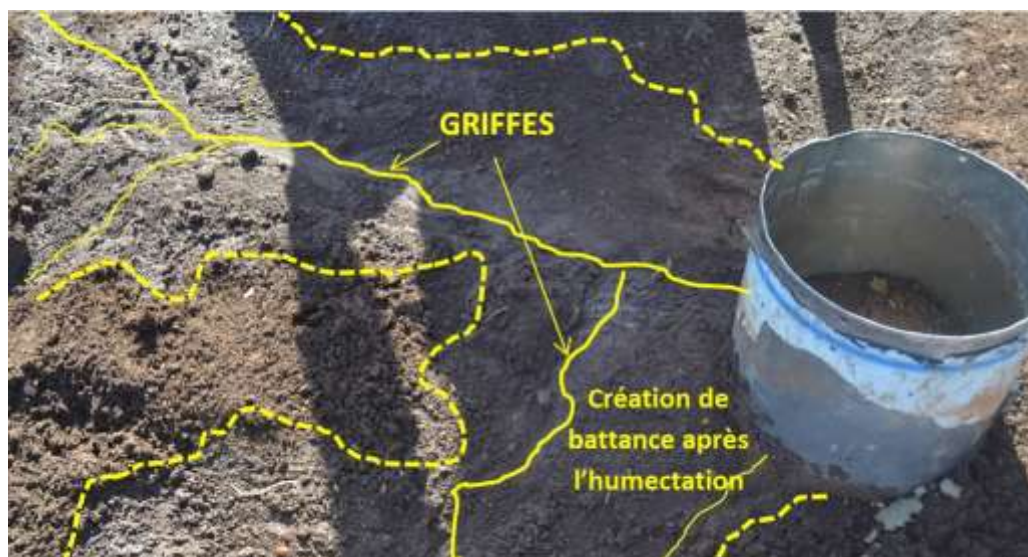
Durant la campagne des mesures, nous avons enregistré une variabilité importante dans le rythme de l'infiltration selon les étapes et la rotation agricole pluviale (Tabl.1). Nous les présentons en trois notes

Tableau N°1 : Evoluer le rythme d'infiltration (mm/min) dans les parcelles d'échantillonnage.

sites	Situation du sol durant les mesures (printemps 2016 et 2017 et automne 2017)	printemps 2016	printemps 2017	automne 2017
C1	Labour/blé/labour	4.15	0.93	6.8
C2	Résidus de l'avoine /blé /résidus	2.7	28.95	26.4
C3	Jachère/labour/jachère	5.2	14.7	2.95
C4	Labour/jachère/labour	8.8	14.3	11.7
C5	Labours/blé/résidus	6.4	0.22	0.93
C6	Pois chiche/blé/ résidus	10.2	68.63	Infiltration très élevée

Source : mesures de terrain.

Figure N°8 : des signes de déclenchement du ruissèlement et forme les griffes sur les parcelles labourés (vertisol : parcelle C3). (Automne 2017)



Source : Visites de terrain.

❖ **Le labour conventionnel:** nous avons observé sur le sol moyen profond que les champs labourés sont caractérisés par une conductivité hydrique très faible avec une moyenne de 7.2 mm/min, l'observation montrent que certains travaux conventionnel effectués notamment par le Cover Crop, sur des sols encore saturés, et moins couverts par des résidus de récolte, contribuent à la diminution énormément de la porosité et du drainage, car le labour sous ces conditions accélère la minéralisation des M.O, et affaiblit la résistance des agrégats (Sabir et Roose 2004), ceci conduit à des fortes discontinuités dans l'évolution chronologique de la porosité des couches de surface et la formation d'hétérogénéité verticale ou latérale à faible perméabilité (comme le parcelle C1 et C5) . (Monier et al., 1986).

❖ **Les résidus de récoltes** : il a été constaté également que les résidus de récoltes, ont amélioré la perméabilité qui a progressé à 18.9 mm/min (exemple, parcelle C2 et C6 dans l'automne). De ce fait, les parcelles non labourées, avec résidus de culture laissés en place, génèrent des ruissellements plus faibles en comparaison avec le labour conventionnel.

❖ **la rotation agricole** : il faut signaler que la forte valeur d'infiltration est enregistrée dans les parcelles agricoles qui s'appuient sur l'assolement (céréale/légumineuse) avec 26.3 mm/min, tandis que les terres de jachère- Céréalière avec le pâturage saisonnière (les parcelle C1, C3, C4 et C5), ont montré un mauvais rythme d'infiltration de 7.14 mm/min, et ce dernier peut générer un écoulement très fort et capable d'élever la quantité des matières en suspension (Al karkouri et al., 1999).

Dans le même cadre, nous avons visualisé que les courbes de perméabilité dans les surfaces qui ont subi à des rotations jachère- Céréalière, ont connu une décroissance rapide après l'humectation (après moins de 5 à 10 min), lorsque la surface se transfère rapidement de l'état d'ouverture à l'état de fermeture sous forme des croûtes de battances qui diminuent la porosité (FIG. 8).

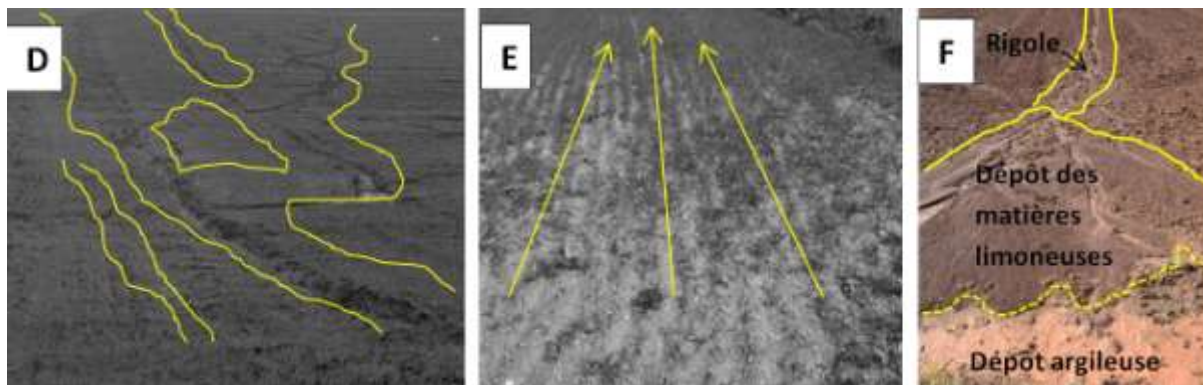
Alors, la difficulté d'infiltration a montré une corrélation pas claire entre la capacité d'infiltration et l'état de surface mesurant par méthode points quadra. En raison des autres facteurs internes, qui contrôlent en parallèle le rythme d'infiltration, tels que le teneur en M.O, la stabilité des agrégats et sa sensibilité à l'effet de l'énergie agressive des événements extrêmes, et aussi l'ampleur de la compaction de la mécanisation sur les parcelles (FIG. 9 /C).

Figure N°9 : variation de l'état de surface selon les pratiques agricoles (A : parcelle d'olivier (O2)/ B : parcelle de l'assolement (C8) / C : Parcelle de monoculture (automne 2017) .



Source : Visites de terrain.

Figure N°10 : variation de l'état de surface selon les pratiques agricoles (A : parcelle d'olivier (O2)/ B : parcelle de l'assolement (C8) / C : Parcelle de monoculture (automne 2017) .



Source : Visites de terrain.

De ce fait, ces pratiques agricoles, avec le labour par le Cover Crop en perpendiculaires avec les courbes de niveaux, élèvent la vulnérabilité vis-à-vis du ruissellement érosif, (Roose 1986 ; Douzet et al., 2010) et le phénomène des griffes et rigoles en temps très court (Figure N° 10), durant des pluies de forte intensité et surtout en automne. lorsque les plants de céréales ne réussissent pas encore à protéger le sol, l'érosion s'accroît en évacuant des sédiments vers le bas des champs (Laouina et al 1997, Nafaa 1997; Laouina et al 2010). A l'inverse, cette situation n'est pas remarquable dans les parcelles de l'assolement (céréale/légumineuse), parce que, cette rotation améliore la protection physique de la surface du sol (augmentation la résistance des agrégats, une bonne infiltration et capacité de stockage d'eau et réduire les risques de battance, ...) (Figure N° 9/B), ce résultat se conforme avec les résultats obtenus par (Laouina et al., 2010 ; Machouri et al., 2013).

4.2. L'impact d'oléiculture et parcelles d'oliviers à l'amont des versants triasique:

Les parcelles arborées par d'oliviers ont montré une capacité d'infiltration très élevée, surtout dans le vertisol, avec une moyenne de 20.3 mm/min, et notamment à la surfaces enherbées avec une moyenne de 24 mm/min.

Parmi les bons exemples qui expliquent le rôle des arbres d'oliviers dans le vertisol, on peut citer les suivants : (tableau 1)

Tableau N°2 : Evolution du rythme d'infiltration (mm/min) dans les parcelles d'olivier (pente plus de 10%).

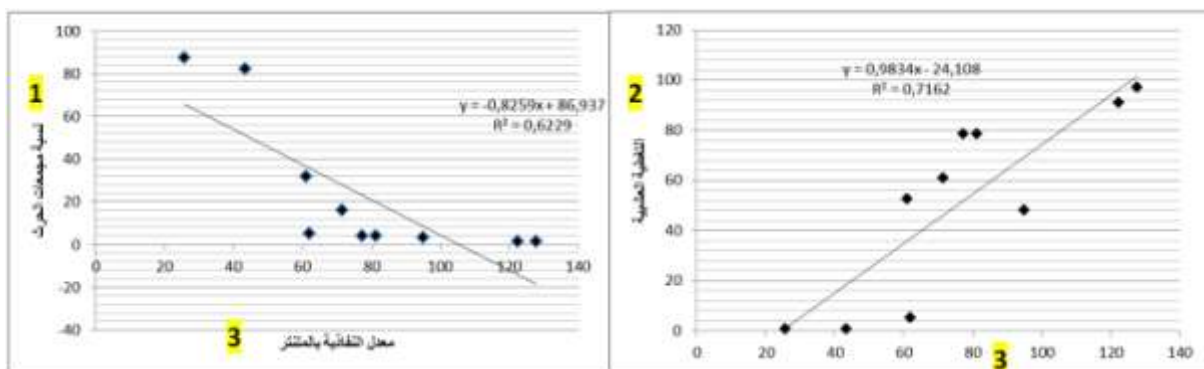
sites des parcelles d'oliviers		La surface	printemps 2016	printemps 2017	l'automne 2017
O1 L'oléiculture (7ans)	O1a	surfaces enherbées	16.25	23.78	Fissures profondes
	O1b	Surfaces labourées	5.1	12.05	Fissures profondes
O2 (olivier Bourclôturé) (7 ans)		surfaces enherbées	23.33	53.7	Fissures profondes
O3 L'oléiculture (5ans)		Labour/herbes/labour	7.3	14.5	11.93
O4 (olivier Bourclôturé) (5 ans)		surfaces enherbées	2.5	19.1	11.81

Source :

❖ **Dans la parcelle O1 (L'oléiculture (7ans)) pente 19%:** on trouve des aménagements à l'amont du versant sous forme bandes parallèles, suivant les courbes de niveaux, composées d'un mélange entre les herbes permanentes et les oliviers qui s'alternent avec des bandes cultivées. Ces obstacles biologiques jouent un rôle très important à freiner le ruissellement et à favoriser la sédimentation (Rey et al., 2004). Cet aménagement permet d'améliorer l'épaisseur du sol et l'infiltration, se réduit l'érosion et conserve des eaux et des sols.

On peut remarquer aussi dans cette parcelle, que les corrélations significatives ont été observées entre l'infiltration et la densité de couverture végétale ($R=0.7$), et également que la capacité d'infiltration a progressé en parallèle avec la diminution des taux d'ouvertures dus au labour, avec une corrélation de $R=0.6$ (Figure N°11). C'est pourquoi, il est important d'éviter le labour dans l'amont des versants triasiques raides et le remplacer par des techniques de fixations biologiques, pour la lutte antiérosive.

Figure N°11 : la corrélation entre l'infiltration (mm/5min) 3 et l'état de surface (% d'ouverture 1 et % de couverture 2), dans les parcelles d'olivier (le vertisol)



Source : mesures de terrain.

❖ **Dans la parcelle O2/ vertisol/pente 14%** : cette parcelle d'olivier clôturée a montré une grande capacité d'infiltration à l'amont des versants triasiques dégradés en comparaison aux autres utilisations. La clôture et les oliviers ont permis d'améliorer énormément les paramètres de la couche superficielle. Et parmi ses indicatrices, il y a d'une part, l'intensification des herbes couvrant 80% de la surface et la litière qui enrichit le profil en M.O ce qui permet de protéger la surface contre les croûtes de battances et l'érosion hydrique (LeBissonnais 1996). D'autre part, ces conditions permettent l'augmentation des activités biologiques par les vers de terres et des systèmes racinaires (Figure N°9/A et Figure N°12). C'est ainsi que le profil devient très poreux avec une grande capacité d'absorber et stocker les eaux durant les événements agressifs. Ces paramètres luttent efficacement contre l'érosion.

Figure N°12: Photo montre la stabilité des agrégats dans la parcelle d'oliviers (O2).



Source : Visites de terrain.

Conclusion et quelques propositions:

Ces résultats confirment que le risque d'érosion hydrique dans le bassin versant semi-aride de l'oued Nefifikh moyen ne dépend pas seulement des intensités irrégulières des événements pluvieux à caractère orageux, et la forme de la pente raide, et les caractéristiques des faciès basaltiques et argiles rouges triasique friable, mais il est en relation avec les autres facteurs anthropiques conventionnels, dans ce cadre, nous avons observé que les paysans ne sont pas conscients de la gravité qui menace leurs champs par le phénomène de l'encroûtement sous-jacent et superficiel (certaines parcelles observées souffrent de problème de compactage par des roues), car ces paysans ont pratiqué leurs labours pendant des périodes inappropriées, dans des conditions d'humectation très élevée avec répétition du labour dans les années sèches et dans les champs appauvris de sables de biomasse (les résidus de récoltes/ litière...). Ces pratiques majeures contribuent, d'une part, au niveau écologique, à la diminution de

porosité de surface et à la réduction de conductivité hydrique et à l'accélération des risques de ruissellement et d'érosion hydrique en nappes et en rigoles sur des parcelles céréalières en sec sur les versants concaves... et d'autre part, au niveau socio-économique, à la régression de rendement des parcelles de productions céréalières (Lopez-Bellido 1992 ; Sabir et Mrabet 2002) et ne contribuent pas à accroître les revenus des agriculteurs, qui peut élever les risques de la pauvreté et de la vulnérabilité sociale. C'est pourquoi, il faut d'abord adopter des stratégies et méthodes locales qui se montrent leur efficacité à assurer une bonne conservation durable des ressources des sols et des eaux.

Parmi les propositions qui sont identifiées sur terrains, nous citons, d'abord **Au niveau de l'amont des versants triasiques**, il est nécessaire d'encourager et d'appuyer les systèmes biologiques de fixation de l'amont par des arbres fruitiers tels que l'olivier en Bour. Ensuite, **Au niveau des impluviums**, en part, l'assolement continu donne des indicateurs forts à l'amélioration de la qualité du sol (bonne capacité de stockage d'eau et drainage efficace) et le bon rendement. Deuxième part, on doit respecter, durant le labour, les normes suivantes : il est nécessaire de garder les résidus de récoltes mortes avec l'amendement par les engrais organiques (Figure N°13/G). Ces deux critères permettent d'enfuir de grandes quantités des résidus, ce qui évite l'encroutement de compactage du sol, régularise l'infiltration et augmente la capacité du sol à la conservation des eaux. D'autre part, s'ajoute l'utilisation d'un outil traditionnel servant à casser le compactage superficiel des roues et à augmenter alors la rugosité du sol. Cet outil est efficace dans les micro-parcelles et les pentes raides (Fig. 12/H).

Fig.13 : quelques techniques locales de gestion conservatrice, G : l'amendement / H : la Herse pour casser le compactage des roues/ I : charrue traction animale



Source : Visites de terrain

BIBLIOGRAPHIE

Beaudet, G. (1969). Le plateau central marocain et ses bordures. Etude géomorphologique. Rabat. p: 478.

Douzet, J.M., Scopel, E. Muller B. Rakotoarisoa J. Albrecht A. & Razafindramanana N.C. (2010). Effets des systèmes de cultures en semis direct avec couverture végétale sur le ruissellement et l'érosion des cultures pluviales des Hautes Terres de Madagascar. Association française pour l'étude des sols. 17,2 :131-142.

Laouina A. Naciri R. Chaker M. Ferreira A. Boulet A.K. Coelho C. Nafaa R. (1999). Les milieux et les sols de la région de Benslimane, caractérisation des milieux et analyse des processus de dégradation. Publication de la chaire UNESCO-GAS Natural. V 2 : p 59 – 82 .

Laouina A. Aderghal M. Al Karkouri J. Chaker M. Machmachil I. Machouri N. Sfa M. (2010). Utilisation des sols, ruissellement et dégradation des terres: le cas du secteur Sehou, région atlantique (Maroc). Science et changements planétaires/Sécheresse. 22,4. p: 309–316.

Le Bissonnais Y. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. I. Theory and methodology. European Journal of Soil Science. 47: 425-437.

Lelong F. Roose E. Darthout. Trevisan D. (1993). Susceptibilité au ruissellement et à l'érosion en nappe de divers types texturaux de sols cultivés ou non cultivés du territoire français. Expérimentation au champ sous pluies simulées. Science du sol. V 31. N 4 :251–279.

Lopez-Bellido L. (1992). Mediterranean cropping systems. Ecosystems of the World, Field crop ecosystems. Pearson, C.J. (edt) p:311-356.

Machouri N . Laouina A. Chaker M. (2013). Mesures de la végétation et des états de surface du sol pour l'évaluation de fonctionnement hydrique, application aux techniques de CES dans la commune des sehou : ARGDT. Proceedings de la réunion multi-acteurs. sur le bassin du Bouregreg 28 mai 2013. p: 103-118 .

Monnier G. Boiffin J. Papy F. (1986). Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'ouest. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie. 22,2 .p: 123-131.

Nafaa R. (1997). Dynamique du milieu naturel de la Mamora et ses bordures. Thèse doctorat d'état en Géographie. Université Mohamed V, Rabat. p : 275 .

Ghanem . (1981). Contribution à la connaissance des sols du Maroc. Genèse et répartition des sols des régions des Zaers de la basse Chaouia et Shouls (Mésète atlantique marocaine) . Cahiers de recherche Agronomique, INRA-Rbat. p: 481.

Ouvry J.F. (1990). Effet des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par ruissellement concentré. Expérience du Pays de Caux (France). Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 25,1-2. p : 157–169.

Saber N et Mrabet R. (2002). Influence du travail du sol et des rotations de cultures sur la qualité d'un sol argileux gonflant en milieu semi-aride marocain. Etude et gestion des sols, V 9,p : 43–53

Sabir N et Roose E (2004). Influences du couvert végétal et des sols sur le stock de carbone du sol et les risques d'érosion et de ruissellement dans les montagnes méditerranéennes du Rif Occidental (Maroc). Bulletin du Réseau Erosion. N23. p: 144-154

Rey F. Ballais J.L. Marre A. Rovera G. (2004). Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. Comptes rendus géoscience. V336. N11 : 991–998.

Roose E. (1986). Runoff and erosion before and after clearing depending on the type of crop in western Africa. Land Clearing and Development in the Tropics. AA Balkema Publishers, Rotterdam : 317-330.

Wischmeier W.H. et Smith D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion losses, Agriculture Handbook no. 57, US Department of Agriculture. Washington DC. USA : 58p.

Umlil J . 1999. Le patrimoine forestier de la province de Benslimane, enjeux et défis de la gestion durable . Publication de la chaire UNESCO-GAS Natural. V 2 : 17 – 26.