

# Impacts de défrichement sur la dégradation des sols dans le moyen atlas central, cas de la dépression d'Ain Nokra

*Impactos da limpeza da terra na degradação do solo no Atlas Central do Meio, caso da depressão de Ain Nokra*

*Impacts of land clearing on soil degradation in the central Middle Atlas, case of the Ain Nokra depression*

**Khalid EL HAIRCHI**

Sultan Moulay Slimane university , Bni Mellal, Morocco

**Abdelhak LIMAME**

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco

**Youssef BENBRAHIM**

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco

**Mohcine EL OMMAL**

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco



## RESUME:

**Objectif de recherche:** L'objectif de cet article consiste à évaluer et quantifier les impacts de défrichement sur les sols : La perte de fertilité des sols défrichés a été évaluée à l'aide d'analyses physico-chimiques des sols sous forêt (Chêne vert), et dans des terrains de parcours et les parcelles défrichées Transformées en terres arables depuis longtemps (+10 ans).

**Méthodologie:** La simulation de pluies (avec simulateur simple) a été utilisée pour évaluer les impacts du défrichement et de la mise en culture sur le comportement hydrodynamique du sol.

**Résultats:** Les résultats obtenus montrent que la dégradation des forêts, a des conséquences négatives sur le milieu naturel. Premièrement le sol devient instable sous les effets du piétinement du cheptel et les labours successifs. Deuxièmement il y a réduction des réserves du sol, à savoir la matière organique qui baisse de 33,61% de sa teneur initiale, l'augmentation du taux l'azote minéral est passé de 1,61 à 7,73 mg/100g. Troisièmement, les pertes en sols par l'érosion hydrique ont atteint 0,85 t/ha pour une séquence de précipitation de 80 mm h<sup>-1</sup> pendant 45 minutes. Les résultats expérimentaux de cette analyse au niveau de la dépression Ain Nokra montrent le rôle non négligeable des écosystèmes forestiers bien conservés dans la protection du sol contre l'érosion hydrique, et dans la conservation des ressources en eau.

**Originalité/Valeur :** Cette étude représente la première simulation de l'érosion au niveau d'Ain Nokra (Moyen Atlas). Sur le plan scientifique, cet article aborde le rôle de la végétation dans la préservation des sols contre l'érosion, ainsi que son impact dans l'enrichissement du sol en matières organiques.

**Mots clés:** Moyen Atlas Central, Ain Nokra, Simulateur, Défrichement, Erosion hydrique

## RESUMO

**Objetivo da Investigação:** O objetivo deste artigo é avaliar e quantificar os impactos do desbravamento sobre os solos: a perda de fertilidade dos solos desbravados foi avaliada através de análises físico-químicas de solos florestais (azinheiras), de pastagens e de parcelas desbravadas transformadas em terras aráveis há muito tempo (+10 anos).

**Metodologia:** A simulação da precipitação (utilizando um simulador simples) foi utilizada para avaliar o impacto da limpeza e do cultivo no comportamento hidrodinâmico do solo.

**Resultados:** A degradação das florestas tem consequências negativas para o ambiente natural. Em primeiro lugar, o solo torna-se instável devido aos efeitos do pisoteio do gado e das lavouras sucessivas. Em segundo lugar, verifica-se uma redução das reservas do solo, com uma diminuição da matéria orgânica de 33,61% do seu nível inicial e um aumento dos níveis de azoto mineral de 1,61 para 7,73 mg/100g. Em terceiro lugar, as perdas de solo por erosão hídrica atingem 0,85 t/ha para uma sequência de precipitação de 80 mm h<sup>-1</sup> durante 45 minutos. Os resultados experimentais desta análise na depressão de Ain Nokra mostram o papel significativo de ecossistemas florestais bem preservados na proteção do solo contra a erosão hídrica e na conservação dos recursos hídricos.

**Originalidade/valor:** Este estudo representa a primeira simulação da erosão em Ain Nokra (Médio Atlas). De um ponto de vista científico, este artigo aborda o papel da vegetação na proteção dos solos contra a erosão, bem como o seu impacto no enriquecimento do solo com matéria orgânica.

**Palavras-chave:** Atlas Central Médio, Ain Nokra, Simulador, Limpeza, Erosão hídrica

## ABSTRACT

**Research Purpose:** The aim of this article is to evaluate and quantify the impacts of land clearing on soils: the loss of fertility of cleared soils was assessed using physico-chemical soil analyses under forest (Holm Oak), and in rangeland and cleared plots transformed into arable land a long time ago (+10 years).

**Methodology:** Rainfall simulation (using a simple simulator) was used to assess the impact of land clearing and cultivation on soil hydrodynamic behavior.

**Results:** The results show that forest degradation has negative consequences for the natural environment. Firstly, the soil becomes unstable under the effects of trampling by livestock and successive ploughing. Secondly, soil reserves are reduced, with organic matter dropping from 33.61% of its initial level, and mineral nitrogen rising from 1.61 to 7.73 mg/100g. Thirdly, soil losses through water erosion reached 0.85 t/ha for a precipitation sequence of 80 mm h<sup>-1</sup> for 45 minutes. The experimental results of this analysis in the Ain Nokra depression demonstrate the significant role of well-preserved forest ecosystems in protecting soil against water erosion and conserving water resources.

**Originality/value:** This study represents the first simulation of erosion at Ain Nokra (Middle Atlas). From a scientific point of view, this article addresses the role of vegetation in preserving soils against erosion, as well as its impact in enriching the soil with organic matter.

**Key words:** Middle Atlas, Ain Nokra, Simulator, Land clearing, Water erosion

**Como citar:** El Hairchi, K., Bem Brahim, Y., El Ommal, M., & Limane, A. (2023). Impacts de défrichement sur la dégradation des sols dans le moyen atlas central, cas de la dépression d'Ain Nokra. GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território, 26, 224-237. DOI: <https://doi.org/10.17127/got/2023.26.009>

## 1. Introduction

Comme toutes les actions anthropogènes, la déforestation engendre de nombreux effets, plus ou moins irréversibles (Pomel & Salomon, 1998). Elle constitue l'une des causes de la dégradation du sol. Surtout, si elle est accentuée par la mise en culture, ce qui perturbe profondément la dynamique naturelle des sols (Roose et al., 1981). D'autre part le manque de la litière donne des sols pauvres en matière organique et minérale et favorise l'augmentation de taux de l'acidité et des matières toxiques (Al et Mn) du sol (Pomel & Salomon, 1998), en conséquence un compactage accompagné d'une diminution de la porosité et de l'infiltration du sol, en contrepartie un déclenchement d'érosion superficielle (El Mazi et al, 2021).

L'absence de végétation protectrice expose davantage les sols aux rigueurs du climat : le déclenchement de lessivage par les pluies emporte l'humus et la matière minérale. Faute de racines pour protéger le sol, l'érosion intervienne avec toutes ses formes (aréolaire, ravinement, rigoles...) et décape le sol des plaines et des versants.

A l'échelle du Maroc, (Knidiri & Tanouti, 1998) estime que le transport des sols arables est d'environ 22 000 ha/an, et que plus de 12 000 000 hectares (dont 1/3 de la surface cultivable) sont menacés de dégradation par érosion, salinisation et surexploitation. Au Moyen Atlas, la partie centrale perdait entre 50 à 200 tonnes/ha/an (Yjjou et al, 2014), cette perte est aussi accentuée par l'érosion chimique (karst), largement rencontré dans la zone d'étude au niveau de la dépression d'Ain Nokra, à cause essentiellement de la dominance des roches carbonatés (Dolomie et calcaire).

Dans la dépression d'Ain Nokra, la perte des sols fertiles issus de l'altération des roches carbonatées est de plus en plus préoccupante. Pour évaluer l'effet de la dégradation des sols de Ain Nokra, nous avons opté pour une simulation des pluies dans trois parcelles la première sous forêt à chêne vert, la seconde sous des matorrals à buis, et la troisième sur un sol mis en culture.

### 1.1. Situation géographique de la zone d'étude

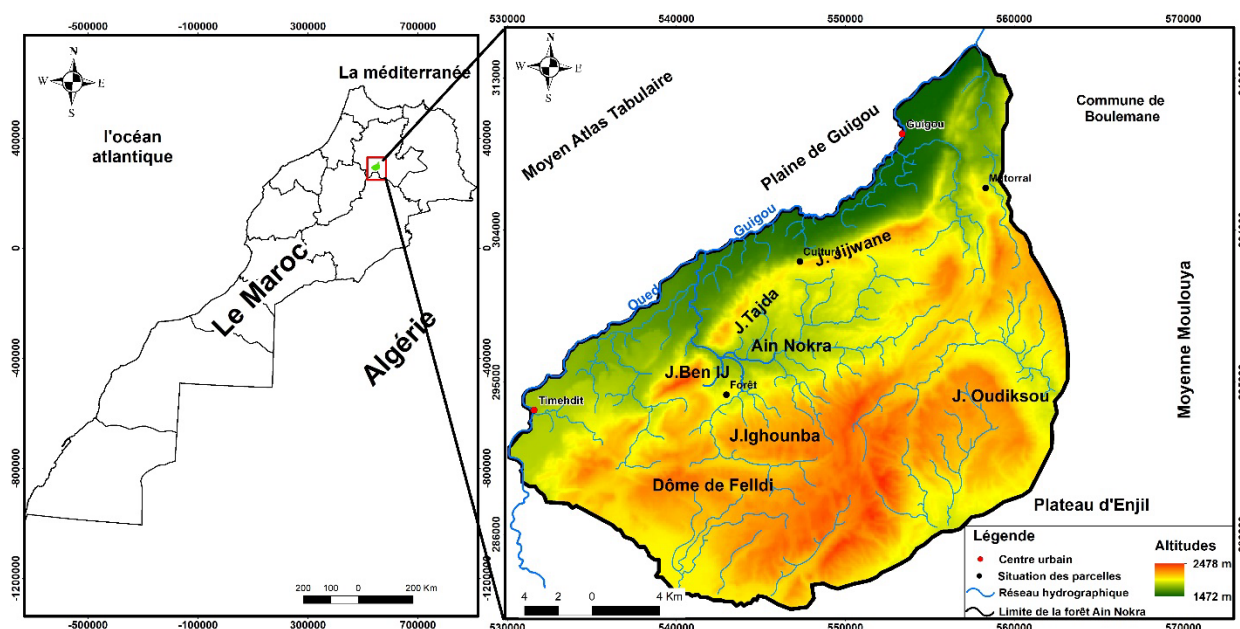
La zone étudiée se trouve dans la dépression d'Ain Nokra faisant partie du moyen atlas central (Figure 1). Géographiquement la zone est circonscrite entre X=563000, X=530000 et Y=315070, Y=282000 (Lambert conique conforme). Sa superficie est d'environ 1368,12 km<sup>2</sup> (Figure 2), et sa topographie comprend 61% de montagnes (moyen atlas) et 39% de plaines qui constituent la zone de vallée proprement dite.

Située dans le Moyen atlas central plissé, la dépression Ain Nokra regroupe des altitudes oscillant de 1500 m à la plaine de Guigou à 2200 m au sommet de Jbel Nokra. Elle fait partie de l'étage bioclimatique subhumide à variante très froide et de l'étage bioclimatique humide à variante froide. La variabilité interannuelle des précipitations est caractérisée par des valeurs minimales de 238 mm à la station d'Aguelmam sidi Ali, de 200 mm à la station d'Ait khabache et de 268 mm à la station de Boulemane, enregistrées respectivement en 1983, 1999 et 2006. Les valeurs maximales sont de 804 mm, de 789mm et

de 1539mm, enregistrés respectivement en 2010 à Aguelmam Sidi Ali, en 1969 à Ait khabache (789mm) et en 1996 à la station de Boulemane (El Hairchi et al., 2022).

**Figure 1**

*Situation géographique de la zone d'étude*



Source: El Hairchi (2021)

## 2. Méthodologie appliquée

Dans le but d'étudier l'impact de la déforestation sur les ressources en sols, des parcelles expérimentales ont été sélectionnées selon des critères bien déterminés en fonction du mode de l'occupations des sols. Les prélèvements du sol ont été effectués dans trois parcelles où le couvert végétal et l'utilisation des sols sont les paramètres distinctifs de ces parcelles. La première parcelle témoin est située sous la forêt (Chêne vert) dont les caractéristiques du sol sont bien conservées, la seconde parcelle est localisée dans un terrain utilisé comme parcours et la troisième parcelle est installée au milieu des terres où l'exploitation des sols bats son plein.

Le comportement hydrodynamique du sol (pluies d'imbibition, infiltration, ruissellement, transports solides) a été mesurées par l'utilisation d'un mini-simulateur de pluies à rampe (un simple irrigateur manuel) (photo n°1) avec une quantité de pluies simulées de 50 litres de hauteur pendant 60 minutes, soit une intensité de  $80 \text{ mm.h}^{-1}$ . Les tests de simulations ont été effectués en période d'été pendant le mois de juin où le sol se trouverait dans son état le plus sec pour avoir des résultats comparables.

### 2.1. Application sur terrain

Les parcelles expérimentales sont situées à l'intérieur de la dépression d'Ain Nokra et ont les coordonnées Lambert suivantes:

**Tableau 1**

*Situation des parcelles expérimentales à la dépression d'Ain Nokra*

	X	Y	Z
<b>Forêt à chêne vert</b>	544918	295665,43	1876
<b>Matorral à buis</b>	557974,74	312211,2	1654
<b>Céréaliculture</b>	547653,80	303412,44	1536

Source: El Hairchi (2021)

**Figure 2**

*Mini-simulateur de pluies à rampe*



Source: El Hairchi (2021)

Les paramètres suivants ont ainsi pu être dérivés :

- La lame d'eau ruisselée (LR en mm),
- La lame d'eau infiltrée (Linf en mm) calculée comme suit :  $(Linf = Pluie - LR)$  ;
- Le coefficient de ruissellement (Kr en%) calculé comme suit :  $Kr = (LR / pluie) \times 100$  ;
- La concentration en sédiments de l'eau ruisselée (Conc. en  $g.l^{-1}$ );
- La perte en sol (Ero en tonne/ha) calculée avec  $Ero = Conc \times LR$ .

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au Laboratoire privé 'AgriLabo' à Fès.



*Densité apparente et porosité*

La densité apparente ( $D_a$ ) et la porosité ( $P$ ) ont été mesurées par la méthode gravimétrique. Trois échantillons ont été prélevés dans chaque parcelle en utilisant un cylindre (0-10 cm). Ces échantillons sont pesés avant et après séchage à l'étuve (105 °C) pendant 24 h (El Mazi et al, 2021). Le calcul des dites paramètres se fait comme suit :

$D_a = P_d / V$  où  $P_d$  est le poids sec de l'échantillon,  $V$  le volume de l'échantillon prélevé et séché

$P = 1 - (d_v / d) * 100$  où :  $P$  est la porosité totale (en pourcentage de volume),  $d_v$  est la densité du sol,  $d$  est la densité de la phase solide du sol.

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1 Granulométrie

L'analyse granulométrique montre que les horizons superficiels (0-20 cm) du sol de la parcelle sous forêt à chêne vert à une texture limoneuse riche en sables en limon, et devienne Limono-argileuse pour le sol sous matorral à buis et le sol de céréaliculture. La comparaison du taux d'argile entre les parcelles indique que ce taux a diminué significativement dans les parcelles de matorral très dégradés (26,54%) et les zones cultivées (26,89%).

**Tableau 2**

*Évolution de la granulométrie du sol (0-20 cm) en fonction de changement d'occupation du sol*

Parcelle	Granulométrie (0-20 cm) (%)			Texture
	Sable	Limon	Argile	
<b>Forêt à chêne vert</b>	42.27	29.49	28.24	Limono-argileuse
<b>Matorral à buis</b>	50.18	23.28	26.54	Limono-argilo-sableuse
<b>Céréaliculture</b>	32.38	40.73	26.89	Limoneuse

Source: El Hairchi (2021)

La distribution de la taille des particules de la couche superficielle du sol (0-20 cm) montre des différences significatives entre le sol sous la forêt, le sol de matorral à buis et le sol de la parcelle défrichée mise en culture. Le sol sous la forêt présente des valeurs plus élevées en limon et en argile en comparaison avec les sols sous matorrals. Le taux d'argile subi une faible (plutôt que fiable) diminution dans la parcelle cultivée (26.89% contre 28.24% pour le sol de forêt ; (le rapport entre les deux est de 1.05 alors qu'il est de 0.72 pour les limons et de 1.3 pour le sable) (Tab. 2). La texture du sol est de type limono-argileuse avec plus de 40% de sable dans le cas de la forêt et sous le matorral à buis et devienne limoneuse avec argile dans le cas des sols cultivés. Ces modifications résultent d'un côté de l'empiètement de troupeaux, qui favorise une désagrégation de la couche arable pendant la période sèche (sol sec), et de l'autre côté de la déforestation. Les zones de céréaliculture se trouvent dans le piémont des montagnes, de ce fait ils reçoivent plus de matières fines, notamment des limons.

### 3.2. Effets de changement d'occupation des terres sur les propriétés chimiques du sol

Les analyses chimiques de l'horizon supérieur du sol (0-20 cm) montrent que le sol sous différentes parcelles est relativement alcalin (pH eau entre 7.4 et 7.7), le changement d'occupation du sol n'affiche pas des différences significatives au niveau d'acidité du sol.

La matière organique (MO) est un indicateur important de la fertilité des sols et joue un rôle important dans la durabilité des systèmes écologiques (Celik, 2005). Le défrichement et la mise en culture a pour conséquence une forte réduction de la MO dans l'horizon de surface. De ce fait, la teneur en MO a diminué de 5,9% pour le sol sous la forêt à chêne vert à 4,16% pour le sol sous matorral très dégradé et enfin à 3.93% pour le sol de la parcelle défrichée mise en culture (soit une minéralisation de -33%) (Tab. 3).

**Tableau 3**

*Comparaison de la MO, pH, CaCO<sub>3</sub> et les éléments fertilisants entre les parcelles étudiées à Ain Nokra le 31/6/2020 et le 01/07/2021*

Paramètres édaphiques	Forêt à chêne vert	Matorral à buis	Céréaliculture
pH (eau)	7,66	7,73	7,7
pH (Kcl)	7,2	7,53	7,46
CaCO <sub>3</sub>	40,51	96,2	Traces
Matière organique (%)	5,92	4,16	3,93
Azote minéral (mg/100g)	1,61	3,49	7,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	15,8	16,91	50,73

Source: El Hairchi (2021)

En revanche la teneur en azote montre une évolution importante après la déforestation. Pour les champs cultivés à Ain Nokra, et selon les analyses chimiques des trois parcelles, l'horizon superficiel du sol cultivés est de 7.73 mg/100g. Une valeur plus élevée par rapport à celle du sol sous forêt à chêne vert qui enregistre une teneur de 1,61 mg/100g. Quant au phosphore assimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), il a enregistré une concentration importante au niveau de la parcelle défrichée et mise en culture (50,73 mg/100g). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les parcelles cultivées sont régulièrement amendées par une quantité importante d'engrais (plus d'un tonne/ha), qui stimule, pour sol alcalin, la fixation du phosphore sous une forme insoluble (Demolon, 1960). Concernant le taux de CaCO<sub>3</sub>, on observe une augmentation très significative dans les sols sous matorral à buis qui ont subi une forte perte de sol, favorisant ainsi l'altération de la roche mère (calcaire) riche en CaCO<sub>3</sub>. Ce taux devient presque nul dans les zones cultivées (zones de dépôts de sédiments), du fait que le CaCO<sub>3</sub> est soluble et peut être transporté avec l'eau vers des endroits plus éloignés des zones de culture.

### 3.3 Effets de changement d'occupation du sol sur l'hydrodynamique du sol

Les caractéristiques physiques desquelles dépend le comportement hydrodynamique du sol (porosité, densité apparente, humidité initiale, état de surface) apparaissent toujours les plus fortement et rapidement affectées par la défriche forestière suivie de la mise en culture. On observe d'une manière générale, une forte

diminution d'humidité initiale qui est passée de 18.85% du sol sous les forêts à chêne vert à 13.73% du sol de la parcelle défrichée mise en culture, cette valeur est de 19,17% pour les sols sous matorral très dégradé de buis où le substrat est limono-argileux à sable. Par ailleurs, la densité apparente qui contrôle largement l'infiltrabilité et le ruissellement a enregistré une faible valeur sous forêt (0.91 g/cm<sup>3</sup>), par contre, sur la parcelle défrichée mise en culture a enregistré une valeur relativement ~~très~~ élevée (1.11 g/cm<sup>3</sup>) (tab n°4).

Ces modifications sont liées à la décomposition des racines préexistantes et à la minéralisation de la teneur en MO suite à la disparition du couvert forestier au profit des terres agricoles (Roose et al., 2002). Ce constat concorde parfaitement avec les résultats obtenus par certains auteurs (Al Karkouri, et al., 2000; Bensalah, et al., 2012).

**Tableau 4**

*Comparaison de densité apparente, porosité du sol sous la forêt et les parcelles dégradées dans la dépression d'Ain Nokra*

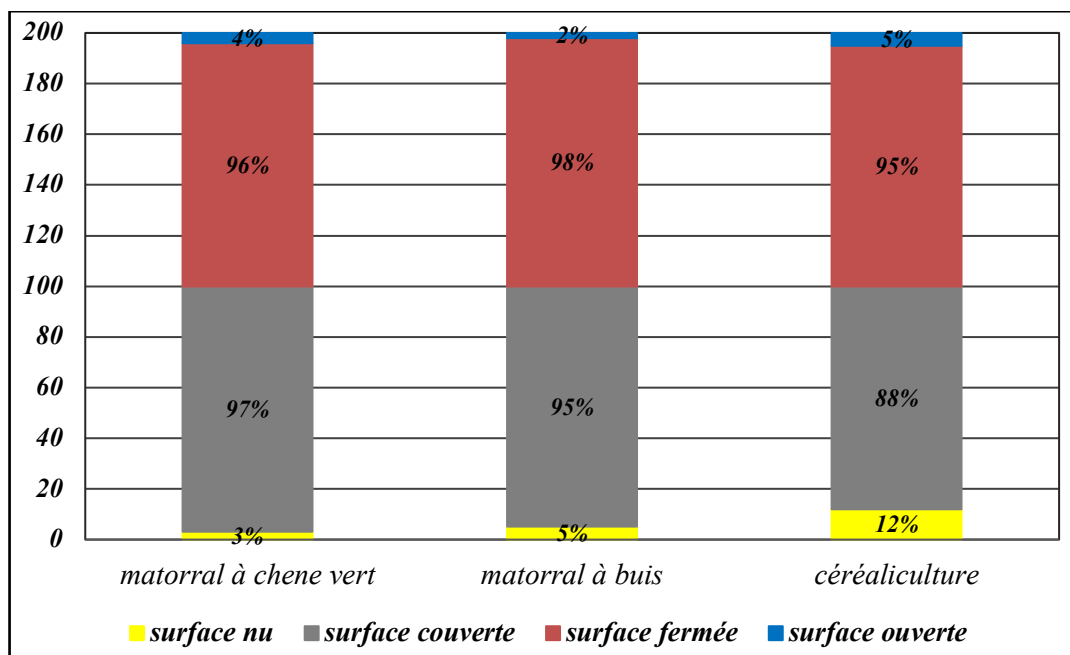
	Humidité initial%	Indice de rugosité %	Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )	Pluie d'imbibition (mm)
<b>Forêt à chêne vert</b>	18,85	7,77	0,9	3,11
<b>Matorral à buis</b>	19,17	8,88	1,05	2,11
<b>Céréaliculture</b>	13,73	8,32	1,11	0,61

Source: El Hairchi (2021)

Les sols mis en culture présentent des états de surfaces très différents selon leur nature texturale et les modifications de leurs états de surface. Globalement, les sols ont des états de surface peu couverts, notamment en litière. Leurs surfaces sont fermées par une pellicule, ce qui indique la présence d'une semelle de labour réduisant leurs capacités d'infiltration.

La pluie d'imbibition est un paramètre qui indique la rapidité de déclenchement du ruissellement et son écoulement à la surface. A Ain Nokra, les simulations de pluies effectuées sur le terrain montrent que la pluie d'imbibition varie entre 0.61 et 3.11 mm/h<sup>-1</sup>, avec un déclenchement rapide du ruissellement dans l'ensemble des parcelles étudiées (tableau 4). Ces faibles valeurs restent proportionnelles à l'humidité initiale du sol qui présente des valeurs plus élevées allant de 13.73 à 19.17%. Cela est confirmé par (Morsli, 2012) en Algérie qui indique des valeurs de déclenchement du ruissellement très faibles dans les sols humides (1.6 à 2.6 mm/h<sup>-1</sup>). Les valeurs les plus élevées de la pluie d'imbibition sont enregistrées dans les forêts (2.11 mm/h<sup>-1</sup>), et le matorral à buis (3.11 mm/h<sup>-1</sup>), par contre les valeurs les plus basses concernent surtout les terres de céréaliculture (0.61 mm/h<sup>-1</sup>). Cela peut être expliqué par des différents facteurs, à savoir ; la densité apparente qui présente une valeur très élevée dans les terres de céréaliculture (1.11 g/cm<sup>3</sup>), une valeur qui signifié un grand tassement du sol, en plus les surfaces couvertes par des cailloux ont enregistrés 88% (fig.3), et la dominance des surfaces fermées (95%) et le tassement du sol par le piétement des troupeaux.



**Figure 3***Caractéristiques d'état de surface des parcelles d'expérimentation à Ain Nokra*

Source: El Hairchi (2021)

### 3.4. Infiltration et coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est le rapport entre la hauteur d'eau qui a ruisselé sur une surface donnée et la hauteur d'eau précipitée (pluie simulée) (Al Karkouri, 2007). Les différents tests des simulations de pluie ont permis de constater que l'infiltration finale se caractérise par une fluctuation apparente, entre (34 mm/h<sup>-1</sup> et 43.6 mm/h<sup>-1</sup>); les valeurs très élevées sont enregistrées sous forêt (43.6 mm/h<sup>-1</sup>) et matorral (37.60 mm/h<sup>-1</sup>) par contre aux terrains de céréaliculture qui ont enregistrés de faibles valeurs (Fig.4-5-6). Cela reste largement expliqué par leur état de surface qui présente des paramètres favorables à l'infiltration, lié en premier lieu aux états de surfaces des sols couverts par litières qui ont atteint aux parcelles des forêts 97%. Grâce à la présence de la litière, de la MO et le système racinaire, qui favorisent l'infiltration. Ainsi la couverture du sol ralentit l'écoulement de l'eau à la surface, en lui donnant plus de temps pour s'infiltrer (Aserar et al., 2019). Par contre, les terres de céréaliculture donnent des valeurs plus basses de l'infiltration finale qui descendent jusqu'à 34 mm/h<sup>-1</sup>, avec une diminution significative après le déclenchement du ruissellement jusqu'à la fin de simulation. L'écoulement est donc plus important et atteint, en fin de simulation, une lame d'eau ruisselée dépassant 46 mm/h-1.

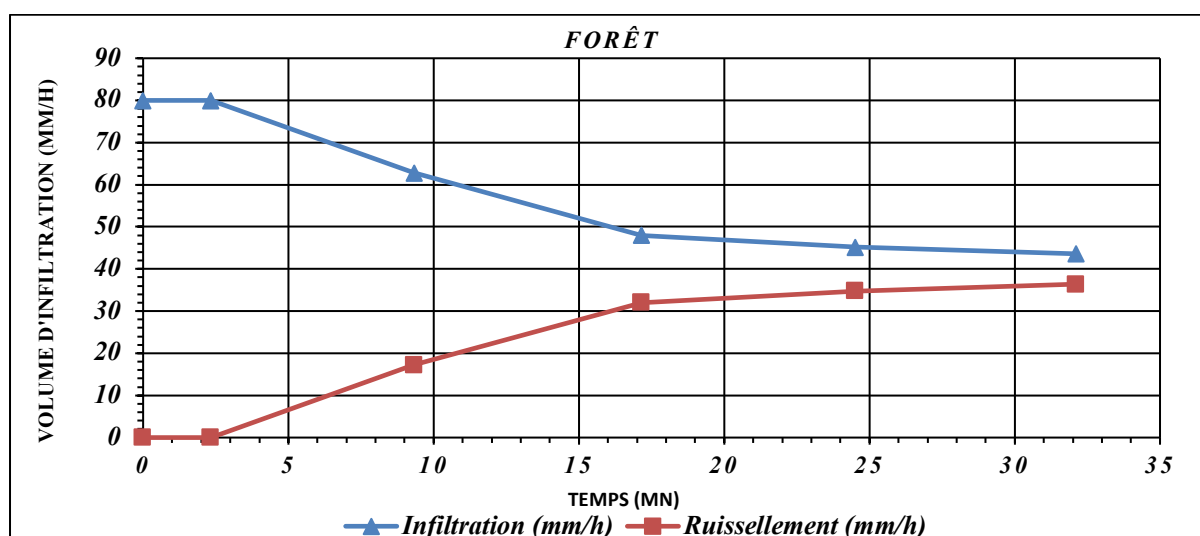
Cela reste proportionnel aux facteurs marquant ce type de terrains dans la saison d'été favorisant la faible perméabilité du sol, à savoir ; la prédominance des états de surfaces fermées qui dépassent 95% par des cailloux inclus dans le sol, ainsi que et la densité apparente plus élevée (1.11 g/cm<sup>3</sup>). Cette valeur signifie un grand tassement du sol et un durcissement superficiel qui s'accroissent avec le temps, ce qui limite au

maximum la capacité d'infiltration et l'augmentation du ruissellement. Ce résultat est similaire aux constats mentionnés par certains auteurs dans d'autres régions du Maghreb. En Algérie le ruissellement maximum sur sol nu et tassé peut atteindre des valeurs relativement élevées : jusqu'à 56% à Tlemcen et 80% à Médéa (Morsli et al., 2012).

Notons que la simulation manuelle par un simple irrigateur ne prend pas en compte la couverture de la canopée des arbres, qui dissipe l'énergie cinétique des gouttes de pluie (Al Karkouri et al., 2007).

**Figure 4**

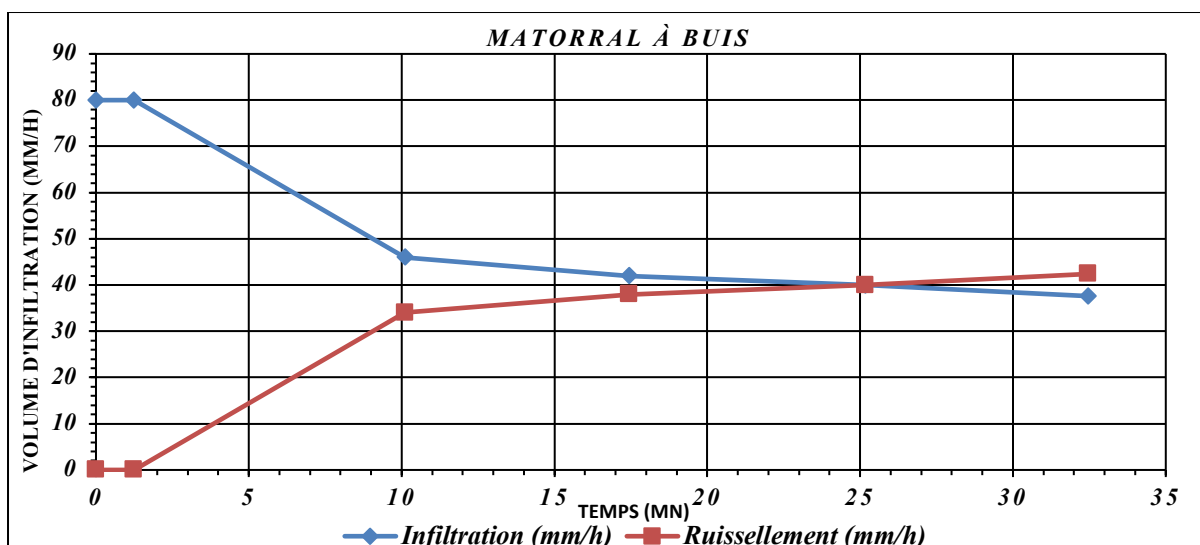
*Capacité d'infiltration du sol sous forêt de Chêne vert dans la dépression d'Ain Nokra*



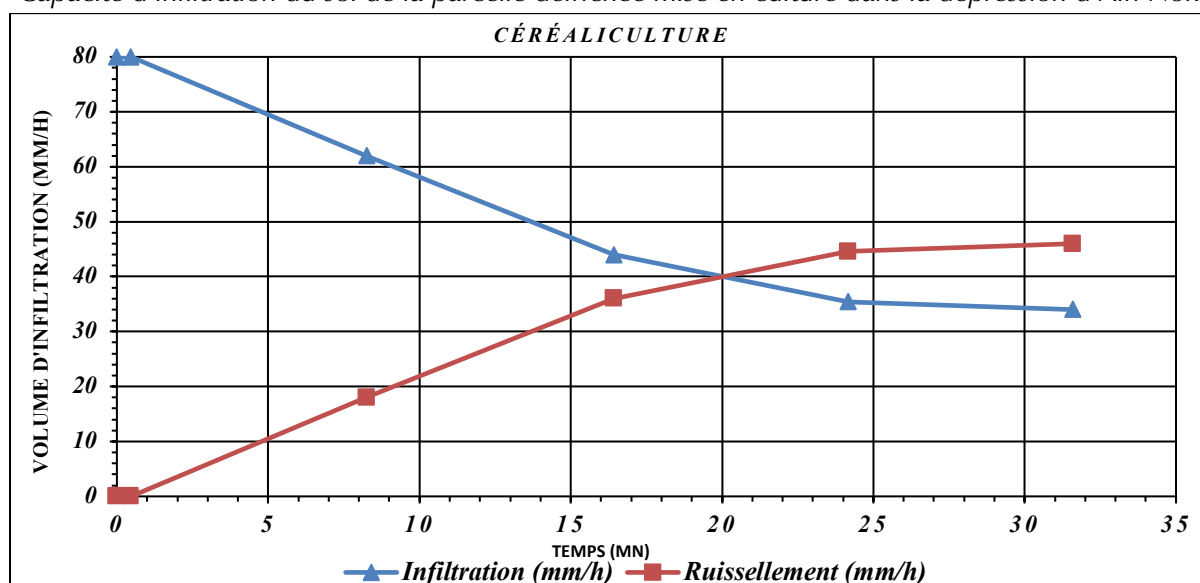
Source: El Hairchi (2021)

**Figure 5**

*Capacité d'infiltration du sol sous matorral très dégradé à base de buis dans la dépression d'Ain Nokra*



Source: El Hairchi (2021)

**Figure 6***Capacité d'infiltration du sol de la parcelle défrichée mise en culture dans la dépression d'Ain Nokra*

Source: El Hairchi (2021)

### 3.5. Le transport solide

Les données acquises de la dépression d'Ain Nokra confirment des effets néfastes de changement de l'occupation du sol (forêt, parcours et champs de culture). Néanmoins, on assiste à une grande variabilité selon le mode d'occupations des sols allant du 76 au 85 g/m<sup>2</sup>/h<sup>-1</sup>. Le taux d'érosion atteint 76 g/m<sup>2</sup>/h<sup>-1</sup> pour le sol sous forêt à chênaie verte, 82 g/m<sup>2</sup>/h<sup>-1</sup> pour le sol du matorral très dégradé à base de buis, et atteignant 85g/m<sup>2</sup>/h<sup>-1</sup> dans les zones cultivées, ce qui prouve la destruction totale de la structure du sol (El Abbassi, 1999). Les pertes en sols restent, cependant, très élevées par rapport à d'autre type d'occupation du sol. Cela peut s'expliquer essentiellement par la dégradation de la rugosité suite à l'arrosage. Selon (Aserar et al., 2019) malgré que le travail du sol accroît la porosité, et améliore temporairement l'infiltration et la capacité de stockage, il augmente de même, la détachabilité du sol puisque le site travaillé enregistre la concentration de sédiments la plus élevée. Dans ce sens, plusieurs chercheurs dans d'autres régions du Maghreb (Aserar et al., 2019; Tribak, 2000; Mouffadal, 2001; Moussadek, 2011; Morsli & Habi, 2015) ont pu montrer que les terrains labourés présentent l'état très dégradé des structures des sols facilement arrachés et transportés.

Ces valeurs sont compatibles avec les résultats des parcelles de même état de surface dans d'autres région. Dans le Rif et le Prérif Oriental au Maroc, (El Mazi et al., 2021; Abahrour et al., 2015) indiquent que les terrains cultivés ont enregistré des valeurs plus élevées, par contre les parcelles sous forêt ont marqué par des valeurs plus basses. Les parcelles sous forêt dans la zone d'étude présentent des surfaces couvertes (97%), valeur qui signifie une bonne protection de surface par des adventices et des végétaux morts ou vifs. L'importance des surfaces couvertes dans l'amélioration de la structure et de la fertilité du sol, et l'augmentation de l'infiltration et la diminution des pertes en sols a été observée par plusieurs chercheurs

Tribak, 2000; Mouffadal, 2001; Moussadek, 2011; Morsli & Habi, 2015; Roose et al., 2012).

**Tableau 5**

*Comparaison de coefficient de ruissellement, la concentration des sédiments et l'érosion du sol sous la forêt et les parcelles dégradées à Ain Nokra*

Parcelle	Coefficient de ruissellement	Concentration des sédiments g/l	Érosion g/m <sup>2</sup> /h-1
<b>Forêt à chêne vert</b>	36.40	4,21	76
<b>Matorral à buis</b>	42.40	4,25	82
<b>Céréaliculture</b>	46	5,65	85

Source: El Hairchi (2021)

Le taux d'érosion enregistré dans ces parcelles expérimentales d'Ain Nokra paraît très faible par rapport aux observations faites dans d'autres régions au Maroc notamment dans le Rif où le transport solide atteint des valeurs plus élevé (plus 200 g/m<sup>2</sup>/h-1) (El Garouani et al., 2009; Al Karkouri et al, 2002; El-Ommal & Tribak, 2023).

La réduction de l'érosion du sol sous la forêt est le résultat des opérations de mises en défens. Cette situation a réduit à la fois le tassement du sol sous forêt par le piétement des animaux, et favorise l'installation d'un sous-bois dense, qui représente une barrière vis-à-vis de l'agressivité de pluie, et réduit les pertes en terres (Laouina et al., 2010).

#### 4. Conclusion

Les résultats expérimentaux sur la dégradation des sols dans la dépression d'Ain Nokra montrent le rôle non négligeable des écosystèmes forestiers bien conservés dans la protection du sol contre l'érosion hydrique. Elles montrent également que la disparition de ces écosystèmes au profit des sols nus et de la culture provoque une destruction irréversible du sol. A Ain Nokra, l'érosion hydrique augmente de plus en plus à cause du fait de défrichement des forêts, et prive les cultures de l'horizon le plus fertile, ce qui a un impact négatif sur les rendements des cultures.

Il est à noter que plusieurs autres facteurs interviennent d'une manière significative dans la perte du sol au sein d'Ain Nokra, la présente étude se restreint à l'effet de la régression du couvert végétale.

## Informação Suplementar

### Autores

**Khalid EL HAIRCHI** – GBG département, FPK, Sultan Moulay Slimane university, Bni Mellal, Morocco  
k.elhairchi@usms.ma  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0866-1263>

### Abdelhak LIMAME

Geographique Departement, Dhar el Mahrez Faculty, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco  
Limameabdelhak@gmail.com

### Youssef BENBRAHIM

Geographique Departement, Faculty of Art and humain science saiss, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco.  
youssef.benbrahim@usmba.ac.ma

### Mohcine EL OMMAL

Geographique Departement, Faculty of Art and humain science saiss, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco  
m.elommal@gmail.com

### Nota

Este trabalho é o fruto de um trabalho académico de doutoramento apoiado na Faculdade das Letras e das Ciências Humanas, Saiss, Fes, em: 09/12/2021

**Data de submissão:** 2023-02-14

**Data de aceitação:** 2023-12-04

**Data de publicação:** 2023-12-30

## Referências

- Abahrour, M., Tribak, A. & El Garouani, A. (2015). Dynamique du ruissellement et de l'érosion sur les terrains labourés du Prerif Oriental: cas du bassin de l'Oued Tleta. *Actes du Deuxième Colloque International: Eau et Climat: Regards croisés Nord/Sud* (pp. 99-106). Publication FLSH.
- Al Karkouri, J., Laouina, A., Aderghal, M., Watfeh, A. (2007). Pratiques et techniques de gestion conservatoire des sols et des eaux dans le bassin-versant de Beni Boufrah (Rif central. Maroc), dans GCES au Maroc. *Public. Fac. Let. Sc. Hum. Rabat*, 49-70.
- Al Karkouri, J., Watfeh, A., Aderghal, M. (2000). Action anthropique, dégradation des terres et tentatives de conservation dans le Rif central (cas de la vallée de Béni Boufrah). *Rev. Géogr. Maroc*, 18(1/2), 5-30.
- Al Karkouri, J., Watfeh, A., Aderghal, M. (2002). Techniques de conservation de l'eau et des sols dans une zone semi-aride méditerranéenne du Rif central, vallée de Béni Boufrah). *Bulletin Réseau Érosion*, 21, 56-80.
- Aserar, N., Moussadak, R. & Douira, A. (2019). Étude quantitative de l'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de Ben ahmed (Maroc Central). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(2), 385-389.
- Bensalah, N., Sabir, M. Roose, E. & Laouina, A. (2012). Indicateurs des risques de ruissellement et d'érosion en vue d'une gestion durable des eaux et sols: (Bassin versant de Bouregreg, Maroc). In B. Christophe & R. Pérez (Dir.), *Agro-ressources et écosystèmes : Enjeux sociétaux et pratiques managériales* (pp. 205-221). Presses universitaires du Septentrion.
- Celik, I. (2005). Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil & Tillage Research*, 83, 270-277.
- Demolon, A. (1960). Principes d'agronomie. Dunod.
- El Abbassi, H. (1999). *Les campagnes du Rif oriental marocain. Géomorphologie, érosion du sol et occupation humaine* [Thèse de doctorat]. Université El Jadida.
- El Garouani, A., Chen, L., Lewis, L., Tribak, A., & Abahrour, M. (2009). Evaluation du bilan d'érosion et de dépôt des sols au pré-Rif (Maroc) en utilisant le modèle RUSLE, la télédétection et l'analyse spatiale. *Revue Internationale de Géomatique*, 19(3), 303-319.
- El Hairchi, K., Benbrahim, Y., Ouiaboub, L. & Limame, A. (2022). Evaluation de l'effet des facteurs anthropiques sur la dégradation des forêts du Moyen atlas central (cas de la forêt Ain Nokra). *Espace Géographique et Société Marocaine*, 1(59), 149 - 166  
<https://revues.imist.ma/index.php/EGSM/article/view/31805>
- El Hairchi, K. (2021). La dynamique des milieux forestiers dans le haut Guigou et gestion intégrée des ressources naturelles. Cas de la forêt Ain Nokra (Moyen Atlas central), Thèse de doctorat. flsh saiss, USMBA Fès, p 260.
- El Mazi, M. Hmamouchi, M., & Houari, A. (2021). Impact de l'évolution de l'utilisation des terres sur la dégradation des ressources en sols dans le Rif Central méridional, Maroc. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires*, 9(4).  
[https://www.agromaroc.com/index.php/Actes\\_IAPH2/article/view/1041](https://www.agromaroc.com/index.php/Actes_IAPH2/article/view/1041)
- El-Ommal, M & Tribak, A. (2023). Hydrodynamic and Erosive Behavior of Vertisols in the Wadi Sra Catchment (Central Rif, Morocco) – Analysis of the Rainfall Simulation Results. *Journal of Ecological Engineering*, 24(5), 66-77.  
<https://doi.org/10.12911/22998993/161202>
- Knidiri, M. & Tanouti, B. (1998). *Le développement durable dans les pays du sud méditerranéen : enjeux et obstacles. Colloques interculturels méditerranéens*. COMEN.

- Laouina, A., Aderghal, M., Al Karkouri, J., Chaker, M., Machmachi, I., Machouri, N., Sfa, M. (2010). The efforts for cork oak forest management and their effects on soil conservation, the Sehoul plateau, Rabat region, Morocco. *Forest System*, 19(2), 263-277
- Morsli, B., Habi, M., Mazour, M., Hamoudi, A. & Halitim, A. (2012). Erosion et ruissellement en montagnes méditerranéennes d'Algérie du Nord: analyse des facteurs conditionnels sous pluies naturelles et artificielles. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 1, 33-40.
- Morsli, B. & Habi, M. (2015). Effet du comportement hydrodynamique des sols argileux sur les risques de ruissellement et d'érosion du sol: cas des sols des montagnes méditerranéennes de Beni-Chougrane Algérie. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 355-376.
- Mouffadal, K. (2001). Les premiers résultats des parcelles de mesures des pertes en terre dans le bassin versant d'Oued Nakhla dans le rif occidental. *Bulletin Réseau Erosion*, 21, 244 -254.
- Moussadek, R., Mrabet, R., Zante, P., Lamachere, J-M., Pepin, Y., Le Bissonnais, Y., Ye, L., Verdoodt, A. & Van Ranst, E. (2011). Effets du travail du sol et de la gestion des résidus sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique d'un Vertisol Méditerranéen. *Canadian Journal of Soil Science*, 91(4), 627-636.
- Pomel, S. & Salomon, J. (1998). *La déforestation dans le monde tropical*. Presse universitaire de bordeaux.
- Roose, E. J., Fauck, R., Lelong, F. & Pedro, G. (1981). Sur l'importance des transferts en phase solide dans la dynamique actuelle de sols ferralitiques et ferrugineux d'Afrique occidentale. *C.R. Acad. Sc Paris*, 292(2), 1323-1328.
- Roose, E., Sabir, M., De Noni, G. (2002). Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen. *Bulletin Réseau Érosion*, 21, 56-81.
- Roose, E., Sabir, 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.
- Tribak, A. (2000). L'érosion hydrique en moyenne montagne du Prérif oriental (Maroc). Etude des agents et des processus d'érosion dans une zone de marnes tertiaires [Thèse Doctorat]. Université Chouaib Doukkali – El jadida.
- Yjjou, M., Bouabid, R., El Hmaidi, A., Essahlaoui, A. & El Abassi, M. (2014). Modélisation de l'érosion hydrique via les SIG et l'équation universelle des pertes en sol au niveau du bassin versant de l'Oum Er-Rbia. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3(8), 83-91.