



Journal of Applied Science and Environmental Studies
JASES

<http://revues.imist.ma/index.php?journal=jases>



L'influence du défrichement suivi de la mise en culture sur la fertilité et la stabilité d'un sol forestier fersiallitique dans le Rif Central Maroc (The influence of clearing followed by cultivation on the fertility and stability of a Fersiallitic Soil in the Central Rif Morocco)

M. El Mazi¹, M. El-fengour², A. Houari¹

¹ Laboratoire d'Analyses Géo-environnementale, Aménagement et Développement Durable (LAGEA-DD), FLSH Sais, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Courriels: mohamed.elmazi@usmba.ac.ma

² Institut Universitaire de la Recherche Scientifique, Université Mohamed V, Rabat. Email: fengour.med@gmail.com

Keywords

Deforestation
Soil reserves
Soil érosion
Central Rif

Mots clés :

Défrichement,
Réserves de sol
Érosion hydrique
Rif central

Abstract

Forest areas play several environmental, ecological and socio-economic roles. However, these spaces are subject to excessive anthropogenic pressures, which are harmful. If these actions are part of a local practice dictated by socio-economic constraints, other practices act more in the direction of a more pronounced degradation on the forest. The installation of agriculture at the expense of the forest illustrates the important roles of forests in environmental, economic and social terms.

This study seeks to assess and quantify the impact of land-use evolution on soil degradation in the Southern Central Rif through the case study of the Jbel Outka Massif. The process of loss of fertility and the stability of cleared soils was assessed by physicochemical analyses. The results show that clearing followed by cultivation caused soil degradation. It has also led to a significant reduction of soil reserves; the acidity increased by half a unit, the organic matter decreased and the rate of nitrogen was reduced. This reduction impedes agricultural productivity.

Résumé

Les espaces forestiers jouent plusieurs rôles environnementaux, écologiques et socio-économiques. Cependant, ces espaces sont soumis à des pressions essentiellement anthropiques excessives, dommageables. Si ces actions s'intègrent dans une pratique locale dictée par des contraintes socio-économiques, d'autres pratiques agissent plus dans le sens d'une dégradation plus accentuée sur la forêt. L'installation de l'agriculture au détriment de la forêt illustre les rôles importants des forêts sur le plan environnemental, économique et social.

L'objectif de ce travail consiste d'évaluer et de quantifier l'impact du défrichement de la forêt sur substrat siliceux sur les propriétés physico-chimiques des sols. Le processus de la perte de fertilité et de la stabilité des sols défrichés a été évalué par des analyses physico-chimiques. Les résultats montrent que le défrichement suivi de la mise en culture a

provoqué une dégradation des sols. Il a induit également à une réduction importante des réserves du sol et des éléments fertilisants; l'acidité a augmenté de plus d'une unité. Ceci entrave la productivité agricole.

1. Introduction

Le Rif se trouve exposé au risque de dégradation de ces ressources naturelles, notamment les terres. Sous la pression d'une démographie importante, les terrains agricoles augmentent au détriment de la forêt, engendrant une réduction alarmante de couvert végétal, et par conséquent une érosion acharnée du sol de l'ordre de $4000 \text{ t/km}^2/\text{an}$ [4], et une diminution annuelle de la capacité de stockage de 75 millions de m^3 , équivalent à l'irrigation de 5 à 6 000 hectares, suite à l'envasement de barrages.

Les grands types de sols dans le Rif central appartiennent à différentes classes depuis ceux minéraux bruts jusqu'aux plus évolués à profils bien différenciés. Sur les roches mères acides (grès numidiens, schiste) les types de sols qui les dominent sont sols brunifiés, brun fersiallitique, rouge fersiallitique acide et lessivé. Ces sols présentent des caractères planosoliques, voire deviennent des planosols ou des paléosols lorsqu'ils sont très argileux et humides durant une longue période de l'année [1]. Les sols de subéraie sur substrat siliceux offrent des conditions optimales pour le développement de la culture du cannabis. En effet, sous la pression d'une démographie importante, cette subéraie a été défrichée sur la quasi-totalité de sa superficie initiale [2]. De même l'intensité des précipitations, la nature lithologique fragile, les pentes sont généralement accentuées à très fortes, ce qui constitue un milieu propice pour les phénomènes d'érosion suite aux déboisements et aux défrichements ou encore à la dégradation des terres est effrénée, voire catastrophique, ce qui a des conséquences néfastes sur la fertilité et par conséquent sur la productivité du sol.

Plusieurs études ont abordé le problème de dégradation des sols dans la chaîne rifaine [5-6-13-15]. Ces études ont montré que le processus d'érosion est fortement lié à l'énergie du ruissellement et aux facteurs responsables de sa génération, et que la production de ruissellement est variée en fonction des propriétés physiques du sol, de l'état de surface et en fonction des types d'occupations d'espace. D'autres études ont montré que le défrichement cause une augmentation du risque érosif dans le Rif centre-occidental [12-17].

L'objectif de ce travail est d'évaluer et de quantifier l'impact du défrichement suivi de la mise en culture sur les propriétés physico-chimiques des sols dans le Rif central méridional. Il vise également de déterminer l'impact de la mise en culture au détriment des forêts sur la stabilité structurale et la fertilité du sol.

2. Présentation de la zone d'étude

Les sites expérimentaux sont situés dans le massif numidien de Jbel Outka, faisant partie du Rif central méridional (Fig.1). Le Jbel Outka fait figure de bastion isolé dans un paysage de basses montagnes. Les altitudes oscillent entre 200 et 1600 mètres. Il appartient à deux unités structurales: l'unité de Tanger et la nappe numidienne [8].

Du point de vue climatique, le massif de Jbel Outka est parmi les massifs les plus arrosés au Maroc. La pluviométrie annuelle moyenne est de 1458 mm [16]. Ce massif individualisé de nombreux écosystèmes naturels qui présentent une grande biodiversité des essences forestières. Les essences forestières qui participent à l'individualisation des différents types de peuplements du massif sont le chêne-liège, le chêne tauzin, le chêne zéen et le chêne vert. Cependant, ces essences ont subi une dégradation poussée durant les dernières décennies. En absence d'autres

activités génératrices de revenus, la population se voit sommée de puiser ses besoins dans ces forêts d'où provient l'essentiel de son revenu.

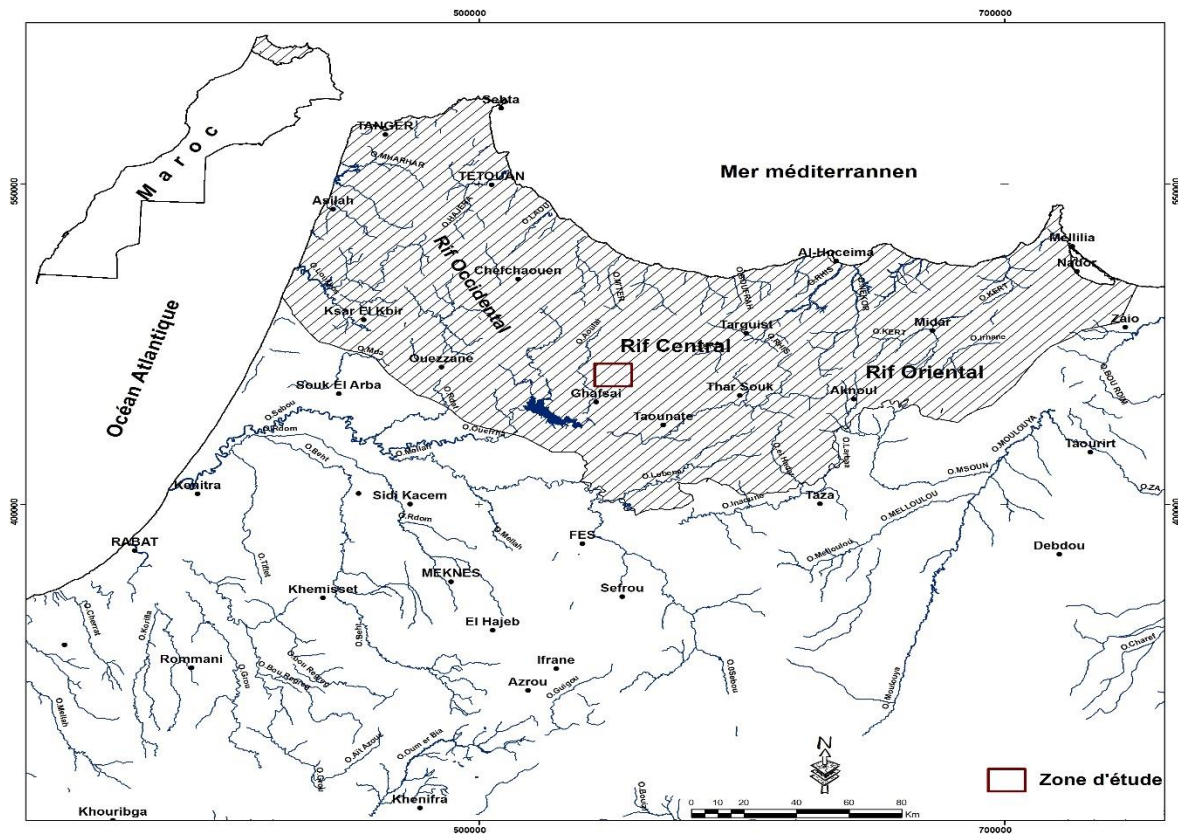


Fig.1. Situation géographique de la zone d'étude

3. Matériels et méthodes Échantillonnage

3.1. Présentation des sites d'expérimentation

Le processus de la perte de fertilité des sols défrichés a été évalué par des analyses physico-chimiques des échantillons, prélevés au niveau des dix premiers centimètres du sol pour l'analyse chimique et 20 cm pour les analyses physiques. Le prélèvement du sol a été fait dans une parcelle témoin sous la forêt de chêne-liège dont les caractéristiques du sol sont donc bien conservées, et dans les parcelles défrichées et mises en culture (cannabiculture) depuis 2 ans, 6 ans, 10 ans et 22 ans. Ces prélèvements ont été réalisés sur le même type de sol (sol rouge fersiallitique), la même position topographique (mi- versant), le même substrat lithologie (Grès numidien), sur la même exposition (Sud-Est). Les pentes sont proches (12 à 15%). Chaque parcelle de sol est représentée par 3 échantillons.

3.2. Analyses physico-chimiques

Les échantillons ont été analysés à l'aide des méthodes et techniques suivantes :

- Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été séchés à l'air puis tamisés à 2 mm. Les prises d'échantillon (2 mm) sont de 10g pour l'analyse granulométrique. La matière organique est détruite par attaque à l'eau oxygénée. Ces échantillons sont ensuite dispersés par agitation mécanique après adjonction d'hexamétophosphate de sodium. La suspension est alors tamisée pour récupérer les sables. Les teneurs en limons et en argiles sont déterminées par la méthode de « pipette de Robinson »;

- La mesure du pH eau est faite sur une suspension sol-eau dans le rapport 1/2.5 au laboratoire. Elle a été mesurée par la méthode potentiomètre à l'aide d'un pH mètre à électrodes;
- La matière organique est quantifiée par la méthode Walkley-Black;
- Les Bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na, K): sont saturées par une solution d'acétate d'ammonium 1 N. La lecture et le dosage des cations ont été effectués par absorption atomique et photomètre à flamme;
- Le Phosphore est déterminé à l'aide du bicarbonate de sodium;
- L'azote est quantifié par la méthode de DUMAS;
- La texture est déterminée à l'aide du triangle U.S.D.A, en fonction des teneurs en argile, limons et sables. La classification pédologique est basée sur la classification de la CPCS dans son édition de 1967.
- Les analyses ont été effectuées au Laboratoire Ferti-conseil au sein de l'école nationale d'Agriculture à Meknès.

3.3. Analyse statistique des données

Les résultats des analyses obtenus ont été analysés statistiquement pour comparer les moyennes observées pour chaque parcelle et les tendances de diminutions par l'utilisation de la méthode statistique de la variance ANOVA suivi du test de Tukey pour comparer les moyennes. Le programme utilisé pour cette analyse est SPSS version 21.

4. Résultat et discussion

4.1. Analyses granulométriques

La parcelle témoin est située dans la partie sud-est de la forêt de Jbel Outka, sur une altitude de 1200 m, dans un bioclimat humide à perhumide à hiver frais, recevant une quantité importante de précipitations dépassant les 1400 mm [16]. Dans ces conditions climatiques, la subéraie organise un écosystème équilibré qui a formé un sol bien développé. Les analyses physico-chimiques du sol de la parcelle témoin montrent qu'il s'agit d'un sol rouge fersiallitique acide appauvri. Les horizons de surface (0-50 cm) ont une texture limono-sableuse riche en sables, bien drainé, et très appauvri en éléments fins notamment l'argile (Tab. 1). L'horizon Bt (50-90 cm) a une texture limoneuse à limono-argileuse.

Tableau 1. Résultat des analyses granulométriques du sol de la parcelle témoin

Horizons (cm)	Granulométrie (%)			Texture
	Sable	Limon	Argile	
0-5 (A0)	65,17	28,01	6,82	Limono-sableuse
5-25 (A1)	55,17	31,34	13,49	Limono-sableuse
25-50 (A/B)	48,61	21,54	29,85	Limono-argileuse
50-90 (B _t)	39,38	25,78	34,84	Limono-argileuse

La comparaison du taux d'argile montre une augmentation importante du taux d'argile en fonction de la profondeur du sol de la parcelle sous la forêt déposé par lessivage vertical, atteignant 29,85% dans l'horizon A/B pour aboutir 34,84% dans l'horizon Bt. En revanche, cet élément augmente dans les horizons superficiels dans les parcelles défrichées pour atteindre au bout de 10 ans de défrichement, 28% en horizon de surface (Tab. 2). Ceci amène à conclure que le défrichement de

la végétation naturelle et les travaux culturels exposent le sol aux précipitations de très forte intensité [9], ouvrant donc un décapage progressif des horizons superficiels du sol qui laisse affleurer rapidement les parties profondes les plus riches en argiles. On conclut donc que les horizons superficiels disparaissent très vite et se réduisent aux horizons A/B ou Bt. Le profil devient donc un sol rouge de dégradation.

Tableau 2. Évolution de la granulométrie du sol en fonction du temps après le défrichement

Granulométrie (%) (20 cm)	Forêt non défrichée	Parcelles défrichées			
		2 ans	6 ans	10 ans	22 ans
Sable	60,18	54,84	48,38	44,71	46,99
Limon	29,67	21,54	23,8	27,25	23,37
Argile	10,15	23,62	27,82	28,04	29,64

De même, la description morphologique des profils montre que les horizons organiques (A0; A1) qui ont une profondeur de 20 à 25 cm du sol sous la parcelle témoin, disparaissent totalement pendant 6 à 10 ans. Ceci montre un décapage progressif de plus de 2 cm par an. La disparition des horizons superficiels ne pourrait que compromettre la production des sols ; l'horizon profond imperméabilisé affleure en surface et les réserves d'eau se constituent plus difficilement. De même ce décapage prive les cultures de la couche la plus fertile, ce qui a des conséquences néfastes sur les rendements.

4.2. Décroissance rapide des taux de matières organiques

Le sol sous la forêt est potentiellement riche matière organique, soit 4.9%, à cause des conditions climatiques humides favorables à la décomposition, et à l'existence d'un sous-bois dense favorisant l'accumulation de la MO. Cependant, au cours des années suivantes, défrichement forestier et les labours successifs accélèrent la minéralisation et la consommation de la MO des horizons superficiels. (Fig. 2). Les pertes avoisinent 73,4% du stock initial pour une période de 22 ans. Le taux de carbone est tributaire de celui de la MO ; la dégradation de cet élément est dans le même sens que la MO, soit une baisse de -73,4% du stock initial au bout de 22 ans. Les différences sont hautement significatives.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par plusieurs auteurs [17-19] qui ont montré que la conversion du couvert forestier en terrains de culture a abouti à une minéralisation rapide de la MO. Cette dégradation entrave étroitement toutes les propriétés liées à la matière organique tels que: la dégradation de la stabilité structurale, de la capacité d'infiltration et de la macroporosité, augmentation de la densité apparente, de la compaction et de la cohésion des horizons supérieurs [8]. Ce qui a des conséquences néfastes sur l'encroûtement du sol, le ruissellement et l'érosion [17].

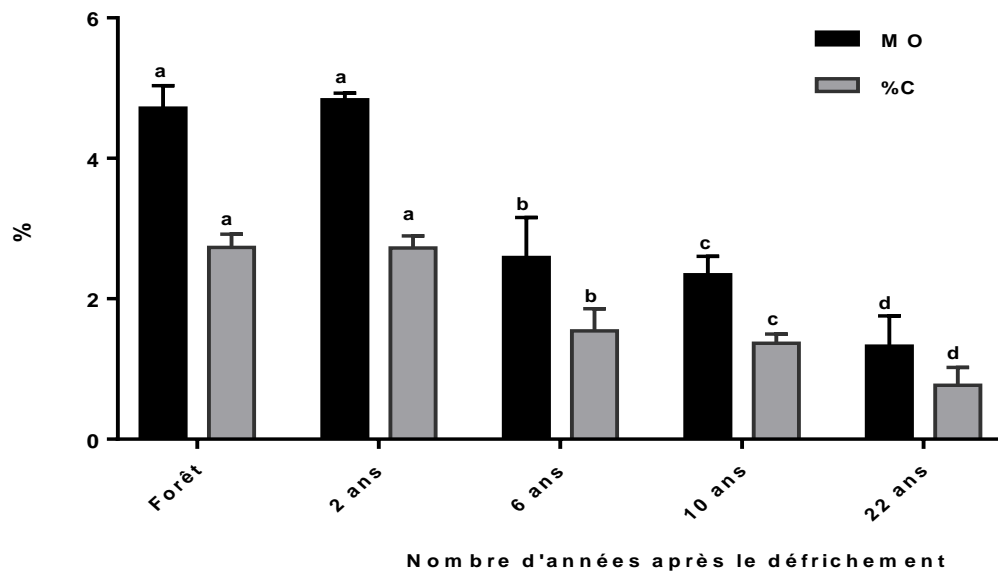


Fig. 2. Évolution de la MO et du carbone organique en fonction du temps après le défrichement. Les valeurs suivies de la même lettre indiquent l'absence d'une différence significative entre les moyennes ($n=3$) selon le test de Tuky ($P<0.05$).

4.3. L'azote

Les résultats illustrés par la figure font ressortir que le défrichement suivi de culture entraîne une diminution relativement faible d'Azote durant les 6 premières années, plus rapide ensuite. Les différences sont hautement significatives (Fig. 3). En près de 22 ans, le sol perd 65% de la teneur initiale sous la forêt. Ceci rejoint les résultats trouvés par autres études [12-20], qui ont observé de forte diminution d'azote après la défriche forestière.

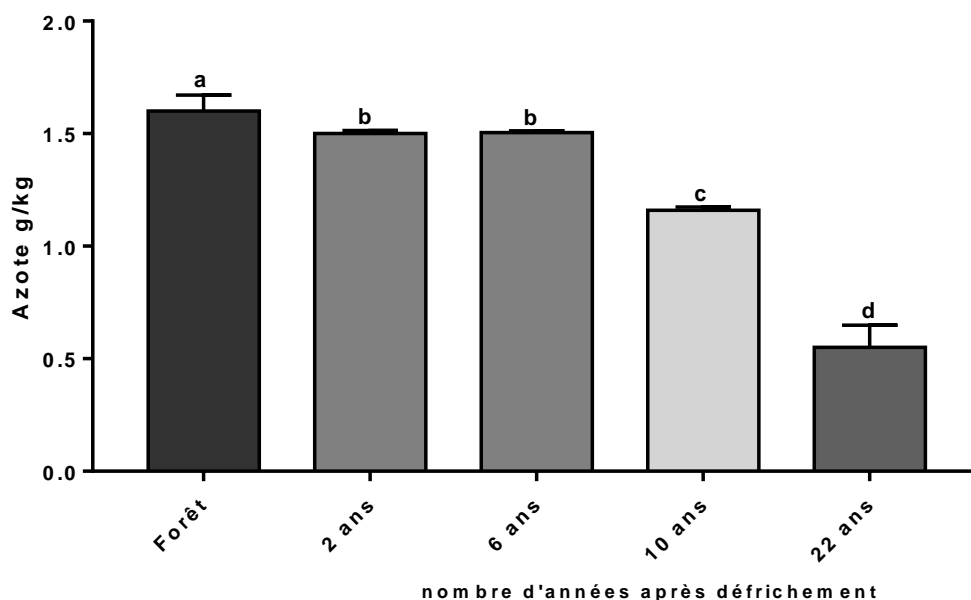


Fig.3. Comparaison du taux d'azote entre le sol sous la forêt et les parcelles défrichées. Les valeurs suivies de la même lettre indiquent l'absence d'une différence significative entre les moyennes ($n=3$) selon le test de Tuky ($P<0.05$).

La perte en azote est le résultat de la minéralisation qu'a provoquée le défrichement de la subéraie, d'autant plus que lorsqu'il s'agit d'un horizon sablo-limoneux. Le taux de minéralisation en terre cultivée dépend de la texture de sol; il varie de 0.5% dans les sols argileux à plus de 3% en sol sableux [14]. En fait, cette diminution serait plus favorisée par le ruissellement, l'écoulement hypodermique et surtout lessivage qui constitué la perte la plus habituelle des nitrates d'azote [11]. D'autre part la perte en azote s'explique par l'acidification qu'a connue le sol dès la conversion de la subéraie en terrains agricoles. En effet, Certains auteurs [7-20] ont montré que l'augmentation d'acidité se traduit par une diminution des organismes fixateurs d'azote dans le sol. De même, si le sol devient fortement acide certains éléments comme l'azote peuvent être bloqués malgré l'utilisation intensive des engrais.

4.4. Rapport C/N

Le rapport C/N ou rapport du carbone sur azote est un indicateur renseigne sur l'activité biologique globale du sol [11]. Le taux de matière organique nous informe sur sa teneur en carbone organique, le rapport C/N renseigne sur la teneur en azote d'un sol. Plus le rapport C/N d'un sol est bas plus la minéralisation est importante.

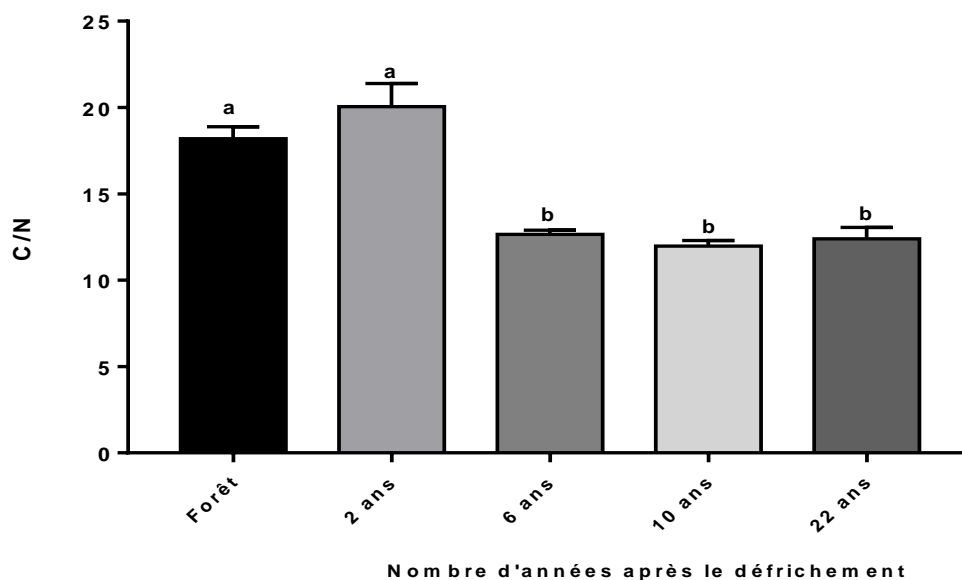


Fig.4. Comparaison du rapport C/N entre le sol sous la forêt et les parcelles défrichées. Les valeurs suivies de la même lettre indiquent l'absence d'une différence significative entre les moyennes ($n=3$) selon le test de Tukey ($P<0.05$).

Le rapport C/N est de 18,13 du sol sous la forêt (Fig.4), indique une activité biologique moyenne à faible, et un humus de type mull-Moder, due à une végétation acidiphile (*Quercus suber*, *Cistus salviifolius*, *Cistus albidus*, *Cistus monspeliensis*...). Durant les 2 premières années, le rapport C/N n'affiche pas des différences significatives, mais après 6 ans ce rapport s'étend à diminuer de façon hautement significative; il est passé de 18,13 à 12,86 au bout de 22 ans. Ceci se traduit par la réduction d'activité biologique déjà faible du sol étudié. Il traduit également des conditions favorables de forte minéralisation de la matière organique. Nos résultats concordent parfaitement avec les résultats de plusieurs auteurs [7-20] qui ont observé une diminution rapide du rapport C/N après le défrichement correspondant à la minéralisation rapide du carbone organique.

4.5. Phosphore assimilable (P2O5)

Le sol sous la parcelle témoin sous la forêt dispose d'une réserve faible en phosphore assimilable (18.22 ppm). Une concentration relative de cet élément se manifeste dès la mise en culture après les travaux de défrichement. Les différences sont significatives (Fig. 5). L'accroissement de ce paramètre apparaît plus important en 10 premières années.

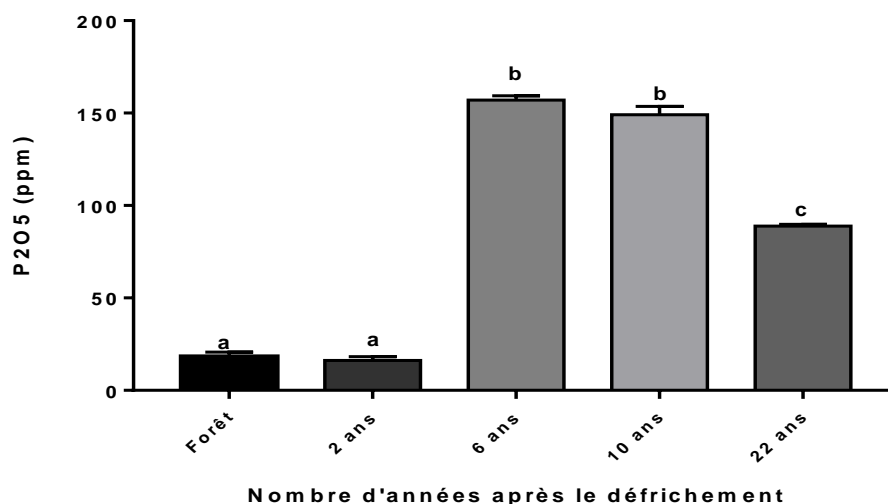


Fig.5. Comparaison de la teneur en phosphore assimilable (P2O5) entre le sol sous la forêt et les parcelles défrichées. Les valeurs suivies de la même lettre indiquent l'absence d'une différence significative entre les moyennes ($n=3$) selon le test de Tukey ($P<0.05$).

Ce résultat est en position totale avec les observations faites par certains auteurs [12-21], qui ont montré que le phosphore diminue dans tous les cas de mise en culture, mais dans des proportions différentes selon les situations. En fait le domaine étudié n'est pas le même. L'accroissement de phosphore assimilable après la défriche forestière, s'explique par le fait que la mise à nu du sol a induit la libération des acides humiques et fulviques [12], le pH devient très acide et les parcelles défrichées reçoivent au moment des travaux culturaux une quantité importante d'engrais de type complexe (14-28-14 c'est-à-dire 14% d'azote, 28% de phosphore et 14% de potassium), ce qui favorise la fixation du phosphore avec l'Al et Fe pour former des composés peu solubles dans le sol [3].

4.6. Les bases échangeables

En raison de l'humification et du processus de maturation des composés humiques, le complexe absorbant du sol sous la forêt est moyennement saturé. Malgré leur décarbonatation le complexe absorbant est riche en bases échangeables notamment le Ca^{++} . L'évolution des bases échangeables affiche des variations les plus remarquables et cela en fonction du temps après le défrichement (Tab.3).

Le calcium joue un rôle important dans ce type de sol acide en évitant les effets nocifs de l'acidité et assure la fixation du phosphore sous une forme assimilable [11]. La teneur de cet élément s'étend à diminuer de façon significative après le défrichement. Les différences sont hautement significatives. Elle entame une chute brutale au cours de deux premières années de culture: - 73% du témoin (-12.5 meq/100g en valeur absolue).

Tableau 3. Comparaison du niveau des bases échangeables entre le sol sous la forêt et les parcelles défrichées (moyenne \pm écart type)

Cations échangeables (meq/100g)	Forêt non Défrichée	Forêt défrichée depuis			
		2 ans	6 ans	10 ans	22 ans
Ca ⁺⁺	17 \pm 1	4.25 \pm 0.15	4.45 \pm 0.25	2.7 \pm 0.6	2.75 \pm 0.55
Mg ⁺⁺	3.6 \pm 0.7	2.73 \pm 0.26	2.03 \pm 0.17	2.06 \pm 0.16	2.03 \pm 0.32
K	1.23 \pm 0.2	0.73 \pm 0.04	0.53 \pm 0.03	0.36 \pm 0.01	0.28 \pm 0.1
Na	0.83 \pm 0.04	0.8 \pm 0.08	0.37 \pm 0.04	0.27 \pm 0.09	0.17 \pm 0.03

Le magnésium où la teneur est déjà faible à l'état initial enregistre les plus faibles diminutions après 2 ans de la mise en culture, puis il n'affiche pas des différences significatives. Les pertes en potassium (K) et en sodium (Na) occasionnées par lessivage et l'érosion sont plus élevées et dépassent de celles qui touchent l'azote. Après le défrichement, la teneur en ces éléments entame une chute rapide en 6 ans ; plus des deux tiers du potassium et de sodium se sont perdus au cours de 22 ans de la mise en culture, traduisant une dégradation sévère et une pauvreté considérable de sols.

4.7. L'acidité

Le pH du sol sous la forêt est moyennement acide (5,9), dû certainement à une végétation acidifiante et à la nature acide de substrat lithologique (grès numidien). Une acidification importante apparaît, à la suite du défrichement suivi de la mise en culture. On enregistre des diminutions significatives dès la 2^e année de culture: valeurs de l'ordre de - 0.3 à - 0.4 unité pH, pouvant atteindre -1.2 à 1.3 unités pH après 22 ans de culture, et par conséquent, le sol devient très fortement acide (4.5). La valeur du pH KCl diminuée de façon significative pour perdre d'une unité par rapport à celle du sol du témoin (Fig.6). Ce constat concorde avec les travaux de plusieurs auteurs [12-20].

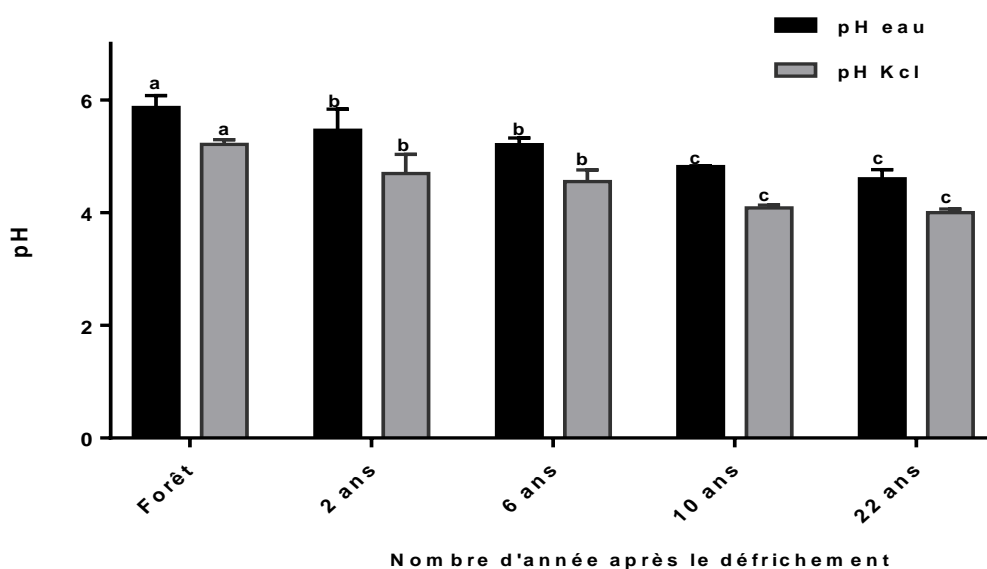


Fig 6. Évolution du pH eau et pH KCl en fonction du temps après le défrichement suivi de la mise en culture. Les valeurs suivies de la même lettre indiquent l'absence d'une différence significative entre les moyennes ($n=3$) selon le test de Tukey ($P<0.05$).

L'acidification importante qu'a connue le sol à la suite de la mise en culture s'explique pour une bonne part par la production d'acides organiques, favorisée par la chaleur et l'humidité du sol. D'autre part l'élimination des cations échangeables par le lessivage sous l'effet des pluies intenses, élimine les concurrences qui font ces cations aux ions H^+ dans le complexe colloïdal. La composition minéralogique des argiles siliceuses du sol étudié contribué largement à l'acidification prononcée de ce sol. En effet, ce sol se caractérise par la prédominance de l'illite et le chlorite [18], qui sont classés parmi les compositions minéralogiques les moins résistants à l'acidification du milieu [14]. En fait, les conditions de lessivage, induit par les pluies et la fertilisation apportées, auraient impliqué une acidité des sols dont l'agilité est autre que l'illite-chlorite.

L'augmentation d'acidité est une contrainte pour les sols cultivés puisque la plupart des plantes présentent leur développement optimum au voisinage de la neutralité [3]. Elle provoque également l'apparition de produits toxiques dans les sols. De même, quand une couverture pédologique perd une à deux unités de pH, dont les conséquences à moyen terme seront importantes : modification des constituants, des structures et des dynamiques [9].

Conclusion

L'étude chronoséquence des propriétés physico-chimiques des échantillons de chaque parcelle dans la subéraie a mis en évidence la dynamique que connaît le sol après le défrichement suivi de la mise en culture. Les résultats obtenus montrent que le défrichement de la forêt de Chêne-liège sur substrats siliceux a un impact néfaste sur la stabilité et la fertilité du sol. Le sol perd environ 2 cm par an. L'acidité augmente de plus d'une unité, constituant un facteur limitant tous les autres facteurs du sol et compromettant de ce fait la production du sol. Le sol perd également sa fertilisation potentielle; 73% des réserves en matière organique sont minéralisées au bout de 22 ans. L'azote et les éléments facilement échangeables sont réduits d'une manière inquiétante. Les terres deviennent de ce fait peu productives malgré l'utilisation intensive des engrais.

Devant cette situation les agriculteurs cherchent de nouvelles terres agricoles, au détriment du couvert forestier. La déforestation dans le Rif central devient donc une nécessité pour répondre à la dépréciation des terrains agricoles plutôt qu'un désir d'accroître la surface agricole utile. Ainsi, la recherche de nouvelles terres au détriment de la forêt demandant un minimum d'investissement pour un rendement important demeure la principale cause de défrichement des forêts dans le Rif. La conservation des écosystèmes forestiers dans les pays rifains devient une nécessité exigeant de nouvelles stratégies de gestion forestière harmonisée avec les stratégies socio-économiques des populations de cette montagne.

Références

1. A. Benabid, Étude phytoécologique des peuplements forestiers et préforestiers du Rif Centre-occidental (Maroc). *Trav. Inst. Sci. Rabat*, Ser. Bot. 34 (1984) 64.
2. A. Benabid, Flore et écosystème du Maroc: évaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, (2000) 357.
3. A. Demolon, *Principes d'agronomie -tome 1: dynamique du sol*, Paris: Masson, (1960) 366.
4. A.Laouina, Démographie et dégradation de l'environnement, le cas de la montagne pré-rifaine. In *Rencontre de Tétouan IV. GERM / FLSH Abdelmalek Essaadi*, (1993).

5. A. Tribak, A. EL Garouani et M .Abahrour, L'érosion hydrique dans les séries marneuses tertiaires du Prérif oriental : agents, processus et évaluation quantitative. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 1, (2011) 47-52.
6. B. Heusch, 1970, L'érosion du Pré-Rif. *Ann Rech Forestière au Maroc* ; tome 12 (1970) 9-176.
7. E. ASSEMIEN, *Impact de pratiques agricoles conventionnelles et innovantes sur la fertilité des sols et les acteurs microbiens impliqués dans la zone de savanes humides de Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat, Université de Lyon, Français (2018) 247.
8. E. Roose, Impact du défrichement sur la dégradation des sols tropicaux, *Machinisme Agricole Tropical*, 87 (1985) 24-36.
9. G. Maurer, Les Montagnes du Rif central : Etude géomorphologique. *Travaux de l'Inst. Scient, Série géologie et géographie physique*, Rabat, 14 (1968) 499.
10. G. Remi, La préservation des forêts du Rif centro-occidental: un enjeu de développement de la montagne rifaine, *Revue de géographie alpine*, tome 84, n°4 (1996) 75-94.
11. D. Duchaufour, *Pédologie. Tome I. Pédogenèse et Classification*. 2nd ed. Paris: Masson, (1983) 491.
12. I. Lebbar, *Impact du défrichement et de la mise en culture sur la fertilité du sol : Cas particuliers de la forêt de Bab Taza*, Mémoire ENFI, (2001) 110.
13. J. Al Karkouri, E. Roose, A. Laouina et M. Sabir, État de surface, infiltration et risque d'érosion dans la vallée de Beni Boufrah. *Bull Réseau Erosion*. 20 (2000) 342-356.
14. M. Bonneau, B. Souchier, et coll, *Pédologie; 2, Constituants et propriétés du sol*, Paris, Masson, XVIII. (1979) 459.
15. M. El-fengour, C. Bateira, El-fengour A., A.Houari, M. Hmamouchi, Bank erosion risks in Ouerrh a watershed in northern Morocco: assessment and development issues. *Riscos*, (2019) 155-175.
16. M. El Mazi, E. Saber, A. Houari. Évolution spatio-temporelle des écosystèmes forestiers dans les massifs numidiens de la chaîne rifaine (Maroc) : cas de Jbel Outka. *Geo-Eco-Trop*, 42, 1 (2018) 133-146
17. M. Sabir et E. Roose, 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). *In bulletin réseau érosion* n° 23, Montpellier, (2004) 144-154.
18. N. Aalouane, *Caractérisation édaphiques et bioclimatiques du massif forestier du Jbel Oudka (Rif central, Maroc)*. Thèse de Doctorat, Université Strasbourg I, (1988) 245.
19. N. Bensaleh, M.Sabir, E. Rosse, A. Laaouina, Indicateurs des risques de ruissellement et d'érosion en vue d'une gestion durable des eaux et sols Bassin versant de Bouregreg, Maroc). *Presses universitaires du Septentrion*, (2012) 205-221.
20. R. Moreau, Étude sur parcelles comparatives de l'évolution des sols ferrallitiques sous différents modes de mise en culture en zones forestière et préforestière de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, & Pédo*, vol. XXI, n° 1, (1984-1985) 43-56.
21. R. Lal, D. De Vleeschauwer, R.M. Nganje, *Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 (1980) 827-833.

