



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Chahin Chiekh El Larbi Tebessi -Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de
la Nature et de la Vie
Département Des Etres Vivants

MEMOIRE de fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Option : Ecophysiologie végétale

Thème :

***Etude de la biomasse microbienne du sol de deux forets
algérienne***

Présenté par :

DJELAILIA RAHIMA

MAHMOUDI TAKWA

Devant le jur

Présidente	Neffar S : PR	Université de Tébessa
Examinatrice	Ghgdabnia K MMA	Université de Tébessa
Promotrice	Boudjabi S : PR	Université de Tébessa

Année universitaire 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال تعالى: (اقرأ وربك الأكرم [3] الذي علم

بالقلم [4] علم الإنسان ما لم يعلم [5])



سورة العلق الآية [3-5]

RESUME

Le sol est un milieu naturel précieux caractérisé par ses propriétés physiques, chimiques et biologiques qui soutiennent divers processus essentiels pour les écosystèmes. Les micro-organismes du sol jouent un rôle clé dans la décomposition des matières organiques et sont utilisés comme indicateurs de la fertilité des sols. Les conditions climatiques, telles que la température et l'humidité, influencent la biomasse microbienne du sol.

Cette présente étude a été menée dans deux régions forestières en Algérie pour évaluer l'impact des incendies sur la biomasse microbienne du sol et la teneur en phosphore assimilable. La méthode adoptée pour l'évaluation de la biomasse microbienne repose sur le principe de la fumigation en présence du chloroforme. Le dosage du phosphore assimilable est établie par la méthode de Olsen.

Les résultats ont montré une diminution significative de la biomasse microbienne dans les zones touchées par les incendies, la biomasse obtenue dans la forêt de Khenchela (0.37%) est inférieure à celle de Tébessa (0.44%). Concernant les teneurs allouées au phosphore assimilable, il se dégage une baisse dans la teneur en phosphore assimilable. Les teneurs de ce minérale dans la région de Tébessa (28.77 μ g/g) sont supérieur à celle de Khenchela (14.44 μ g/g).

En résumé, les incendies de forêt ont un impact négatif sur la biomasse microbienne du sol et la disponibilité en phosphore, soulignant l'importance de la gestion durable des forêts pour préserver la santé des sols et des écosystèmes.

Mots clés : Biomasse microbienne ,phosphore assimilable, les incendies de forêt, teneur en carbone.

ABSTRACT

Soil is a valuable natural environment characterized by its physical, chemical and biological properties that support various essential processes for ecosystems. Soil microorganisms play a key role in the decomposition of organic matter and are used as indicators of soil fertility. Climatic conditions, such as temperature and humidity, influence soil microbial biomass.

This present study was carried out in two forest regions in Algeria to assess the impact of fires on soil microbial biomass and assimilable phosphorus content. The method adopted for the evaluation of microbial biomass is based on the principle of fumigation in the presence of chloroform. The dosage of assimilable phosphorus is established by the Olsen method.

The results showed a significant decrease in microbial biomass in the areas affected by the fires, the biomass obtained in the Khenchela forest (0.37%) is lower than that of Tebessa (0.44%). Concerning the contents allocated to assimilable phosphorus, there is a drop in the assimilable phosphorus content. The contents of this mineral in the Tebessa region (28.77 $\mu\text{g/g}$) are higher than that of Khenchela (14.44 $\mu\text{g/g}$).

In summary, wildfires negatively impact soil microbial biomass and phosphorus availability, highlighting the importance of sustainable forest management to preserve soil and ecosystem health.

Key words: Microbial biomass, assimilable phosphorus, forest fires, carbon content.

ملخص

لتربة هي بيئة طبيعية قيمة تتميز بخصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تدعم مختلف العمليات الأساسية للنظم البيئية. تلعب الكائنات الحية الدقيقة في التربة دورًا رئيسيًا في تحلل المواد العضوية وتستخدم كمؤشرات لخصوبة التربة. تؤثر الظروف المناخية، مثل درجة الحرارة والرطوبة، على الكتلة الحيوية الميكروبية للتربة

أجريت هذه الدراسة في منطقتين حرجيتين في الجزائر لتقييم تأثير الحرائق على الكتلة الحيوية الميكروبية للتربة ومحتوى الفوسفور القابل للاستيعاب. تعتمد الطريقة المعتمدة لتقييم الكتلة الحيوية الميكروبية على مبدأ التبخير في وجود الكلوروفورم. يتم تحديد جرعة الفوسفور القابل للاستيعاب بواسطة طريقة أولسن

وأظهرت النتائج انخفاضًا ملحوظًا في الكتلة الحيوية الميكروبية في المناطق المتضررة من الحرائق، والكتلة الحيوية التي تم الحصول عليها في غابة خشيلة (0.37%) أقل من تلك الموجودة في تبسة (0.44%) انخفاض في محتوى الفوسفور الاستيعاب. محتوى هذا المعدن بمنطقة تبسة (28.77 ميكروجرام/جرام) أعلى من خشيلة (14.44 ميكروجرام/جرام)

باختصار، تؤثر حرائق الغابات سلبًا على الكتلة الحيوية الميكروبية للتربة وتوافر الفوسفور، مما يسلط الضوء على أهمية الإدارة المستدامة للغابات للحفاظ على صحة التربة والنظام البيئي

الكلمات المفتاحية: الكتلة الحيوية الميكروبية، الفوسفور المستوعب، حرائق الغابات، محتوى الكربون

Remerciement

Ô Dieu, louange et merci soient à Toi d'avoir dirigé nos pas et d'avoir illuminé pour nous le chemin de la connaissance et de la connaissance. Vous nous avez aidé à réaliser ce travail, et nous vous demandons de le rendre accessible à tous les chercheurs et chercheurs de connaissances.

Et mettez-le dans la balance de nos bonnes actions et de nos bonnes actions.

Avec nos sincères remerciements et félicitations à Mme boudjabí sonía pour avoir accepté la supervision

Sur ce travail. Et pour les conseils et les orientations que vous nous avez apportés. Et pour nous aider

Pour avoir mené à bien cette recherche, que Dieu le récompense de toute bonté.

Nous remercions également le Professeur : Dr Gkgdabnia Karima d'avoir accepté la présidence du comité pour discuter de cette recherche.

Je remercie également le Dr Naffar soaad d'avoir accepté de discuter de cette recherche en tant qu'examinateur.

Dédicace

Louange à Dieu, Dieu suffit, et les prières soient sur l'Élu Bien-aimé, sur sa famille et sur ceux qui lui sont fidèles. Quant à ce qui suit :

Louange à Dieu, qui nous a permis de valoriser cette étape de notre parcours éducatif avec. ce mémoire, fruit d'efforts et de réussite, grâce à Dieu Tout-Puissant Dédié à mes honorables parents, que Dieu les protège et les garde comme une lumière sur mon chemin, À l'honorable famille qui m'a soutenu et continue de me soutenir, frères. et sœurs.

Aux compagnes de voyage qui ont partagé ses moments avec moi, que Dieu prenne soin d'elles et leur accorde la réussite, à tout le Département de Botanique et à la promotion 2024, Université Cheikh El Arbi Tebessi- Tébéssa -, à tous.

ceux qui ont eu un impact sur ma vie, et à tous ceux que mon cœur a aimé et que mon cœur a oublié.

RAHIMA

Dédicace

Je dédie ce travail

*À mon père et ma mère qui m'ont entouré d'amour, d'affection
et qui font tout pour ma réussite .Leur confiance en moi a été
une source de motivation pour atteindre mes objectifs .que
Dieu les garde et les protège .*

*Pour toute ma famille, en particulier mes chers frères
Al-Hadi, Akram et Bilal, mes sœurs Hayat ,Mouna , Kawtar
leur présence dans ma vies est ma plus grande fierté.*

*À tous mes amis qui m'ont soutenu dans mon parcours
académique, notamment Chaima et Tasnim
Et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas
devant les obstacles de la vie.*

TAKWA

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique de la région de Khenchela (Maghni et al.,2006.....	03
Figure 2: : La position du site de la foret de Ain Mimoun.....	03
Figure 3: Variations mensuelles des températures du site Ain Mimoun (2009-2019)(Khenchla).....	04
Figure 4 : La carte satellitaire de Dokan.....	05
Figure 5: Les données climatiques du site d' étude (Dokan).....	05
Figure 6 : Protocole de la fumigation-extraction (Originale, 2024).....	06
Figure 7: Protocole de dosage du carbone (Originale,2024).....	07
Figure 8 : Effet de la saison sur la biomasse microbienne du sol.....	10
Figure 9: Effet de la région sur la biomasse microbienne du sol.....	11
Figure10 : Effet du type de foret sur la biomasse microbienne du sol.....	11
Figure11 : Effet de la saison sur la teneur du phosphore assimilable ($\mu\text{g/g}$ de sol).....	12
Figure 12: Effet de la région sur la teneur du phosphore assimilable.....	12
Figure13 : Effet du type de foret sur la teneur du phosphore assimilable du sol.....	13

Liste des tableaux

Tableau 1 : les précipitations mensuelles et annuelles de la région de kenchela.....04

Tableau 2 :Résultats de l'anova pour les paramètre du sol10

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Sommaire

Introduction général	13
1 : Matériel et méthode	2
1 .présentation de première zones d'étude (La région de Khenchela)	3
2 . La présentation du deuxième site (Foret Dokan : Tébessa)	4
3 . Le prélèvement des échantillons	5
4. Les paramètres étudiés	6
4-1. Détermination de la biomasse microbienne	6
4-2 . Le dosage du phosphore assimilable (Olsen 1954; in Boudjabi et Chenchouni 2013)	8
4-3 .Etude statistique	8
2 :Résultats	3
1. La biomasse microbienne	10
2. Le phosphore assimilable	11
3 :Discussion	10
Conclusion	16
Références bibliographiques	17
ANNEXE	20

Introduction général

Le sol, en tant que précieux milieu naturel, est caractérisé par ses propriétés physiques, chimiques et biologiques qui participent à divers processus tels que la diffusion, l'oxydation, la nitrification, la dénitrification, et bien d'autres. Ces processus permettent aux sols d'accomplir des fonctions cruciales qui soutiennent la fourniture de services écosystémiques (Adhikari et Hartemink, 2016 ; Dominati et al., 2010 ; Vogel et al., 2018). Parmi ces fonctions, l'apport d'éléments nutritifs aux plantes occupe une place primordiale et indispensable (Dominati et al., 2010).

Les matières organiques du sol (MOS) représentent la principale réserve d'éléments minéraux pour les plantes. Les micro-organismes hétérotrophes du sol constituent à la fois une partie de ces MOS (une fraction du carbone (C) organique présent dans les sols) et jouent un rôle clé dans la dynamique de ces matières organiques. En effet, les communautés microbiennes du sol produisent une variété d'enzymes qui participent à la décomposition/minéralisation des MOS. Depuis de nombreuses décennies, les micro-organismes du sol, leur quantité (biomasse microbienne), leur variété et leurs activités sont utilisés comme des marqueurs pour évaluer la fertilité des sols (Fardeau, 2015) et, de manière plus générale, la santé biologique des sols (Chaussod, 1996), ainsi que pour étudier les impacts des activités humaines (changement d'usage des terres, pollution, etc.) sur le fonctionnement de cet écosystème. La mesure de la biomasse microbienne (par la méthode de fumigation-extraction) est largement reconnue comme un indicateur biologique pratique pour aborder les questions liées à l'état organique des sols (Chaussod, 1996). La biomasse microbienne du sol est la quantité de biomasse de communautés microbiennes présentes dans celui-ci. Il fait référence à la biomasse totale de bactéries, champignons, algues et autres micro-organismes (Vogel et al., 2018). Cette biomasse varie en fonction de plusieurs facteurs ; en premier les facteurs édaphiques ; en effet l'hétérogénéité spatiale des propriétés des sols conduisant à des changements spectaculaires dans les propriétés de la surface de celui-ci, en particulier la concentration et répartition du Carbone ; Azote et Phosphore est en étroite corrélation avec le fonctionnement de la communauté microbienne du sol conséquemment avec la biomasse microbienne (Martiny et al., 2006; Hartman, 2011).

En deuxième lieu il faut dire que ; La variation des conditions climatiques affecte la diversité et le fonctionnement et aussi la répartition de ces microorganismes ; en effet le changement des conditions environnementales tel que la température ; la disponibilité de l'eau, des nutriments et de la lumière affectent la biodiversité microbienne du sol. Certains auteurs rapportent (Wardle et al., 2004) que , pendant les saisons chaudes, la composition génétique et la biodiversité des communautés microbiennes peuvent augmenter, entraînant une augmentation de la biomasse microbienne. À l'inverse, pendant les saisons froides, l'activité microbienne peut être réduite et la biomasse peut diminuer en raison de la réduction de la vitesse des processus biologiques. En réalité il faut dire que, les changements saisonniers peuvent affecter la disponibilité des nutriments pour les microbes. Par exemple, pendant les saisons humides, la disponibilité d'eau et de nutriments peut augmenter, en présence de l'eau la disponibilité des nutriments s'améliorent entraînant une augmentation dans la biomasse microbienne du sol En résumé, la relation entre la biomasse microbienne et la saison dépend des changements environnementaux et de la manière dont ces changements affectent la croissance et l'activité de ces communautés microbiennes spécifiques.

Récemment notre pays a connu une vague de chaleur paradoxale qui était la cause de pas mal d'incendies dévastatrices dans plusieurs forêts. Selon la bibliographie ;Les incendies engendrent la mort des micro-organismes les plus sensibles du sol (Hernández *et al.* 1997). Ces mortalités affectent directement les activités microbiennes impliquées dans les cycles biogéochimiques (Boerner & Brinkman 2003).cet effet agit négativement sur la fertilité du sol ; a titre d' exemple la chaleur produite par le feu entraîne la volatilisation de l'azote organique (Fisher et Binkley 2000).

La gestion durable des forêts algériennes doit donc être éclairée par une évaluation de la qualité physico-chimique des sols incendiés et de la vulnérabilité des activités microbiennes à cette perturbation. L'objectif de cette étude est de porter une évaluation sur la biomasse microbienne du sol pris dans deux forêts incendiées dans deux zones différentes, de comparer l'évolution de la biomasse microbienne avec des sols témoins pris dans des forêts non incendiées.

1 : Matériel et méthode

1 .présentation de première zones d'étude (La région de Khenchela)

La région de Khenchela se trouve à l'Est du pays, précisément au sud-est de Constantine. Ses frontières sont définies comme suit : au nord par la wilaya d'Oum El Bouaghi, au sud par la wilaya d'El Oued, à l'ouest par les wilayas de Batna et de Biskra, et à l'est par la wilaya de Tébessa (Figure 1).

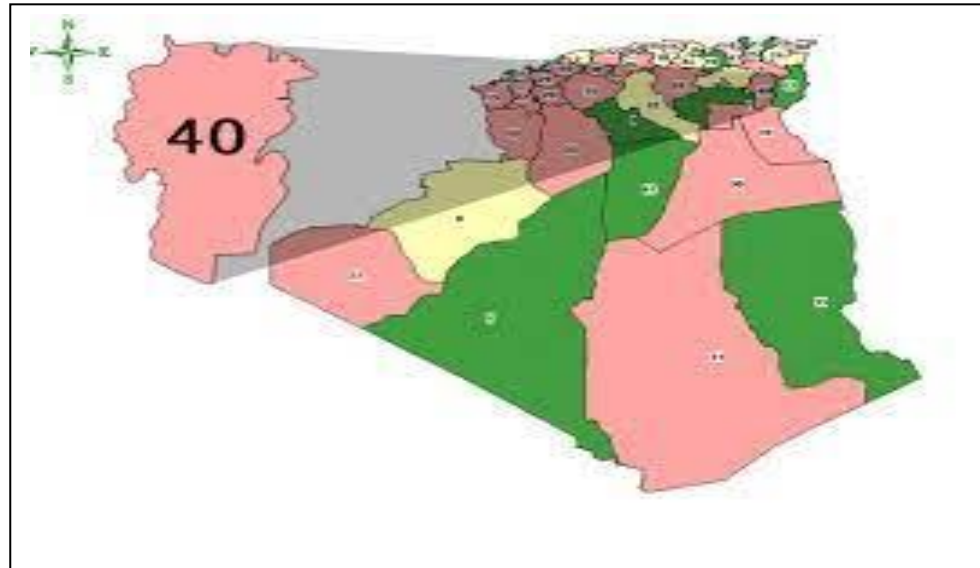


Figure .1 :Situation géographique de la région de Khenchla (Maghni et al.,2006)

Dans ce lieu, l'endroit sélectionné se trouve dans la forêt d'Ain Mimoun, qui relève de la Daira de Tamza. Cette forêt est localisée dans la région occidentale de Khenchla. Elle est bordée au nord par Kais, à l'est par Ensigna et El Hamma, à l'ouest par Bouhmama et Chelia, et au sud par Khirane (**Figure 2**).



Figure .2 : La position du site de la foret de Ain Mimoun

- **Les caractéristiques climatiques de la région d'étude**

Le tableau 1 représente les prélèvements mensuelles et annuelles de la région d'étude (La foret Ain Mimoun localisée dans la province de Khenchla ; les prélèvements effectués durant la période (2009_2019)en(mm). On constate deux périodes, la première où les précipitations sont maximales alors que la deuxième où les précipitations sont minimales. La répartition saisonnière des pluies pour cette région montre que le maximum est enregistré pendant le Printemps par contre le minimum est en Été.

Tableau 1 : les précipitations mensuelles et annuelles de la région de khenchela

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Moyenne annuelle
P : (2009-2019)	36,66	31,97	25,13	23,76	36,82	26,84	36,89	35,59	27,85	18,64	7,33	31,97	28,28
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
P(mm,%)	Mm	%	Mm	%	Mm	%	Mm	%	Mm	%			
	93,76	27,62%	87,42	25,75%	100,33	29,55%	57,94	17,06%					

• **Les températures qui caractérisent la région**

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (**Figure.3**) montre que le mois de Janvier est le plus froid avec 6,28 °C contrairement au mois de juillet qui est le plus chaud avec une température 27,62°C

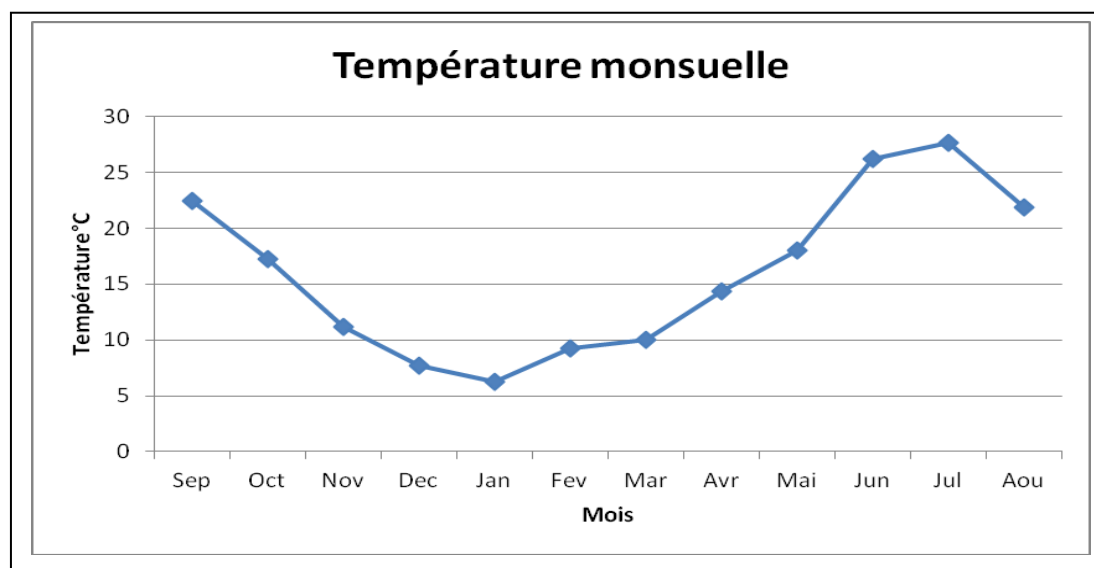


Figure .3 : Variations mensuelles des températures du site Ain Mimoun

(2009-2019)(Khenchla)

2 . La présentation du deuxième site (Forêt Dokan : Tébessa)

La deuxième zone d'échantillonnage est une pinède (pin d' halep) se trouve dans la région de Tébessa. Cette zone est située à l'extrême Est de l'Algérie, en bordure de la Tunisie (à 28 km). Elle se caractérise par sa position frontalière avec les Hauts Plateaux à l'est du pays. Ses frontières sont définies comme suit : au nord par la wilaya de Souk-Ahras, au nord-ouest par les wilayas d'Oum El Bouaghi et de Khenchela, à l'est par la Tunisie et au sud par la wilaya d'El Oued. La région choisie dans ce site se nomme Dokan; le lieu de la forêt choisie se nomme (forêt djbel el atef : à Dokan position 35°21'28''N8°05'01'' E à une élévation de 1282.18m (Figure. 4)



Figure. 4 : La carte satellitaire de Dokan

- Présentation des données climatiques du site d'étude

Le climat de la région est semi-aride; les précipitations et les températures sont mentionnées dans la figure 5 : Les données climatiques sont fournies par le centre météorologiques de Tébessa sur une période allant de (1972 à 2018),

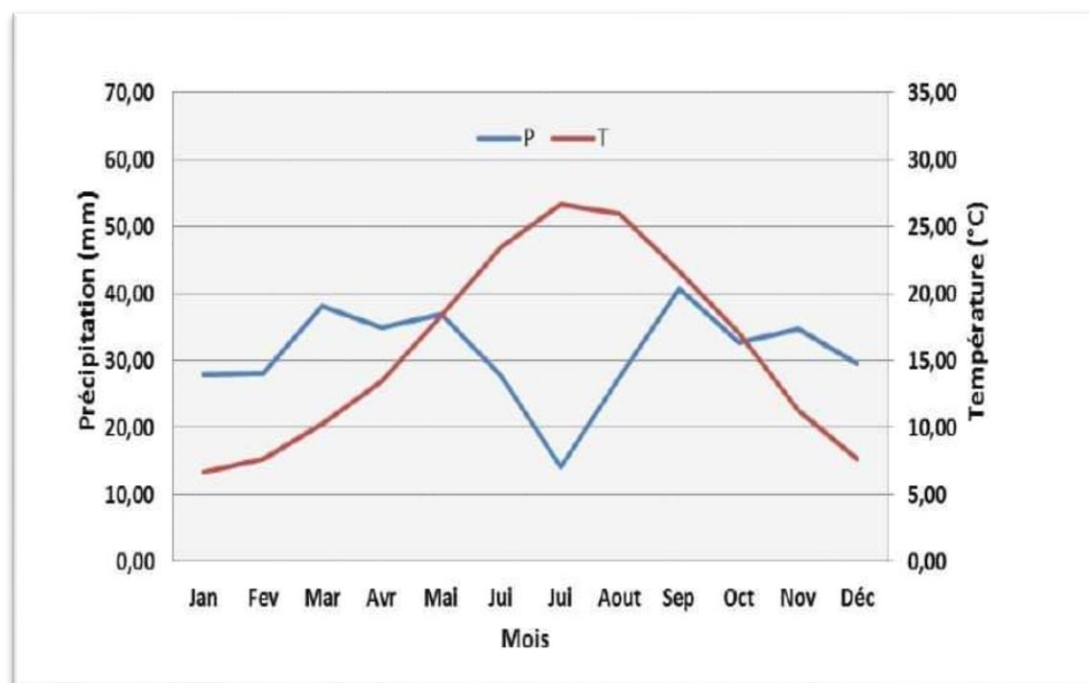


Figure .5 : Les données climatiques du site d'étude (Dokan)

3 . Le prélèvement des échantillons

Les échantillons de sol sont prélevés dans deux régions à deux moments différents de l'année. Le premier prélèvement est effectué en octobre 2023, correspondant à l'automne, tandis que le deuxième prélèvement est réalisé en mars 2024, au printemps. La profondeur de prélèvement est de 40 cm. Dans chaque région, Une forêt affectée par l'incendie est sélectionnée. Des échantillons de sol sont prélevés linéairement à des distances espacées de 600m. Chaque prélèvement est répliqué en trois répliques. En plus des forêts touchées, une forêt témoin non affectée par l'incendie est choisie dans chaque région (Khenchela et Tébessa). Les échantillons de sol sont placés dans des sachets en plastique pour le stockage. Une fois de retour au laboratoire les échantillons une fois séchés dans l'étuve à 105°C pour une durée de 24H, tamisés par un tamis de 2 mm de diamètre. Le sol obtenu servira pour évaluer la biomasse microbienne et le phosphore assimilable.

4. Les paramètres étudiés

4-1. Détermination de la biomasse microbienne

La méthode de Jenkinson et Powlson (1976), modifiée par Chaussod et Nicolardot (1982), a été utilisée pour mesurer la biomasse microbienne totale des sols. Cela implique l'utilisation de la technique de fumigation-extraction pour déterminer la biomasse microbienne, qui représente la part vivante de la matière organique. Après avoir pesé 4 g de chaque échantillon de sol et les avoir placés dans des boîtes de Pétri, les échantillons sont soumis à des vapeurs de chloroforme dans un dessiccateur pendant 24 Heures à 20°C, les soumettant ainsi à une fumigation. Les échantillons témoins ne sont pas exposés à toute forme d'interaction avec le chloroforme. La terre de chaque boîte est ensuite mélangée avec 20 ml de sulfate de potassium à une molarité de 0,05 N, ce mélange est agité pendant un peu plus d'une demi-heure (45 minutes) puis centrifugé pendant un quart d'heure (15 minutes) à une vitesse atteignant environ 4500 tours/minute, ce qui permet l'extraction du « surnageant » contenant des matières extractibles

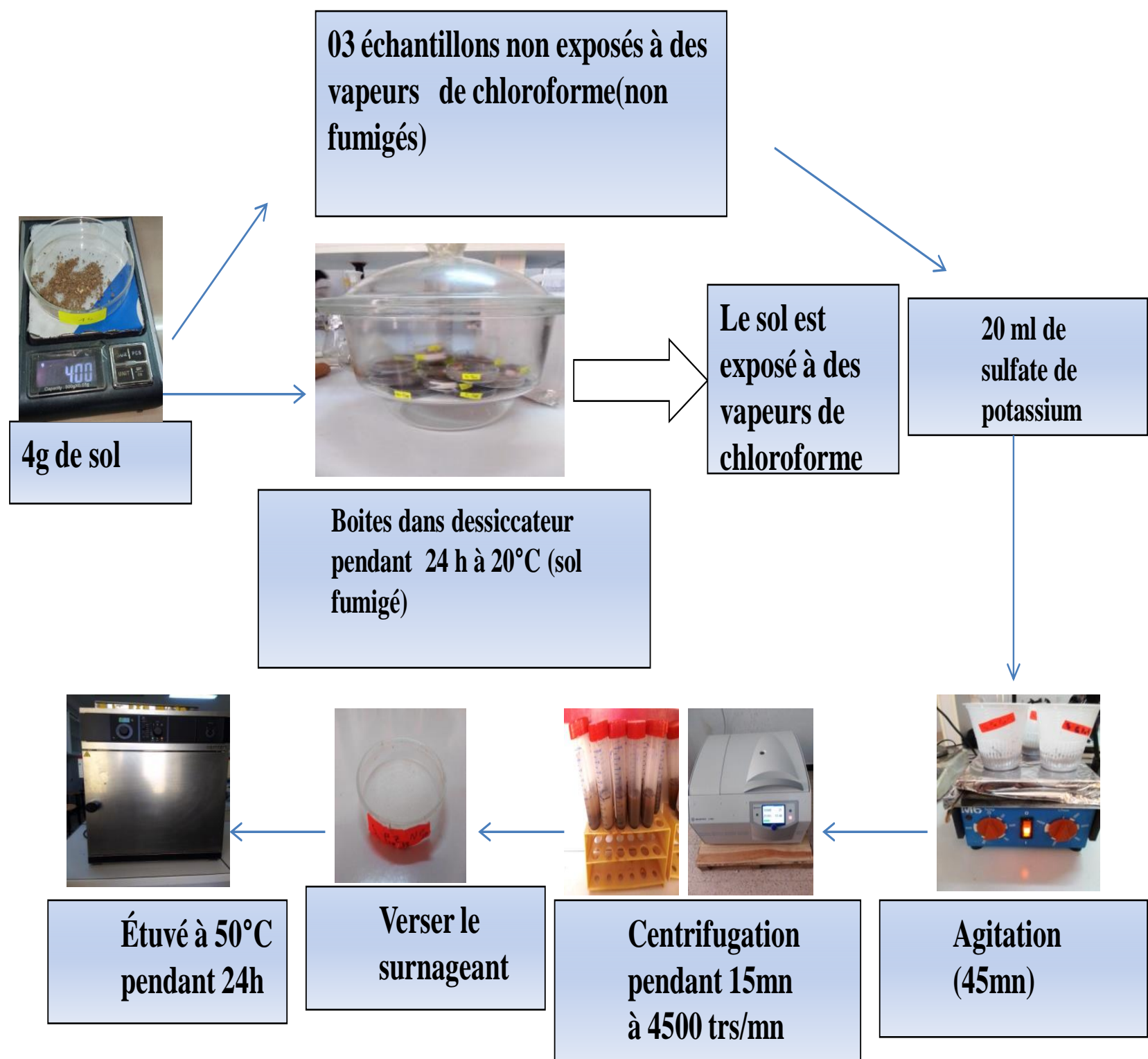


Figure .6 : Protocole de la fumigation-extraction (Makhloufi 2018)

La détermination du carbone organique repose sur la conversion du carbone organique en CO₂ grâce à une combinaison d'acide sulfurique chaud et de bichromate de potassium. L'excès de bichromate de potassium est titré avec du sel de Mohr, en présence de la diphénylamine et une pincée de NaF. Tout au long du processus de titrage, la solution subit une série de transformations de couleur, passant d'une teinte brune à une teinte noirâtre foncée, puis passant à un violet vif, pour finalement aboutir à une coloration verte vive. (Walkley et Black, 1934) in (Pielain et Mathieu, 2003), Le taux de carbone est calculé selon la formule :

$$C\% = (X - X') \times 0.3 \times 100 / \text{prise d'essai}$$

X = Le volume de titration du témoin en ml.

X' = Le volume de titration de l'échantillon en ml.

P = La prise d'essai (Poids du sol).

La mesure de la teneur en carbone de la biomasse microbienne est une tâche cruciale elle est déduite à partir du carbone calculé dans le sol par la méthode citée en haut. Chaque essai est reproduit en trois répétitions. L'équation fournie utilise la quantité de carbone soluble trouvée dans l'extrait de sol fumigé et non fumigé :

$$Bc = (CF - CNF) / K_{ec}$$

Le carbone dérivé de la biomasse microbienne (BC), le carbone du sol fumigé (CF), le carbone du sol non fumigé (CNF), k est le coefficient d'efficacité d'extraction du carbone de la biomasse microbienne ($K_{ec} = 0,38$)

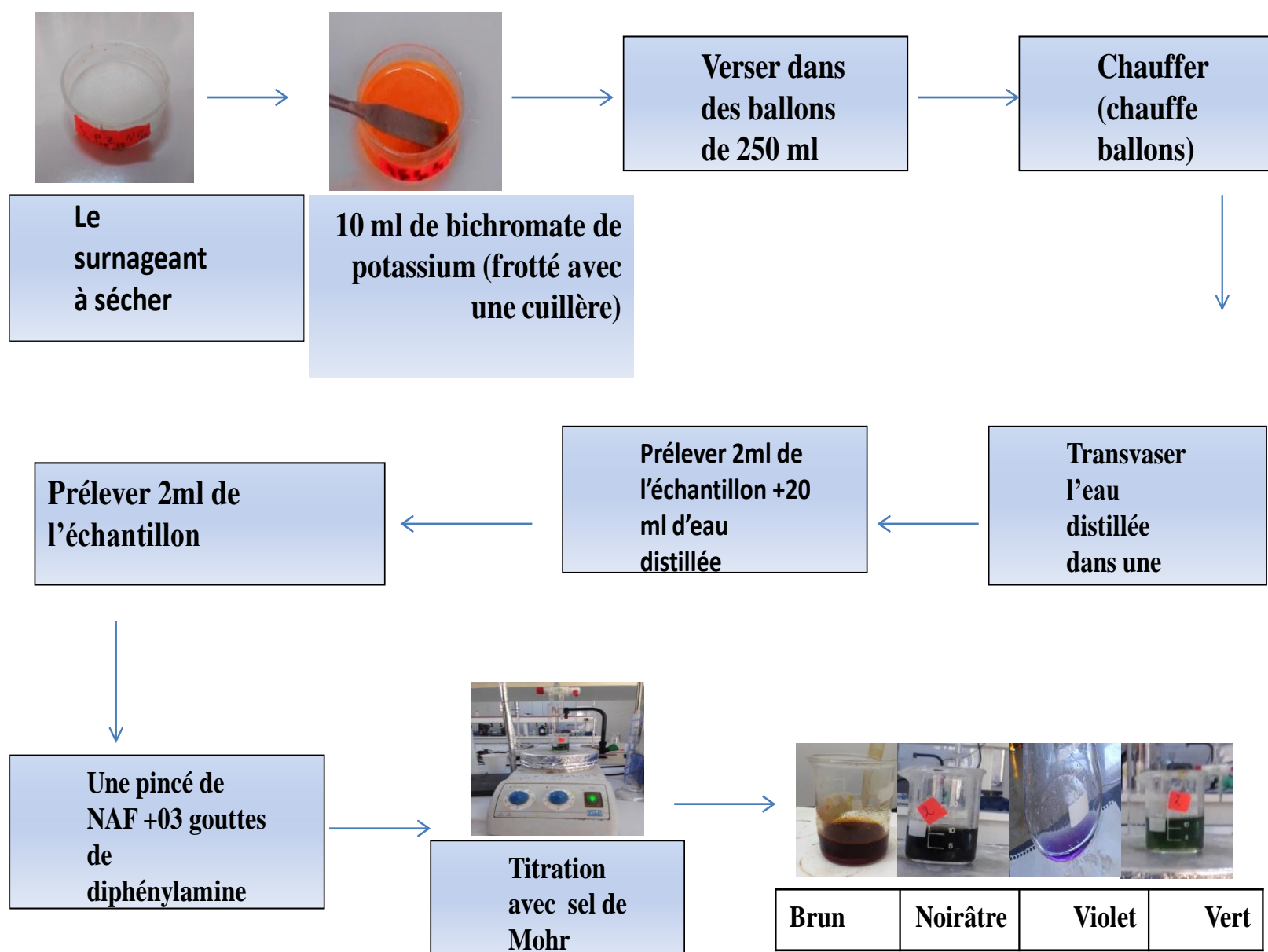


Figure .7: Protocole de dosage du carbone (Makhloufi 2018)

4-2 . Le dosage du phosphore assimilable (Olsen 1954; in Boudjabi et Chenchouni 2013)

Une extraction du phosphore assimilable est faite par une agitation de 5 g de sol dans 100ml de bicarbonate de sodium (0.5M), à 5ml du filtrat est ajouté 5 ml de molybdate d'ammonium et 1ml de SnCl. Chaque essai est reproduit en trois répétitions.

La lecture de l'absorbance des échantillons est faite au spectroscope UV – VIS 1250 à une longueur d'onde 660nm. La teneur en phosphore est déduite à partir de la courbe d'étalonnage : $Y = 0,039 x - 0,048$, ($R^2 = 0,8104$).

4-3.Etude statistique

Les résultats obtenus de l'expérimentation sont soumis à une étude statistique qui consiste en une ANOVA . en prenant en compte trois facteur .Le test est fait au niveau $\alpha = 0.05$. Toutes les opérations statistiques ont été effectuées à l' aide du logiciel Statistique 13.0.

2 :Résultats

1. La biomasse microbienne

L'analyse des données révèle une augmentation non significative ($p = 0,20$; Tableau 3) de la biomasse microbienne sous l'influence des saison .

Tableau 2 :Résultats de l'anova pour les paramètre du sol

Factors	df	Phosphore assimilable			Biomasse microbienne		
		SS	P-value	sig	SS	P-value	sig
S	1	18.33	0.282	Ns	0.000	0.655	Ns
R	1	1231.53	<0.001	***	0.031	0.01	*
F	1	327.38	<0.001	***	0.251	<0.001	***
S*R	1	2.95	0.661	Ns	0.000	0.672	Ns
S*F	1	99.47	0.019	*	0.044	<0.01	**
R*F	1	139.37	<0.01	**	0.043	<0.01	**
S*R*F	1	16.71	0.304	Ns	0.140	<0.001	***

df : degrés de liberté, SS : Somme des carrés, Sig : Signification statistique, *** : $p < 0,001$, ** : $p < 0,01$, * : $p \leq 0,05$, ns : $p > 0,05$; S= saison, R=région, F=foret

La valeur obtenue en automne (0,41%) est proche à celle du printemps (0,40%)(Figure 8).

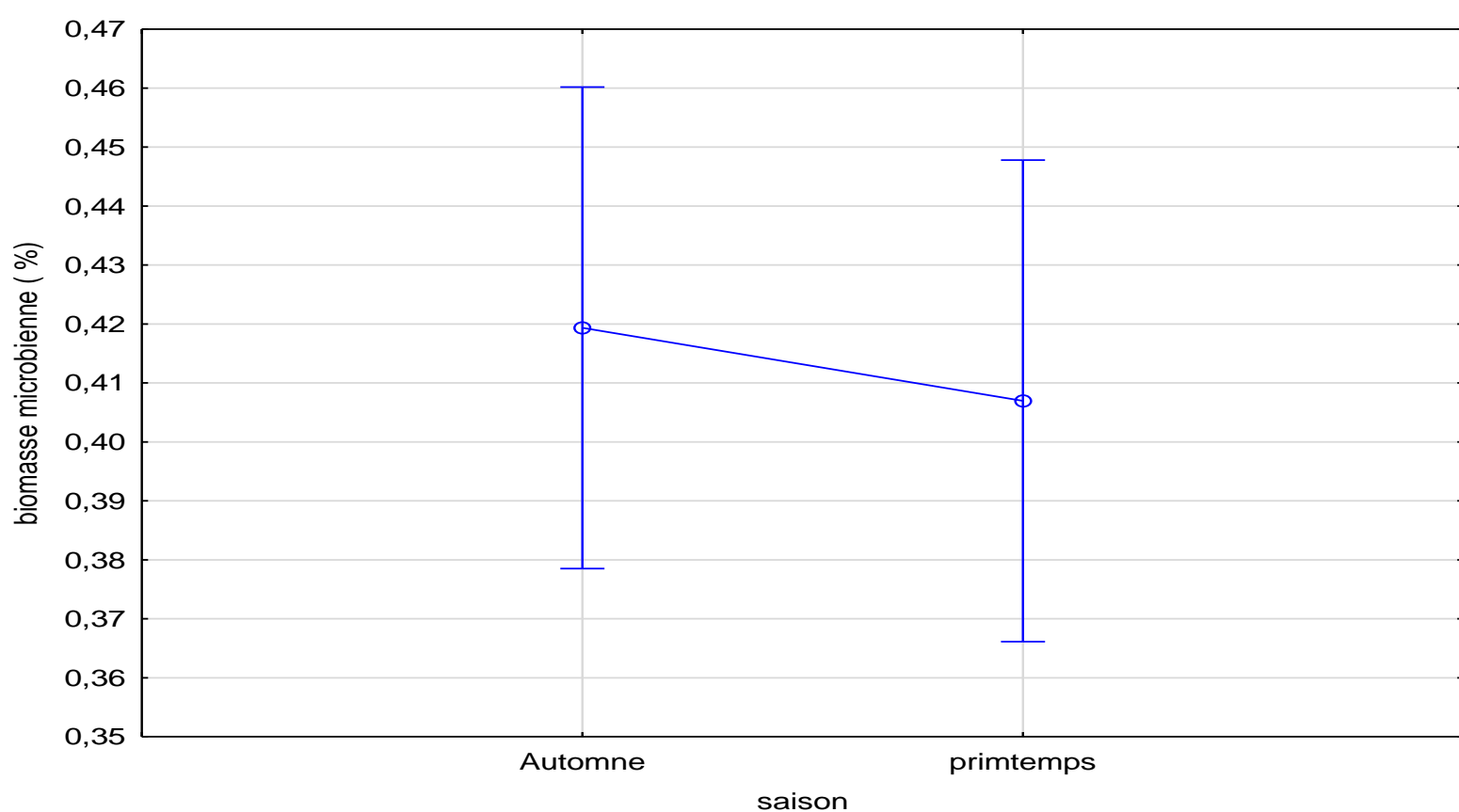


Figure.8 :.Effet de la saison sur la biomasse microbienne du sol

La valeur de la biomasse dans la région de Tébessa est significativement ($p = 0.017$; Tableau 3) supérieur à celle de Khenchela. On note une biomasse dans la région de Tébessa de (0,44%) alors que celle de que dans la région de Khenchela (0,37%)(Figure 9).

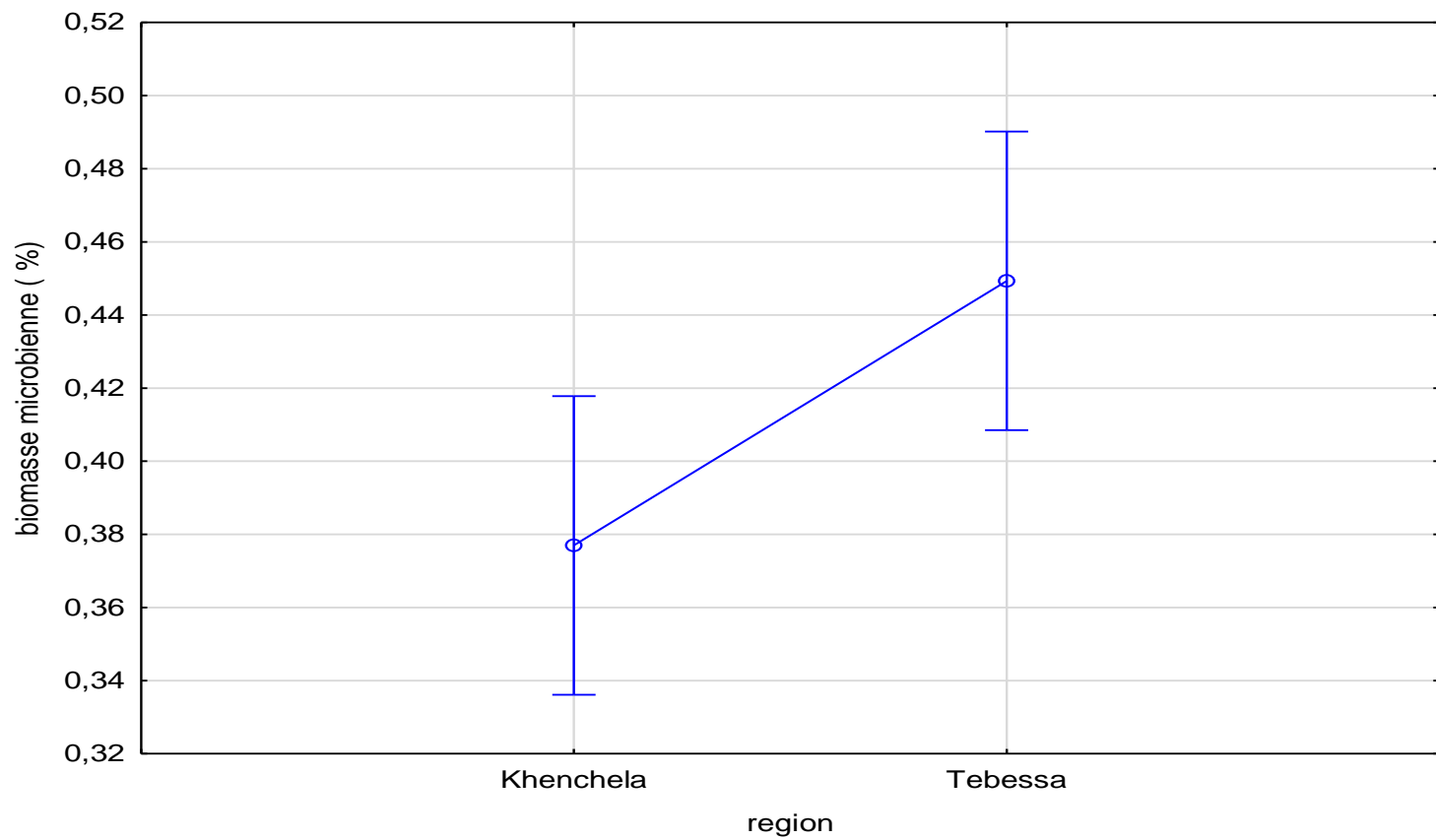


Figure.9 : Effet de la région sur la biomasse microbienne du sol

Concernant l'effet du type de forêt, l'Anova indique que la biomasse microbienne des forêts brûlées est hautement et significativement ($p < 0.001$; Tableau 3) inférieure à celles des forêts non brûlées ou (témoins). La biomasse microbienne dans les sols témoins est égale à (0.51 %) et la forêt incendiée (0.31%) (Figure 10)

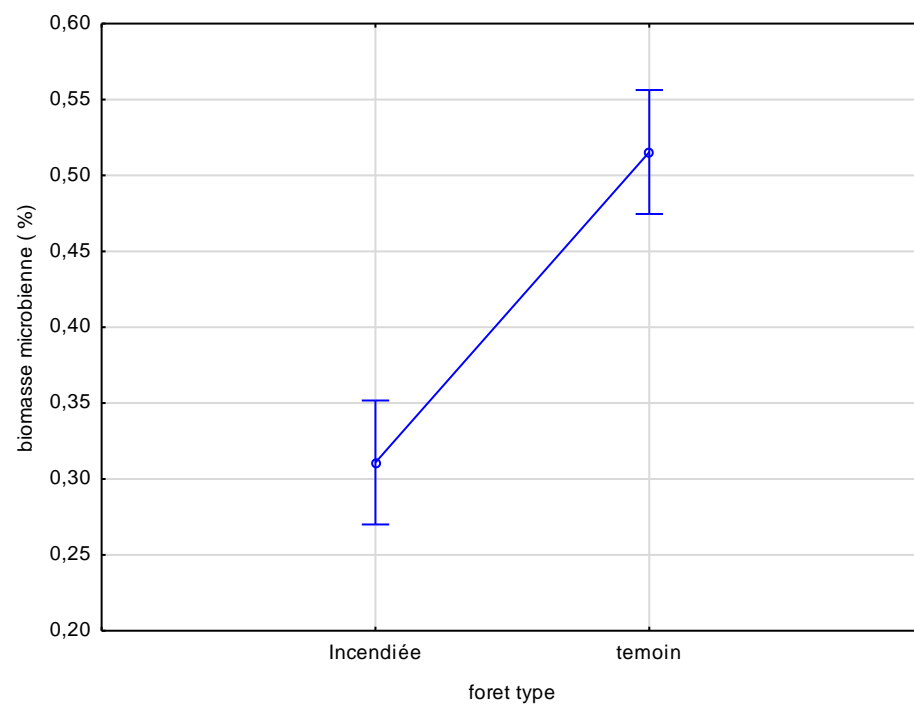


Figure.10 : Effet du type de forêt sur la biomasse microbienne du sol

2. Le phosphore assimilable

La teneur en phosphore n'a pas montré une évolution significative ($p = 2,28$; Tableau 4) sous l'influence des saisons. La teneur du phosphore assimilable au printemps(22,48 $\mu\text{g/g}$) de sol, celle de l'automne(20,73 $\mu\text{g/g}$) de sol (Figure11)

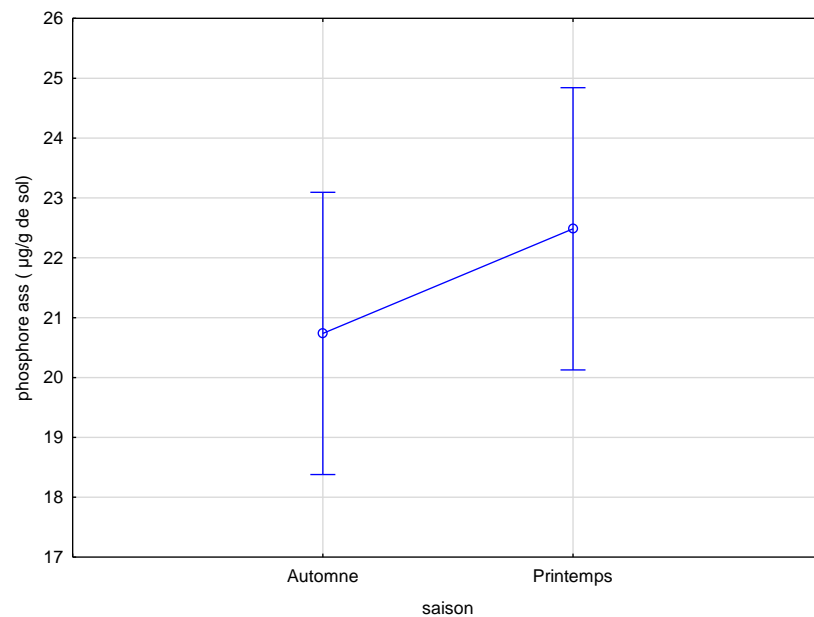


Figure.11 :Effet de la saison sur la teneur du phosphore assimilable (µg/g de sol)

L'analyse statistique montre un effet significatif de la région sur le phosphore assimilable ($p < 0,001$; Tableau 4). Dans la région de Tébessa la teneur est ($28,77\mu\text{g/g}$)de sol est supérieur à celle de Khenchela ($14,44\mu\text{g/g}$) de sol (Figure12).

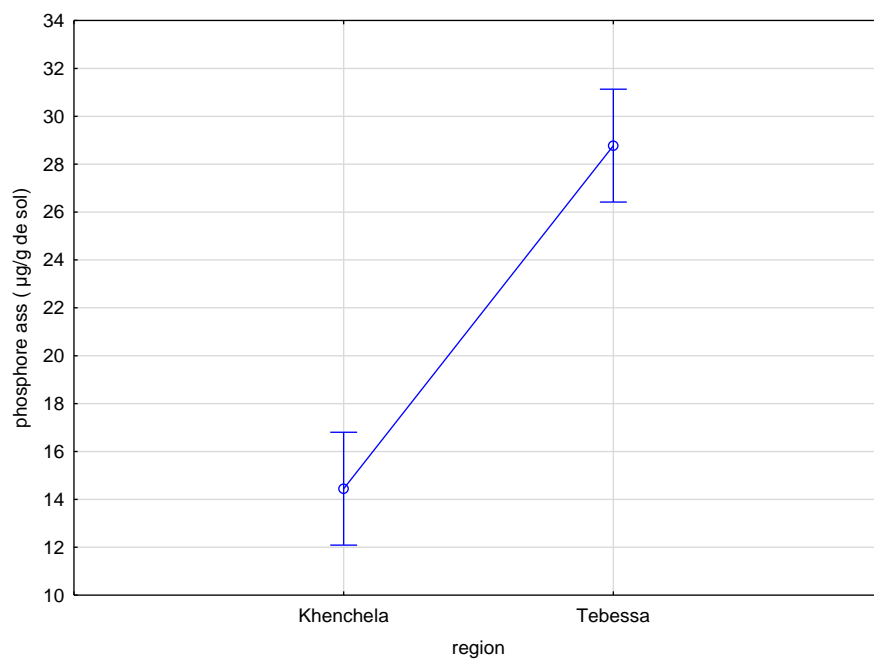


Figure 12. Effet de la région sur la teneur du phosphore assimilable

L'Anova laisse voir l'existence d'une différence significative en la teneur du phosphore assimilable ($p < 0.001$) entre les forêt témoins et celles brûlées. Les valeurs les plus faibles sont obtenues dans la zone forestière brûlée ($17,91\mu\text{g/g}$), et les plus élevées sont décelées dans les forêt témoins($25,30\mu\text{g/g}$) de sol (Figure13).

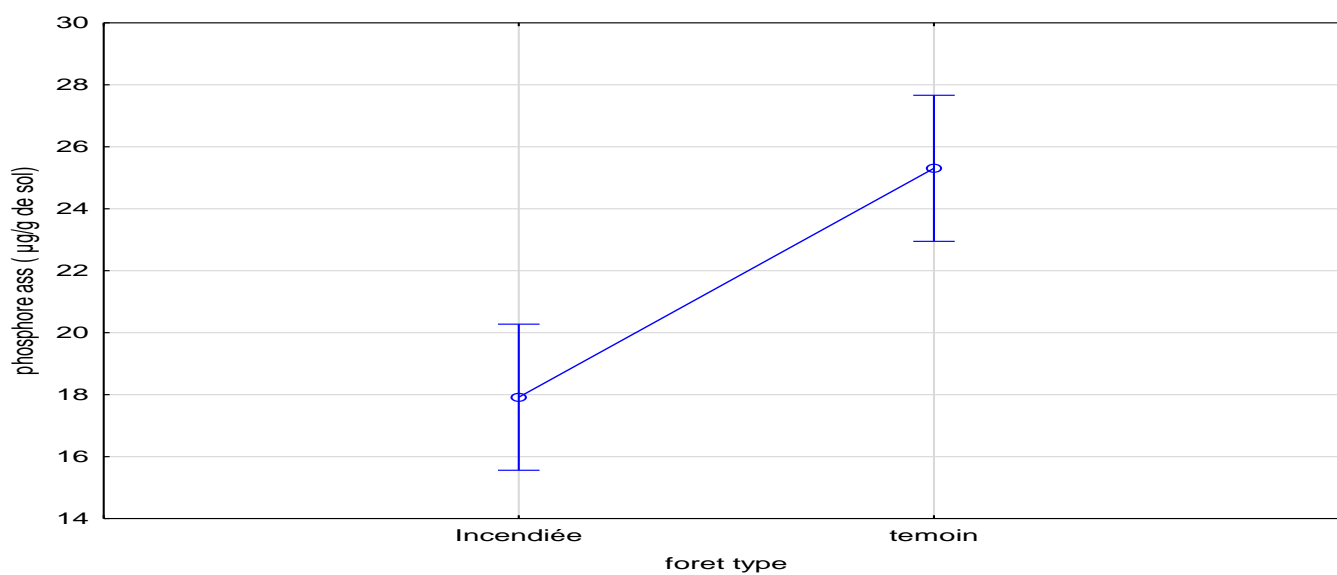


Figure13.Effet du type de foret sur la teneur du phosphore assimilable du sol

3 :Discussion

Dans cette présente étude on n' a pas détecté une variation dans la biomasse microbienne du sol entre la saison de l' automne et du printemps. Contrairement à nos retrouvailles , plusieurs auteurs(Bon,2023;Kabuya et al.,2023) a montré que les microbes et la biomasse du sol présentent des variations saisonnières prononcées dans le sol, ces mêmes auteurs rapportent que, la masse et l'activité des micro-organismes du sol étaient élevées en saison chaudes et s' affaiblit en période froide. Des études ont montré que même plusieurs années après un incendie, la diversité des communautés microbiennes et le carbone de la biomasse restent faibles dans les zones brûlées (Mabuhay et al., 2004). Cela suggère que les incendies de forêts peuvent avoir un impact durable sur la biomasse microbienne, l'abondance et la diversité des sols, ce qui pourrait influencer le rétablissement des forêts et la santé des sols sur de longues périodes.

La biomasse microbienne du sol dans la région de Tébessa est supérieure à celle de Khenchela, cette différence s'explique en réalité de l'effet significatif issu de l'interaction entre le type de forêt et la région. En effet dans la région de Tébessa l'ampleur des incendies était moins importante à celle de Khenchela, cette différence reflète une biomasse supérieure dans cette région en comparaison à celle de Khenchela. Sous l'effet des incendies le sol perd une grande partie de son humidité, cet effet se répercute négativement sur le développement de la biomasse microbienne, à ce sujet plusieurs auteurs (Patel et al., 2010; Yang et al.,2010; Lynch et Panting, 1982 ; Santruckova, 1992) ont montré qu'il existe une étroite relation entre l'humidité du sol et la biodiversité microbienne et fongique du sol. De leur côté aussi (Acea et Carballas, 1990;Yapo et al.,2023) rapportent que la croissance microbienne du sol augmente pendant les saisons des pluies.

Dans le même sens certaines études ont montré que le sol a texture calcaire dont les particules sont calcaires et fines représentent un milieu plus favorable habitat pour la croissance microbienne que les plus grossiers, offrant une meilleure protection contre la dessiccation, à ce sujet le faciès de la région de Tébessa est calcaire ce qui a favorisé la biomasse microbienne(Ranjard et Richaume, 2001).

Plusieurs recherches indiquent que les incendies entraînent une diminution significative des populations microbiennes qui se développent dans les sols (Dooley et Treseder 2012, Holden et Treseder 2013, Garcia et al., 2018 ;Marouane , 2022). La combustion élimine les divers micro-organismes, ce qui entraîne en fin de compte une diminution de la biomasse microbienne. Dans notre cas d'étude, les résultats quant à l'effet de l'incendie sur la communauté microbienne du sol montre que dans les forêts incendiées la biomasse diminue intensément, cette diminution s'explique par la perte des composants vitaux pour la croissance et la nutrition des microorganismes, essentiellement l'azote qui se volatilise sous l'effet des hautes températures sous forme de gaz (Haten et Zabowski 2010), nos résultats corroborent avec (Hart et al., 2005; Hatén et Zabowski, 2010), qui rapportent une diminution dans la biomasse microbienne du sol sous l'effet des incendies. Il faut dire que, les incendies de forêt sont considérés comme l'un des principaux éléments de changement climatique qui influence les différents types microbiens du sol dans une large mesure, car ces microbes jouent un rôle vital dans la dynamique du carbone des écosystèmes terrestres (Fiorito et al., 2005). Aussi, des études ont montré que les incendies de grande intensité causent davantage de dégâts dans la biomasse microbienne (Fiorito et al., 2005; Hamann et al., 2007; Balis et al., 2004).

Les résultats attribués à la teneur du phosphore pour les deux saisons montrent une similarité, la teneur en automne est proche à celle de la saison automne, cette observation est corrélée avec le rapprochement dans la biomasse microbienne observée dans cette étude pour les mêmes saisons. Contrairement à nos retrouvailles. Ashraf et al. (2014) rapportent que la teneur du phosphore dans le sol diminue en période d'automne (saison des pluies) en raison des précipitations, dans le même sens plusieurs autres auteurs (Semwal et al.,2009; Liu et al., 2002 ; Tian et al., 2003, 2005) mentionnent que la fraction du phosphore diminue en période froide et augmente avec l'augmentation de la température. Concernant l'effet région, il est connu que la région de Tébessa est une zone qui présente un faciès très riche en phosphore, raison pour laquelle la teneur observée dans cette région dépasse celle de Khenchela (Ghalmi et al.,2013).

Plusieurs études (Murphy et al., 2006 ; Johnson et al., 2007; Alcañiz et al.,2014) ont montré que la teneur totale en phosphore des forêts de pins a diminué de manière significative après l'incendie. Ces retrouvailles corroborent avec notre recherche, Aussi Weinhold et Clemidson (1992) ont observé une baisse de la concentration totale de phosphore dans la litière des buissons Vingt ans après l'incendie et sous la même végétation. Cependant contrairement à nos résultats (Johnson et al., 2005 ; Dilly et al.,2003. Ge et al.,2010. Yang et al., 2010) ont trouvé que la concentration en phosphore total a significativement augmenté dans les sols de forêts incendiées. Dans le même sens plusieurs auteurs(Wang et al., 2019). rapportent à travers leurs essais que ,les incendies de forêt ont un impact

significatif sur les niveaux de phosphore (P) du sol en modifiant la distribution et la disponibilité de cet élément nutritif (Zhang et al.,2024) ont constaté que les sols fortement brûlés présentaient une diminution du phosphore organique et un taux d'adsorption plus faible pour l'ortho phosphate, en particulier à des concentrations plus faibles et à des profondeurs de sol moins profondes.

Cela suggère que les incendies de haute intensité peuvent réduire la capacité du sol à retenir le phosphore en raison de la destruction de la matière organique qui fixe le phosphore dans le sol.

De même(Navidi et al.,2022) ont observé que les incendies de plus forte intensité détruisent non seulement la matière organique du sol, mais volatilisent également les nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium, contribuant ainsi à diminuer la fertilité des sols. La volatilisation du phosphore lors d'incendies intenses entraîne une perte directe de cet élément nutritif du système pédologique.

Conclusion

Grâce à cette étude, nous avons atteint plusieurs points importants concernant l'impact des incendies de forêt sur la biomasse microbienne du sol et la teneur en phosphore assimilable. La biomasse microbienne du sol est affectée négativement par les incendies de forêt, les résultats obtenus mettent en relief une diminution paradoxale de ce paramètre. Il ressort aussi dans cette étude que, la réduction de la biomasse microbienne étudiée **est plus déterminante** dans la région de **Khenchela** en comparaison à celle de Tébessa.

La teneur en phosphore assimilable du sol est également affectée négativement par les incendies de forêt, montrant des concentrations de phosphore nettement inférieures dans les zones brûlées par rapport aux zones non touchées par les incendies. Il se révèle aussi que en raison du facies la teneur du phosphore dans la région de Tébessa dépasse celle de Khenchela

Références bibliographiques

- Acea, M. J., & Carballas, T. (1990). Principal components analysis of the soil microbial population
- Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services—A global review. *Geoderma*, 262, 101-111.
- Alcañiz-Monge, J., Trautwein, G., & Garcia-Garcia, A. (2014). Influence of peroxometallic intermediaries present on polyoxometalates nanoparticles surface on the adipic acid synthesis. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 394, 211-216.
- Ashraf, N., Bandiera, O., & Jack, B. K. (2014). No margin, no mission? A field experiment on incentives for public service delivery. *Journal of public economics*, 120, 1-17.
- Balis, D. S., Amiridis, V., Nickovic, S., Papayannis, A., & Zerefos, C. (2004). Optical properties of Saharan dust layers as detected by a Raman lidar at Thessaloniki, Greece. *Geophysical Research Letters*, 31(13).
- Boerner, R. E. J., & Brinkman, J. A. (2003). Fire frequency and soil enzyme activity in southern Ohio oak–hickory forests. *Applied Soil Ecology*, 23(2), 137-146.
- Bon, L. (2023). *Rôle du sous-bois sur le fonctionnement microbien du sol en forêt* (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux).
- Boudjabi, S., & Chenchouni, H. (2023). Comparative effectiveness of exogenous organic amendments on soil fertility, growth, photosynthesis and heavy metal accumulation in cereal crops. *Heliyon*, 9(4).
- Chaussod, R., 1996. La qualité biologique des sols : évaluation et implications. *Étude et Gestion des Sols* 3, 261–278.
- Dilly, O., Blume, H. P., Sehy, U., Jimenez, M., & Munch, J. C. (2003). Variation of stabilised, microbial and biologically active carbon and nitrogen in soil under contrasting land use and agricultural management pr
- Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological economics*, 69(9), 1858-1868.
- Dooley, S. R., & Treseder, K. K. (2012). The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies. *Biogeochemistry*, 109, 49-61.
- Fardeau, J.-C., 2015. Des indicateurs de la fertilité des sols. *Etude et Gestion des Sols* 22, 77–100.
- Fiorito, P. A., Gonçalves, V. R., Ponzio, E. A., & de Torresi, S. I. C. (2005). Synthesis, characterization and immobilization of Prussian blue nanoparticles. A potential tool for biosensing devices. *Chemical Communications*, (3), 366-368.
- Fisher, P., & Binkley, P. (2000). Fuzzy modelling. In *GeoComputation* (pp. 161-186). Taylor and Francis London.
- García, J. L., Heckman, J. J., & Ziff, A. L. (2018). Gender differences in the benefits of an influential early childhood program. *European economic review*, 109, 9-22.
- Ge, Q. S., Zheng, J. Y., Hao, Z. X., Shao, X. M., Wang, W. C., & Luterbacher, J. (2010). Temperature variation through 2000 years in China: An uncertainty analysis of reconstruction and regional difference. *Geophysical Research Letters*, 37(3).actices. *Chemosphere*, 52(3), 557-569.
- Ghalmi, S., Guefaifia, O., & Chelih, F. (2013). LES ANALYSES HYDROCHIMIQUES DES SOURCES DE L'AQUIFERE ALLUVIAL-H
- Hamann, J., Cohen, R., Leucht, S., Busch, R., & Kissling, W. (2007). Shared decision making and long-term outcome in schizophrenia treatment. *Journal of Clinical Psychiatry*, 68(7), 992-997.
- Hart, L. G., Larson, E. H., & Lishner, D. M. (2005). Rural definitions for health policy and research. *American journal of public health*, 95(7), 1149-1155.
- Hartman, J. D., Bakos, G. Á., Noyes, R. W., Sipőcz, B., Kovács, G., Mazeh, T., ... & Pál, A. (2011). A photometric variability survey of field K and M dwarf stars with HATNet. *The Astronomical Journal*, 141(5), 166.

- Hatten, J. A., & Zabowski, D. (2010). Fire severity effects on soil organic matter from a ponderosa pine forest: a laboratory study. *International Journal of Wildland Fire*, 19(5), 613-623.
- Hernández, D. A. (1997). Misiones económicas internacionales en Colombia 1930-1960. *Historia crítica*, (14), 7-24.
- Holden, S. R., & Treseder, K. K. (2013). A meta-analysis of soil microbial biomass responses to forest disturbances. *Frontiers in microbiology*, 4, 52720.
- Jenkinson, D. S., & Powlson, D. S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V: A method for measuring soil biomass. *Soil biology and Biochemistry*, 8(3), 209-213. AMMAMET-TEBESSA. NE ALGERIEN. *Recueil des résumés*, 59.
- Johnson, M. K. (2005). The relation between source memory and episodic memory: comment on siedlecki et Al.(2005).
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of mixed methods research*, 1(2), 112-133.
- Kabuya, J. M., Kasangala, P. K., Mulambuila, M. N., & Mupala, G. M. (2023). Effets de la biomasse foliacée de *Tithonia diversifolia* et de la bouse de vache comparativement à l'engrais minéral sur la croissance et la production de la culture du maïs. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11(4), 441-446.
- Liu, Y., Schiff, M., & Dinesh-Kumar, S. P. (2002). Virus-induced gene silencing in tomato. *The Plant Journal*, 31(6), 777-786.
- Lynch, J. M. (1982). Limits to microbial growth in soil. *Microbiology*, 128(2), 405-410.
- Mabuhay, J. A., Nakagoshi, N., & Isagi, Y. (2004). Influence of erosion on soil microbial biomass, abundance and community diversity. *Land Degradation & Development*, 15(2), 183-195.
- Marouane, H. (2022). *Effet du stress hydrique sur la biomasse microbienne de la rhizosphère et les composantes technologiques d'une culture céréalière* (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
- Martiny, J. B. H., Bohannan, B. J., Brown, J. H., Colwell, R. K., Fuhrman, J. A., Green, J. L., ... & Staley, J. T. (2006). Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. *Nature Reviews Microbiology*, 4(2), 102-112.
- Makhloufi . H .;(2018) Etude de leffet de la contaminaton du sol par les carburants sur des propriétes bioloiques . master Ecologie et Environement .Université Tizi Ouzou ALGERIE 98p
- Mathieu, C., & Pieltain, F. (2003). Chemical soil analysis: chosen methods
- Maghni, N., & Louadi, K. (2006). *Contribution à la connaissance des abeilles sauvages Hymenoptera; Apoidea) dans les milieux naturels et cultivés de la région de Khenchela* (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine .
- Murphy, S. (2006). *BGP security vulnerabilities analysis* (No. rfc4272).
- Navidi, M., Lucas-Borja, M. E., Plaza-Álvarez, P. A., Carra, B. G., Parhizkar, M., & Zema, D. A. (2022). Mid-Term Changes in Soil Properties after Wildfire, Straw Mulching and Salvage Logging in *Pinus halepensis* Mill. Forests. *Fire*, 5(5), 158.
- Nicolardot, B., Chaussod, R., & Guiraud, R. (1983). *Determination of a "microbial nitrogen" compartment in soil* (No. CEA-CONF--6935). Institut National de Recherches Agronomiques (INRA).
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.
- Patel, B. A., & Wunderlich, R. E. (2010). Dynamic pressure patterns in the hands of olive baboons (*Papio anubis*) during terrestrial locomotion: implications for cercopithecoid primate hand morphology. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 293(4), 710-718.
- Ranjard, L., & Richaume, A. (2001). Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. *Research in microbiology*, 152(8), 707-716.

- ŠANTRŮčková, H. A. N. A. (1992). Microbial biomass, activity and soil respiration in relation to secondary succession. *Pedobiologia*, 36(6), 341.
- Semwal, B. C., Gupta, J., Singh, S., Kumar, Y., & Giri, M. (2009). Antihyperglycemic activity of root of *Berberis aristata* DC in alloxan-induced diabetic rats. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, 3(3).
- Tian, B., & Hua, Y. (2005). Concentration-dependence of prooxidant and antioxidant effects of aloin and aloe-emodin on DNA. *Food chemistry*, 91(3), 413-418.
- Tian, D., Traw, M. B., Chen, J. Q., Kreitman, M., & Bergelson, J. (2003). Fitness costs of R-gene-mediated resistance in *Arabidopsis thaliana*. *Nature*, 423(6935), 74-77.
- Vogel, H.-J., Bartke, S., Daedlow, K., Helming, K., Kögel-Knabner, I., Lang, B., Rabot, E., Russell, D., Stöbel, B., Weller, U., Wiesmeier, M., Wollschläger, U., 2018. A systemic approach for modeling soil functions. *SOIL* 4, 83–92
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Wang, Y., Yin, W., & Zeng, J. (2019). Global convergence of ADMM in nonconvex nonsmooth optimization. *Journal of Scientific Computing*, 78, 29-63.
- Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Klironomos, J. N., Setälä, H., Van Der Putten, W. H., & Wall, D. H. (2004). Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *science*, 304(5677), 1629-1633.
- Weinhold, E. G., & Knowles, J. R. (1992). Design and evaluation of a tightly binding fluorescent ligand for influenza A hemagglutinin. *Journal of the American Chemical Society*, 114(24), 9270-9275.
- Yang, L., Ravdel, B., & Lucht, B. L. (2010). Electrolyte reactions with the surface of high voltage LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ cathodes for lithium-ion batteries. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 13(8), A95.
- Yang, L., Ravdel, B., & Lucht, B. L. (2010). Electrolyte reactions with the surface of high voltage LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ cathodes for lithium-ion batteries. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 13(8), A95.
- Yapo, R. G., Kone, W. A., Konan, N. L., Tiamou-Siagbe, G. V., Koffi, Y. B., N'dri, B. A., & Hien, E. (2023). Influence a moyen terme de la période de brûlis de la savane sur les activités microbiennes et l'azote minéral du sol dans la réserve de lamto (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 35(1), 15-29.
- Yapo, R. G., Kone, W. A., Konan, N. L., Tiamou-Siagbe, G. V., Koffi, Y. B., N'dri, B. A., & Hien, E. (2023). Influence a moyen terme de la période de brûlis de la savane sur les activités microbiennes et l'azote minéral du sol dans la réserve de lamto (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 35(1), 15-29.
- Zheng, L., Chiang, W. L., Sheng, Y., Zhuang, S., Wu, Z., Zhuang, Y., ... & Stoica, I. (2024). Judging llm-as-a-judge with mt-bench and chatbot arena. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 36.

ANNEXE

Tableau3 :ANOVA de biomasse microbienne

Univariate Tests of Significance for biomasse microbienne (%) (Spreadsheet1 RAHMA et Takwa) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4,096787	1	4,096787	920,2206	0,000000
saison	0,000921	1	0,000921	0,2069	0,655317
region	0,031423	1	0,031423	7,0583	0,017231
foret type	0,251126	1	0,251126	56,4080	0,000001
saison*region	0,000826	1	0,000826	0,1855	0,672422
saison*foret type	0,044930	1	0,044930	10,0922	0,005856
region*foret type	0,043641	1	0,043641	9,8027	0,006448
saison*region*foret type	0,140744	1	0,140744	31,6139	0,000038
Error	0,071231	16	0,004452		

Tableau4 :ANOVA de phosphore assimilable

Univariate Tests of Significance for phosphore ass (µg/g de sol) (Spreadsheet1 RAHMA et Takwa) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	11209,04	1	11209,04	755,3475	0,000000
saison	18,33	1	18,33	1,2354	0,282779
region	1231,53	1	1231,53	82,9895	0,000000
foret type	327,38	1	327,38	22,0614	0,000242
saison*region	2,95	1	2,95	0,1991	0,661431
saison*foret type	99,47	1	99,47	6,7029	0,019778
region*foret type	139,37	1	139,37	9,3917	0,007409
saison*region*foret type	16,71	1	16,71	1,1260	0,304393
Error	237,43	16	14,84		