République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa –

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Êtres vivants

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de **MASTER**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Écologie et environnement

Spécialité : Écologie et développement durable

Thème :

Effet de certains paramètres abiotiques sur l'aspect quantitatif de l'huile essentielle et de l'extrait de *Schinus molle*.

Présenté par : Melle GHALAB Khaoula

Devant le jury :

Dr. MEBARKIA Nadjoua	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Présidente
Dr. MAHMOUDI Khaoula	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi- Tébessa	Examinatrice
Dr. HALAIMIA Samira	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Encadrante

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, Le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la patience, la force et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce travail. Sans Sa volonté et Sa guidance, rien n'aurait été possible.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Dr. HALAIMIA Samira, encadrante de ce mémoire, pour son accompagnement constant, ses conseils avisés, sa disponibilité et sa bienveillance tout au long de ce travail.

Merci à tous les membres du jury

Mes remerciements à Dr. MEBARKIA Nadjoua, Présidente de ce mémoire, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'évaluer ce mémoire et pour ses observations enrichissantes.

J'adresse également mes sincères remerciements à Dr. MAHMOUDI Khaoula, examinatrice de ce mémoire, pour ses remarques pertinentes et ses contributions précieuses à l'amélioration de ce travail. Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin tout au long de ce parcours.

Dédicaces

Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce travail. Lui qui m'a accordé la force face aux épreuves, la patience dans les moments de doute, et la lumière Quand le chemin devenait obscur.

Ce travail est, avant tout, un fruit de sa bénédiction. À ma chère mère, celle dont le regard bienveillant a toujours su me rassurer, celle dont les prières silencieuses m'ont protégé dans l'ombre, celle qui a porté mes rêves avec plus de foi que moi-même.

Ce travail, fruit de longues heures, de doutes, de persévérance et d'espoir, je te le dédie du plus profond de mon cœur. Ton amour, ta force et ta tendresse ont été mon refuge dans chaque tempête. Merci d'avoir été ma lumière dans les moments sombres, mon pilier dans les instants de faiblesse, et mon inspiration permanente.

À mes frères et sœur, Pour leur soutien discret mais constant, pour les mots d'encouragement lancés au bon moment, et pour leur présence chaleureuse qui m'a donné le courage d'avancer. Vous êtes, sans le savoir, une part essentielle de cette réussite.

À mes amis les plus sincères, Pour les éclats de rire qui ont brisé la fatigue, pour les silences partagés qui valaient mille discours, pour les gestes simples mais si profonds. Vous avez été une lumière, un réconfort, un équilibre. Ce chemin aurait été bien plus difficile sans vous. À ceux qui ne sont pas nommés, mais qui, par un regard, un mot ou un geste, ont contribué à m'élever, Ce modeste travail est aussi le vôtre. Merci d'avoir été là, chacun à votre manière.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	**1**
II. MATERIEL ET METHODES	**4**
2.1. Les analyses physico-chimiques du sol	**4**
2.1.1. Détermination de la texture	**4**
2.1.2. L'humidité du sol	**5**
2.1.3. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)	**6**
2.1.4. Mesure de la conductivité électrique (CE)	**7**
2.1.5. Mesure du carbone organique	**8**
2.1.6. Mesure du calcaire total	**10**
2.1.7. Dosage de calcaire actif	**11**
2.2. Présentation de la plante, *Schinus molle*	**13**
2.3. Récolte et préparation des échantillons	**14**
2.4. Extraction et rendement de de l'HE de *Schinus molle*	**15**
2.5. Extraction et rendement de l'extrait de *schinus molle*	**17**
III. RESULTATS	**19**
3.1. Les facteurs édaphiques	**19**
3.1.1. Texture du sol	**19**
3.1.2. Humidité	**19**
3.1.3. Potentiel d'hydrogène	**20**
3.1.4. Conductivité	**20**
3.1.5. Carbone organique	**21**
3.1.6. Matière organique	**21**
3.1.7. Calcaire actif	**22**
3.1.8. Calcaire total	**22**
3.2. Effet saison sur le rendement des feuilles du plant *Schinus molle*	**23**
3.2.1. Effet sur le rendement de l'huile essentielle des feuilles de la plante *Schinus molle*	**23**
3.2.2. Effet sur rendement de l'extrait de la plante *Schinus molle*	**23**

IV. DISCUSSION	**25**
4.1. Les facteurs édaphiques	**25**
4.2. Rendement en huile essentielle	**26**
4.3. Rendement de l'extrait de *Schinus molle*	**28**
V. CONCLUSION ET TERSPECTIVES	**29**
RESUMES	**31**
Français	**31**
Anglais	**32**
Arabe	**33**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	**34**

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1.	Les classes du sol selon le taux d'humidité.	**06**
Tableau 2.	Classe des sols selon leurs statut acido-basique (Baize,2000).	**07**
Tableau 3.	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (Mathieu, 2003).	**08**
Tableau 4.	Classification des sols selon la teneur en carbone organique.	**09**
Tableau 5.	Classification des sols selon le taux de matière organique (Schaefer, 1975).	**10**
Tableau 6.	Classification des sols selon le taux du calcaire total (Baize et Jabiol, 1995).	**11**
Tableau 7.	Classification du sol selon le taux du calcaire actif (Baize, 1995).	**12**
Tableau 8.	Paramètres environnementaux et spatio-temporels des récoltes de la plante étudiée.	**13**
Tableau 9.	Texture du solde des sites d'étude El Kouif et Tébessa.	**19**

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
Figure 1.	Échantillon du sol pour détermination de la texture des deux sites Tébessa **(A)** et El Kouif **(B) (Photos personnelles, 2025).**	**04**
Figure 2.	Détermination de l'humidité du sol ; **(A) :** Préparation des échantillons. **(B) :** Peser des échantillons. **(C) :** Séchage à l'étuve **(Photos personnelles, 2025).**	**05**
Figure 3.	**(A) :** Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B) :** Le pH mètre. **(Photos personnelles, 2025).**	**06**
Figure 4.	**(A) :** Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B) :** Le conductimètre. **(Photos personnelles, 2025).**	**07**
Figure 5.	Étapes de mesure du carbone organique ; **(A) :** Ajout du bichromate aux échantillons. **(B) :** Réaction d'oxydation. **(C) :** Rinçage avec l'eau distillée. **(D) :** Titration avec sel de Mohr. **(Photos personnelles, 2025).**	**09**
Figure 6.	Réaction d'effervescence entre le sol et l'HCL **(Photos personnelles, 2025).**	**10**
Figure 7.	Présentation de *Schinus molle* **(A) :** Site d'El Kouif, **(B) :** Site de Tébessa **(Photos personnelles, 2025).**	**13**
Figure 8.	Extraction de l'HE de *Schinus molle* **(Photos personnelles, 2025).**	**15**
Figure 9.	Extraction de l'extrait de *Schinus molle* ; **(A, B) :** Macération. **(C) :** Filtration. **(D) :** Filtrats obtenus. **(E) :** Évaporateur rotatif. **(F) :** Séchage dans l'étuve. **(G) :** Extraits. (H) : Conservation au réfrigérateur **(Photos personnelles, 2025).**	**17**
Figure10.	pH des sites d'étude El Kouif et Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**19**
Figure 11.	Conductivité (µS/cm) des sites d'étude El Kouif et Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**20**
Figure 12.	Carbone organique (%) des sites d'étude El Kouif et Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**20**
Figure 13.	Matière organique (%) des sites d'étude d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**21**
Figure 14.	Calcaire actif (%) des sites d'étude d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**21**
Figure 15.	Calcaire total (%) des sites d'étude El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**22**
Figure 16.	Taux d'humidité (%) des sites d'étude' El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**22**

Figure 17.	Effet des saisons (hiver et printemps) sur le rendement de l'huile essentielle des feuilles de la plante *Schinus molle* d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=3) : ANOVA 2	**23**
Figure 18.	Effet des saisons (hiver et printemps) sur le rendement de l'extrait des feuilles de la plante *Schinus molle* d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=3) : ANOVA 2	**24**

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

Les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans les soins de santé ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Leurs nombreux usages font qu'elles connaissent une demande de plus en plus forte sur les marchés mondiaux. La popularité dont jouissent depuis longtemps les huiles essentielles et les plantes aromatiques en général reste liée à leurs propriétés médicinales en l'occurrence les propriétés anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongiques, bactéricides, antitoxiques, insecticides, tonifiantes, stimulantes, et calmantes (Hubert *et al*., 2005).

Depuis quelques années, les plantes aromatiques sont de plus en plus présentes dans la politique de développement. Leur utilisation et leur préservation sont un thème transsectoriel englobant, outre les soins de santé, la protection de la nature, la biodiversité, la lutte biologique, ainsi que la promotion économique. Pour assurer une meilleure intervention, et afin de réduire l'utilisation intensive des produits chimiques nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement, tout en préservant au maximum le milieu naturel, de nouvelles méthodes préventives ainsi que de nouveaux produits sont constamment recherchés (Johnson *et al*., 2018). Ainsi, pour contribuer à une gestion durable de l'environnement, la mise en place de nouvelles alternatives de lutte contre les ravageurs est davantage encouragée. Les substances naturelles qui peuvent être utilisées comme insecticides de remplacement (bioinsecticides). La lutte biologique prend diverses formes, mais celles qui attirent l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales comme insecticides (Boutaleb, 2010 ; Aissaoui *et al*., 2018).

La flore algérienne se distingue par une grande diversité, comptant plus de 3000 espèces réparties au sein de plusieurs familles botaniques. Elle se compose principalement de trois grands ensembles floristiques : méditerranéen, saharien et subtropical. La majorité de ces espèces sont spontanées, et environ 15 % d'entre elles sont endémiques, ce qui constitue un patrimoine biologique unique (Quézel et Santa., 1963). L'étude de cette biodiversité représente un potentiel considérable pour l'identification et l'extraction de nouvelles substances bioactives, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses en pharmacologie et en biotechnologie.

Il existe plusieurs définitions des huiles essentielles, qui s'accordent sur leur mode d'obtention et leur nature. Une huile essentielle est un extrait issu d'une matière première végétale, obtenu

après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques. Selon la Pharmacopée européenne, une huile essentielle est un produit odorant, généralement de composition complexe, extrait d'une matière végétale botaniquement définie. Son obtention se fait principalement par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. La séparation de l'huile essentielle de la Phase aqueuse s'effectue par un procédé physique qui préserve l'intégrité de sa composition chimique (Afssaps, 2008).

Selon l'Association Française de Normalisation (AFNOR), les huiles essentielles sont des substances généralement odorantes, obtenues soit par entraînement à la vapeur d'eau à partir de végétaux ou de parties de végétaux, soit par expression du péricarpe frais de certains agrumes (Citrus). Cette définition exclut les essences obtenues par d'autres procédés d'extraction (Paris et Hurabielle, 2002). Les huiles essentielles sont des mélanges complexes constitués de nombreux composés organiques. Elles renferment principalement des molécules de faible complexité, telles que les terpènes, les phénols, les méthyle-éthers, les oxydes, les esters et les cétones (Isman, 2002).

Schinus molle est une plante appartenant à la famille des Anacardiaceae. C'est une espèce pionnière à croissance rapide, on la trouve typiquement dans les zones montagneuses, aux bordures des routes et sur les terres agricoles. Il pousse bien sur les sites et les pentes caillouteuses, il Préfère les sols sableux et bien drainés mais il est tolérant à la plupart des types de sol et aussi à la salinité et l'alcalinité il tolère les hautes températures et une fois établie, il extrêmement résistant à la sécheresse, ainsi au gel, mais pas pour de longues périodes (Chaoui, 2015).

Les facteurs abiotiques jouent un rôle déterminant dans la composition chimique et les propriétés biologiques de *Schinus molle*. En effet des paramètres tels que la température, l'humidité, l'ensoleillement, la nature du sol ainsi que la période de récolte influencent significativement la qualité et la quantité des composés bioactifs présents dans les extraits de cette plante. Ces variations abiotiques modifient notamment le profil des huiles essentielles affectant la concentration des huiles essentielles, la concentration des monoterpènes et sesquiterpènes responsables des activités insecticides, antifongiques et antioxydantes. Par exemple des études ont montré que les huiles essentielles extraites des *schinus molle* récoltées en saison sèche diffèrent chimiquement de celles récoltées en saison humide ce qui impacte leur efficacité biologique. De plus, la localisation géographique induit des différences notables dans

la composition chimique reflétant l'adaptation de la plante aux condition environnementales locales (Zerrouk, 2019).

Schinus molle, est une plante aux propriétés biologiques intéressantes pour la lutte biologique contre divers ravageurs et pathogènes. Ses extraits naturels notamment possèdent des activités insecticides avérées affectant la survie et la reproduction d'insectes nuisibles. En outre, l'huile essentielle de *schinus molle* exerce un effet allélopathique modulant la germination et la croissance des plantes adventices ce qui offre une alternative écologique pour la gestion des mauvaises herbes.Ces propriétés font de *schinus molle* une ressource prometteuse pour le développement de biopesticides naturels, contribuant ainsi à une agriculture durable en réduisant l'usage des pesticides chimiques nocifs pour l'environnement el la santé humaine (Chilali et Benrima, 2018).

Dans ce manuscrit, une ***premiere partie*** vise à réaliser une analyse physico-chimique des sols prélevés dans les régions d'El Kouif et de Tébessa, dans le but d'évaluer l'impact potentiel des conditions édaphiques sur le rendement huiles essentielles obtenues.

Une ***seconde partie*** consiste à extraire les huiles essentielles de la plante *Schinus molle*, en vue de déterminer leur rendement.

La ***troisième partie*** est consacrée à l'extraction de l'extrait végétal de *Schinus molle* ainsi qu'à la détermination de leur rendement.

-

MATERIEL ET METHODES

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Les analyses physico-chimiques du sol

Les échantillons de sol prélevés sur les deux sites Tébessa et El Kouif ont été séchés à l'air et tamisés à 2 mm pour obtenir la terre fine qui a été utilisée pour l'ensemble des analyses.

Dans le but de déterminer la nature du notre échantillon du sol et afin d'évaluer sa qualité, quelques paramètres ont été déterminés : La texture, l'humidité, le pH, la conductivité électrique, le calcaire total et actif et le taux de matière organique. Cinq répétitions ont été analysés pour chaque paramètre étudié.

2.1.1. Détermination de la texture

La texture du sol est les proportions relatives des particules minérales (argile, limon et sable) obtenus dans l'analyse granulométrique du sol. La détermination de la texture a été réalisée selon la technique de la bouteille (fig.1) (Bruand et Chenu, 1994) ; où l'échantillon de sol a été introduit, puis complété avec de l'eau jusqu'au trois tiers. Le mélange a ensuite été agité vigoureusement afin d'assurer une homogénéisation des particules du sol. Après agitation, la bouteille se met au repos pendant 24 h, permettant la sédimentation progressive des particules selon leur taille. Ainsi, les sables se sont déposés en premier, suivis des limons**,** puis des argiles. Cette séparation visible des couches a permis de calculez les pourcentages de chaque couche à partir du triangle des textures (Duchraufour, 1997).

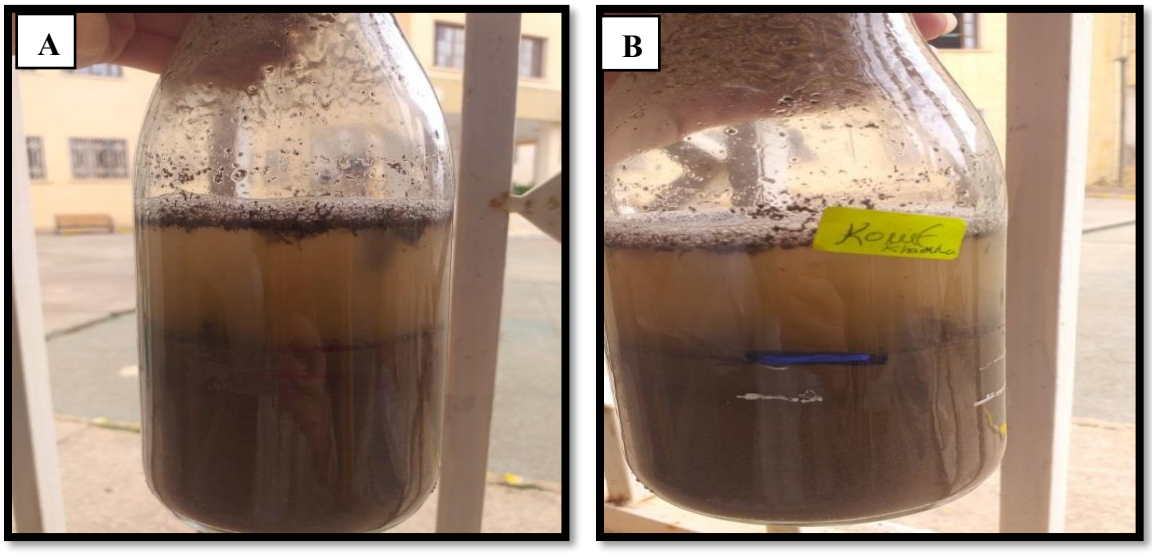


Figure 01. Échantillon du sol pour détermination de la texture des deux sites Tébessa **(A)** et El Kouif **(B) (Photos personnelles, 2025).**

2.1.2. L'humidité du sol :

L'humidité du sol est la quantité d'eau présente dans les pores du sol sa variabilité détermine plusieurs classes mentionnées dans le tableau 1. La méthode consiste à sécher 50 g du sol à 105 °C pendant 24 h jusqu'à obtenir une masse constante (Fig.2). L'humidité est déterminée par la perte de masse d'un échantillon après séchage (Mathieu et Pieltain, 2003) et calculée par la formule suivante :

Taux d'humidité (%) = (Pf- Ps) / Pf x 100

Où :

Pf : poids du sol frais (g).

Ps : poids du sol sec (g).

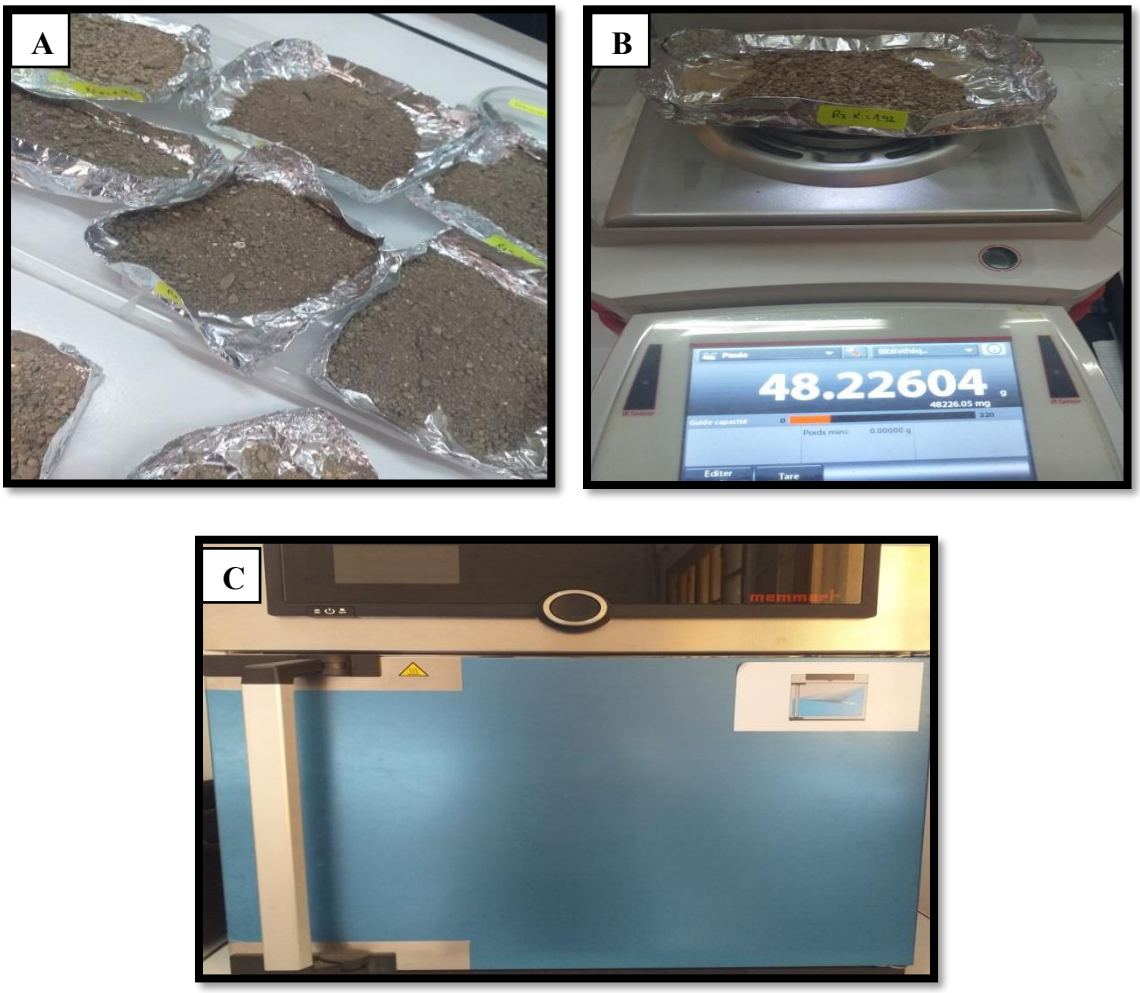


Figure 02. Détermination de l'humidité du sol ; **(A) :** Préparation des échantillons. **(B) :** Peser des échantillons. **(C) :** Séchage à l'étuve **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 1. Les classes du sol selon le taux d'humidité.

Humidité (%)	Classe
<10	Très faible
10-20	Faible
20-30	Moyenne
30-40	Élevée
>40	Très élevée

2.1.3. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH du sol est une mesure de son acidité ou alcalinité (Tableau. 2). Le pH a été mesuré dans une suspension du sol mélangé avec l'eau distillée (rapport (v/v) 1:5) à l'aide d'une électrode de verre d'un pH-mètre dont le Potentiel varie en fonction de la concentration d'ion d'hydrogène (Fig. 2).

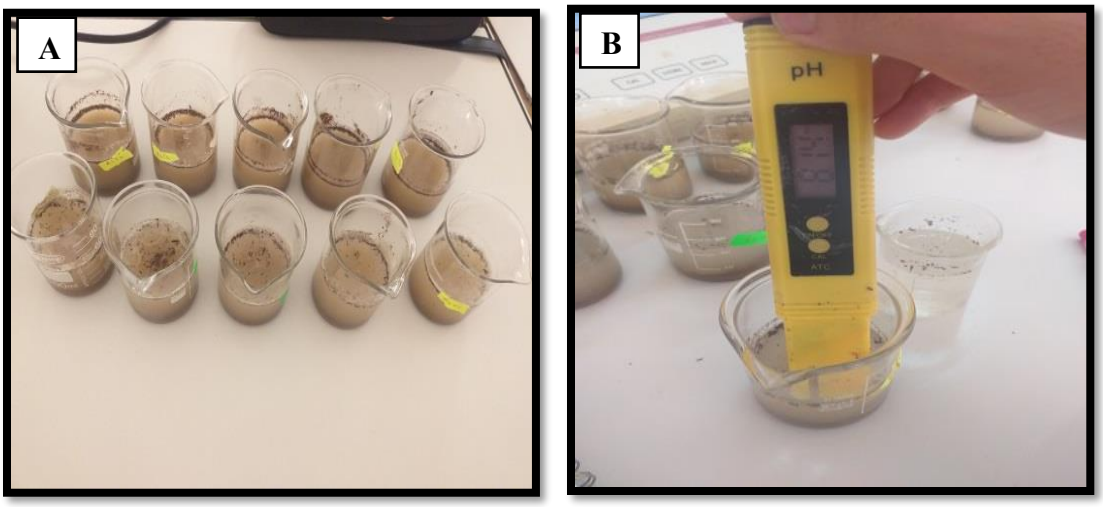


Figure 03. (A) : Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B) :** Le pH mètre. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 02. Classes des sols selon leurs statut acido-basique (Baize,2000).

pH	Type de sol
<5	Fortement acide
5-6	Franchement acide
6-6.6	Légèrement acide
6.6-7.4	Neutre
7,4-7,8	Légèrement alcalin
> 7.8	Alcalin

2.1.4. Mesure de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique reflète la concentration en sels dissous dans le sol et détermine leur degré de salinité ; elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre (Fig. 4), exprimé en µS/cm dont le rapport de terre/liquide est de : 1/5. Plus il y a d'ions en solution, plus la conductivité est élevée (Tableau. 3).

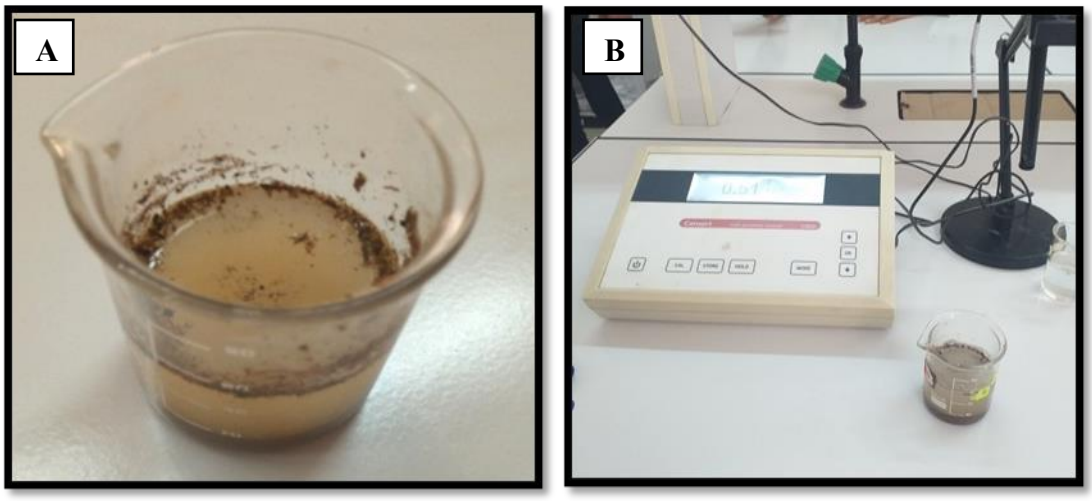


Figure 04. (A) : Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B) :** Le conductimètre. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 03 : Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (Mathieu, 2003).

CE (µS/cm)	Type de sol selon la salinité
< 600	Non salé
600-1000	Légèrement salé
1000-2000	Salé
2000-3000	Très salé
3000-4000	Extrêmement salé

2.1.5. Mesure du carbone organique

Le carbone organique du sol (COS) a été déterminé selon la méthode Walkley-Black (Baize, 2018). Chaque échantillon de sol a été oxydé par du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) dans un milieu contenant de l'acide sulfurique. Le reste de bichromate non réduit par SOC a ensuite été titré avec une solution de sulfate ferreux (sels de Mohr). Le titrage a été effectué en présence de diphénylamine utilisée comme indicateur coloré qui vire au vert foncé lorsque l'excès de bichromate est complètement réduit (Fig. 5). Un témoin sans terre fine a été réalisé dans les mêmes conditions. La teneur en SOC a été calculée selon la formule suivante (Boudjabi et Chenchouni, 2022) :

$$\textbf{SOC (\%)} = 0{,}615 \times (V_1 - V_2)$$

Où :

V_1 : le volume du témoin et

V_2 : le volume de l'échantillon de sol.

À partir de la mesure du carbone organique, on peut calculer le taux de la matière organique selon la formule suivante (Duchraufour, 1997) :

Matière organique SOM= taux du carbone x 1.724

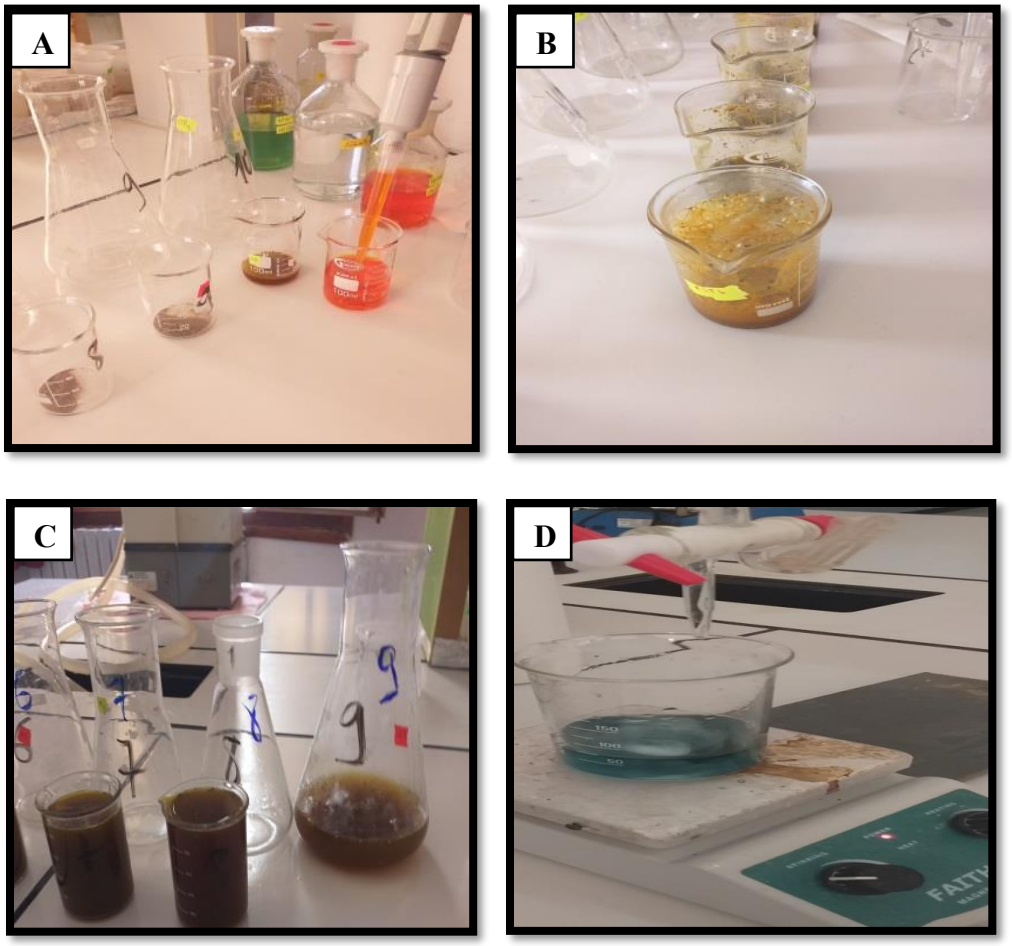


Figure 05. Étapes de mesure du carbone organique ; **(A) :** Ajout du bichromate aux échantillons. **(B) :** Réaction d'oxydation. **(C) :** Rinçage avec l'eau distillée. **(D) :** Titration avec sel de Mohr. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 04. Classification des sols selon la teneur en carbone organique.

Teneur en carbone organique (%)	Terre
<0.6	Très faible
0.6-1.2	Faible
1.2-2	Moyenne
2.0-3.5	Riche
>3.5	Très Riche

Tableau 05. Classification des sols selon le taux de matière organique (Schaefer, 1975).

Taux de la matière organique (%)	Terre
<1	Très pauvre
1-2	Pauvre
2-4	Moyenne
>4	Riche

2.1. 6. Mesure du calcaire total

Le calcaire total représente la quantité totale de carbonate de calcium ($CaCO_3$) présente dans un sol, qu'il soit sous forme active (finement divisée et réactive) ou inerte (moins soluble). Il est déterminé après dissolution avec un acide moins concentré qui va attaquer le carbone du $CaCO_3$. Le volume de CO_2 rejeté a été utilisé pour déterminer la quantité de $CaCO_3$ (Baize, 2018). La mesure a été réalisée en ajoutant 2 g de terre fine, dans un bécher contenant 10 mL d'HCl dilué (1/3) du poids connu (P1). Après agitation, la solution est à nouveau pesée pour obtenir le poids (P2) (Fig. 5). Le poids de CaCO3 total a ensuite été déduit de la formule :

$$\textbf{CaCO}_3\ \textbf{(\%)} = (P1 - P2) \times 2{,}274 \times 100/\text{poids du sol}$$



Figure 06. Réaction d'effervescence entre le sol et l'HCL **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 06. Classification des sols selon le taux du calcaire total (Baize et Jabiol, 1995).

Calcaire (%)	Type de sol
<1	Non calcaire
1-5	Peu calcaire
5-25	Modérément calcaire
25-50	Fortement calcaire
50-80	Très fortement calcaire
>80	Excessivement calcaire

2.1.7. Dosage de calcaire actif

Le calcaire actif du sol désigne la fraction du calcaire qui réagit rapidement avec l'acide du sol, influençant ainsi le pH et la capacité tampon du sol. Il se compose principalement de carbonate de calcium ($CaCO_3$), qui se dissout dans l'eau. Le calcaire actif a été déterminé à partir d'un échantillon de 2 g de sol ajouté à 100 mL d'une solution d'oxalate 0,2 N et agiter pendant deux heures. 10 ml du filtrat ont été prélevés dans un bécher contenant 50 ml d'eau distillée et 5 ml d'acide sulfurique concentré ont été chauffés à 70° C. Par la suite, un titrage a été réalisé avec une solution de permanganate de potassium (0,2 N) sur le contenu du bécher jusqu'à obtention d'une couleur rose persistante, puis un volume de titrage (v1) pour l'échantillon de sol a été déterminé (Fig. 7). Un témoin sans terre a été réalisé pour obtenir le volume (v2) (Mathieu et Pieltain, 2003 ; Boudjabi et Chenchouni, 2022). La teneur en $CaCO_3$ actif a été calculée selon la formule :

$$CaCO_3 \text{ actif } (\%) = (v2 - v1) \times 0{,}005$$

Tableau 07. Classification du sol selon le taux du calcaire actif (Baize, 1995).

Calcaire actif (%)	Classe
< 2	Très faible
2-4	Faible
4-8	Moyenne
8-12	Élevée
> 12	Très élevée

2.2. Présentation de la plante, *Schinus molle* (Linné, 1758)

Schinus molle L est une espèce végétale qui appartient à la famille des Anacardiacées (sous-famille des Anacardioïdées), originaire d'Amérique du Sud il pousse depuis le niveau de la mer et jusqu'à 3500 m, dans des terrains secs et sableux. Introduit un peu partout dans le monde, il se trouve dans les régions tropicales ou chaudes. Il est considéré comme invasif dans certains pays, notamment aux Etats-Unis, en Afrique du Sud et en Australie. Sur la côte méditerranéenne, et entre autres dans le sud de la France, il est planté en tant qu'ornemental pour son élégant feuillage (Walter *et al*., 2016). C'est un arbre ligneux peut atteindre 15 mètres de hauteur (Fig.07). Ses feuilles finement divisées sont persistantes froissées, elles dégagent une forte odeur de poivre. Son port est retombant, sa silhouette rappelle celle du saule pleureur. Au printemps apparaissent des grappes de petites fleurs blanc-crème, suivies à l'automne de fruits secs, semblables à des grappes de raisin ou à des grains de poivre, de couleur rose à maturité appelés « baies roses » (Jacques, 2013).

La position systématique de cette plante est la suivante :

-Règne : Végétal

-Embranchement : Spermaphytes

-Sous-embranchement : Angiospermes

-Classe : Dicotylédones

-Sous classe : Rosidae

-Ordre : Sapindales

-Famille : Anacardiacées

-Genre : Schinus

-Espèce : *Schinus molle* L.

-Noms communs : Baie rose, Faux poivrier, Poivrier sauvage, mollé d'Amérique, café de chine (Quezel et Santa,1963).

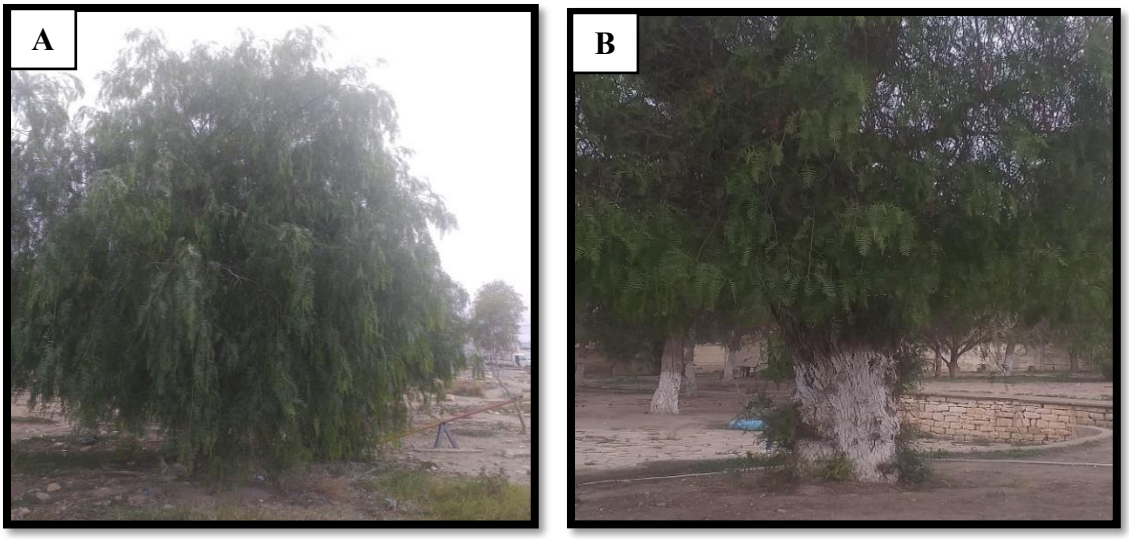


Figure 07. Présentation de *Schinus molle* **(A) :** Site d'El Kouif, **(B) :** Site de Tébessa **(Photos personnelles, 2025).**

2.3. Collecte et préparation des échantillons

L'huile essentielle du *Schinus molle* a été extraite des feuilles. Les échantillons ont été collectés à partir de deux sites situés dans la wilaya de Tébessa : El Kouif et Tébessa. Lors de chaque prélèvement, l'altitude, des données environnementales telles que la température, l'humidité ainsi que la date de collecte ont été systématiquement enregistrées afin de mieux caractériser les conditions écologiques des sites d'échantillonnage (Tableau. 08).

Tableau 08 : Paramètres environnementaux et spatio-temporels des récoltes de la plante étudiée.

Plante étudiée	Saison	Site de récolte	Température (°C)	Humidité (%)	Altitude (m)	Date de récolte
Schinus molle L	Hiver	Tébessa	9	51	823.32	Février 2025
		El kouif	15	43	1089.52	Février 2025
	Printemps	Tébessa	22	40	823.32	Avril2025
		El kouif	20	37.5	1089.52	Avril 2025

2.4. Extraction et rendement de de l'HE de *Schinus molle*

Les feuilles de la plante, fraîchement récoltée en hiver et au printemps à partir de deux sites distinctes El Kouif et Tébessa, ont été lavées à l'eau du robinet pour éliminer le sol et les autres contaminants de surface. Après sécher à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant sept jours. L'extraction a été réalisée par hydrodistillation consiste à immerger 100 g de la matière sèche avec 1000 ml d'eau distillée. Le mélange est introduit dans un ballon d'une capacité de deux litres, à fond rond et à 3 cols, surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur. Le tout sera mis sur une chauffe ballon à une température voisine de 100°C et raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction. Ce mélange est porté à ébullition pendant 2 heure, pendant ce temps, la vapeur se dirige vers le col du cygne puis dans le réfrigérant où elle se condense rapidement et tombe dans l'ampoule de décantation (Fig. 09).

L'huile essentielle recueillie a été filtrée en présence de sulfate de sodium (Na_2SO_4) pour éliminer les traces d'eau résiduelle. Elle est ensuite récupérée et stockée à 4°C et à l'obscurité dans un flacon en verre, hermétiquement fermé et couvert du papier aluminium pour la préserver de la lumière. La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement (Mawussi, 2008 ; Tchoumbougnang *et al*., 2009).

Le rendement en HE est le rapport entre de poids de l'HE extraite et le poids de la biomasse végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{R\ (\%)} = [\Sigma\ PB\ /\ \Sigma PA] \times 100$$

R : Rendement en huile (%).

PA : Poids de la matière sèche de la plante en g.

PB : Poids de l'huile en g.

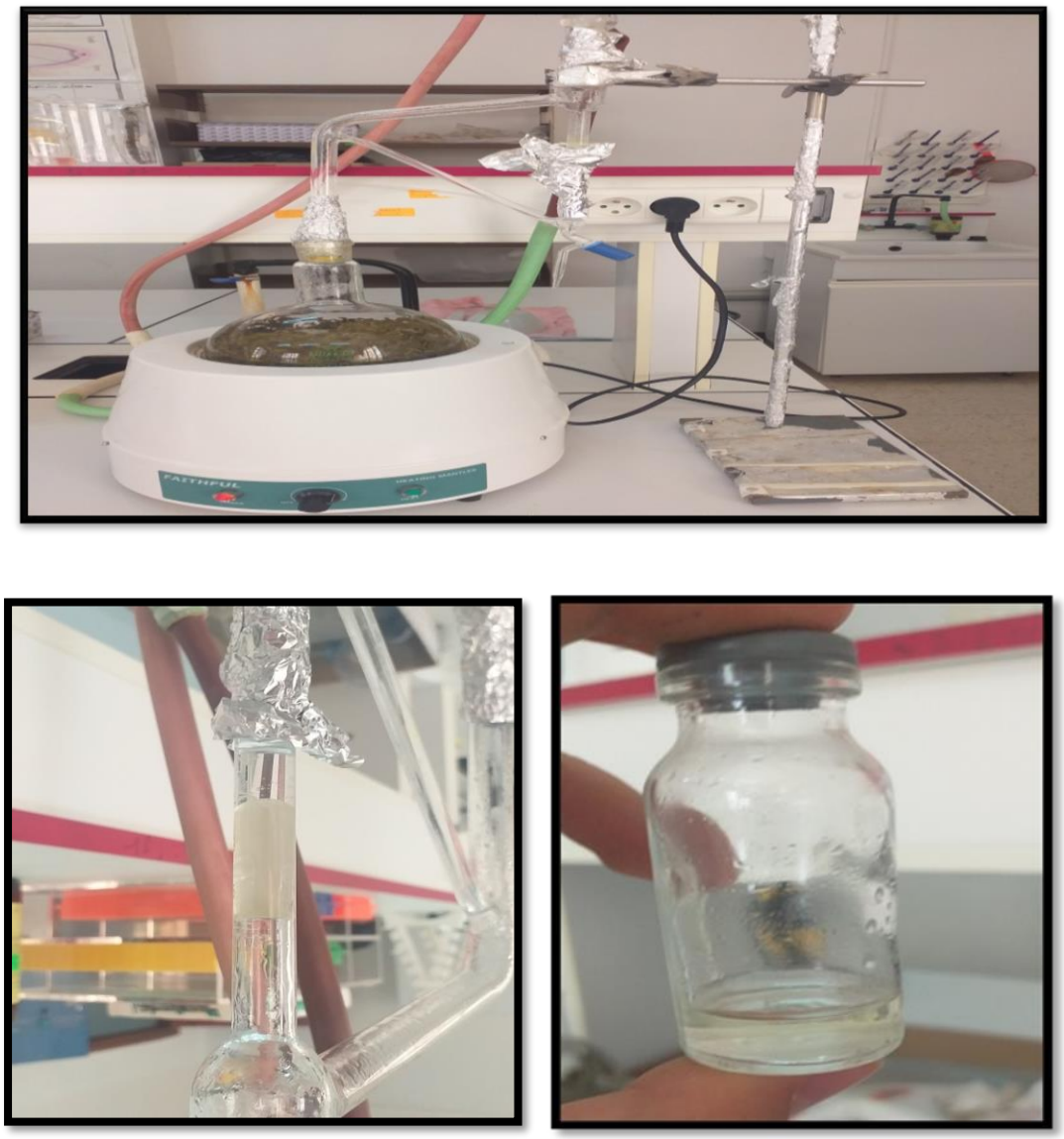


Figure 08. Extraction de l'HE de *Schinus molle* **(Photos personnelles, 2025).**

2.5. Extraction et rendement de l'extrait de *schinus molle*

Les feuilles de la plante, fraîchement récoltée en hiver et au printemps à partir de deux sites distinctes El Kouif et Tébessa, ont été lavées à l'eau du robinet pour éliminer le sol et les autres contaminants de surface. Après sécher à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant cinq jours. Ensuite, broyées jusqu'au obtention d'une poudre fine. 30 g de la poudre ont été mélangé avec 70 ml d'éthanol et 30 ml d'eau distillée dans un flacon en verre (Fig. 10). Le mélange a été agité pendant plusieurs heures pour assurer une bonne dissolution des composants bioactifs, puis laissé en macération à température ambiante pendant 72 heures, avec agitation régulière. Après de macération, le mélange a été filtré à l'aide de papier filtre, séparant ainsi les résidus solides du filtrat contenant les extraits. Le filtrat a ensuite été concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif à température 45°C, afin d'éliminer l'éthanol et l'eau distillée, laissant un extrait brut concentré (Sofowora, 1993).

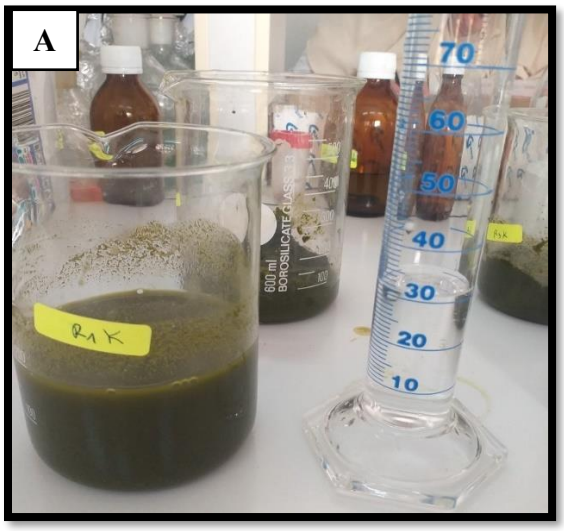
Le rendement en extrait est le rapport entre de poids de l'extrait et le poids de la biomasse végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivante :

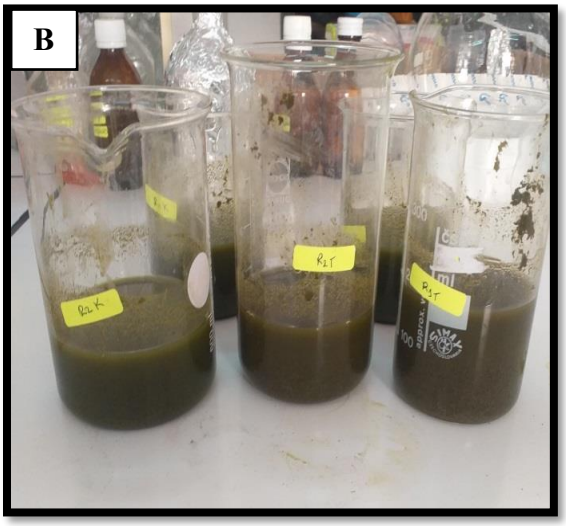
$$\mathbf{R\ (\%)} = [\Sigma\ PB / \Sigma\ PA] \times 100$$

R : Rendement en extrait (%).

PA : Poids de la matière sèche de la plante en g.

PB : Poids de l'extrait en g.





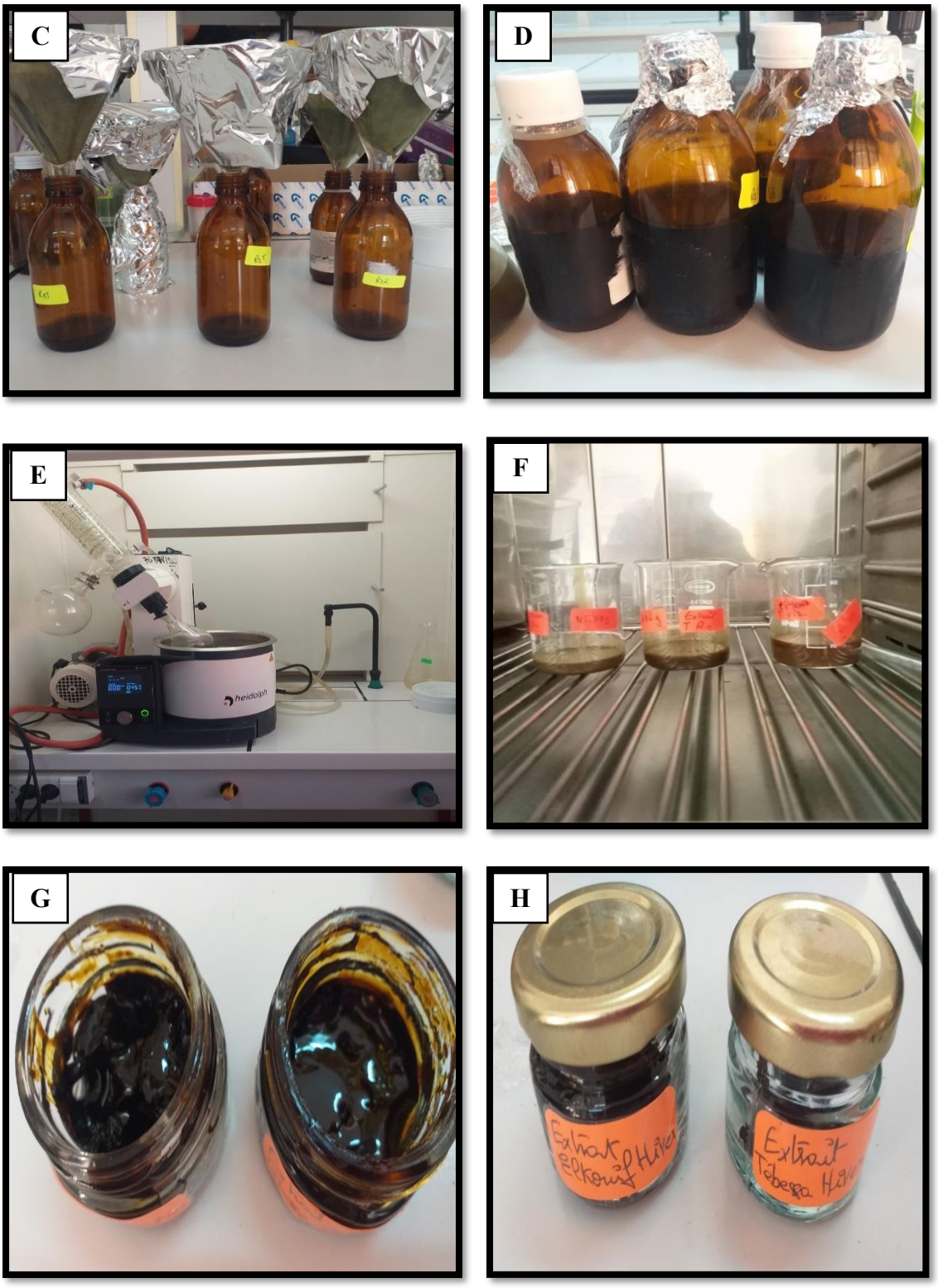


Figure 09. Extraction de l'extrait de *schinus molle* **; (A, B) :** Macération. **(C) :** Filtration. **(D) :** Filtrats obtenus. **(E) :** Évaporateur rotatif. **(F) :** Séchage dans l'étuve. **(G) :** Extraits. **(H) :** Conservation au réfrigérateur **(Photos personnelles, 2025).**

2.6. Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel Jamovi version 2.6.44. Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne ± l'écart-moyen (SEM). Les analyses du sol et les rendements de l'huile et de l'extrait sont présentés sous formes de diagramme en barre. Le test t Student de la variance à deux critères de classification ont été utilisés.

RESULTATS

III. RESULTATS

3.1. Les analyses du sol :

3.1.1. Texture du sol

Les résultats présentés dans le tableau 01 indiquent que les sols des deux sites d'étude, El Kouif, et Tébessa présentent une texture similaire de type limono- sableuse.

Tableau 01 : Texture du solde des sites d'étude El Kouif et Tébessa

Site	Texture
El Kouif	Limono- sableuse
Tébessa	Limono-sableuse

3.1.2. Potentiel d'hydrogène

Les résultats illustrés dans la figure 01 révèlent un caractère alcalin des sols, avec une différence significative de pH entre les deux sites, El Kouif et Tébessa ($P < 0,01$), le sol de Tébessa présentant la valeur de pH la plus élevée.

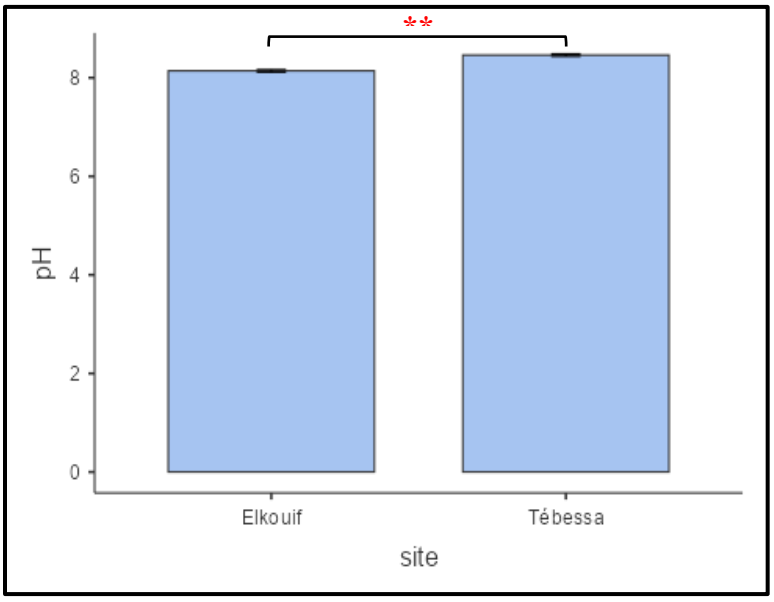


Figure 10. pH des sites d'étude El Kouif et Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.3. Conductivité

La figure 02 met en évidence une différence significative (P < 0,01) de la conductivité électrique des sols entre les sites étudiés. Le sol de Tébessa affiche une conductivité relativement élevée de 755,2 µS/cm, le classant parmi les sols légèrement salés. En revanche, la conductivité mesurée à El Kouif, de 422,8 µS/cm, correspond à un sol non salé.

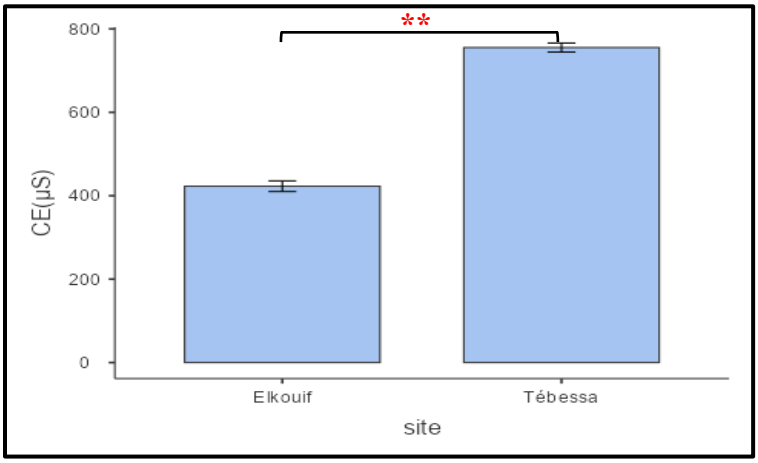


Figure 11. Conductivité (µS/cm) des sites d'étude El Kouif et Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.4. Carbone organique

Les résultats présentés dans la figure 03 mettent en évidence une différence significative (P = 0,001) entre les deux sites en ce qui concerne la teneur en carbone organique. Le sol de Tébessa présente une concentration plus élevée (0,642 %), bien qu'elle reste faible selon les critères pédologiques. Tandis que celui d'El Kouif affiche une teneur très faible de 0,504 %.

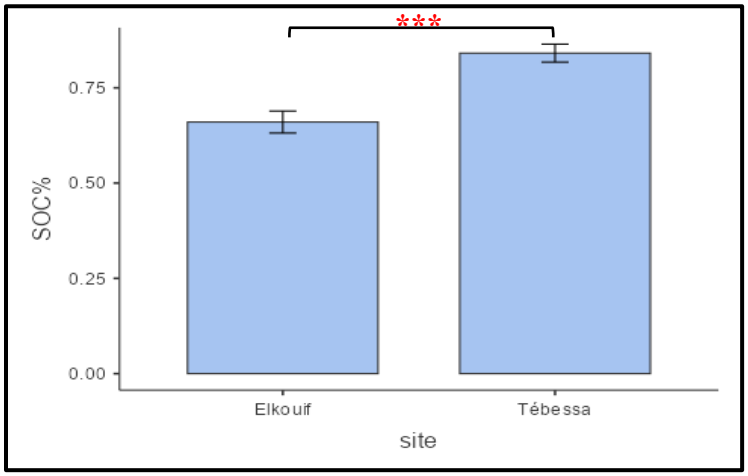


Figure 12. Carbone organique (%) des sites d'étude El Kouif et Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.5. Matière organique

Les analyses réalisées mettent en évidence une différence significative (P = 0,001) entre les sites en ce qui concerne la teneur en matière organique. Le sol de Tébessa présente une concentration plus élevée que celui d'El Kouif, bien que les deux restent globalement pauvres en matière organique, cette carence étant particulièrement marquée à El Kouif.

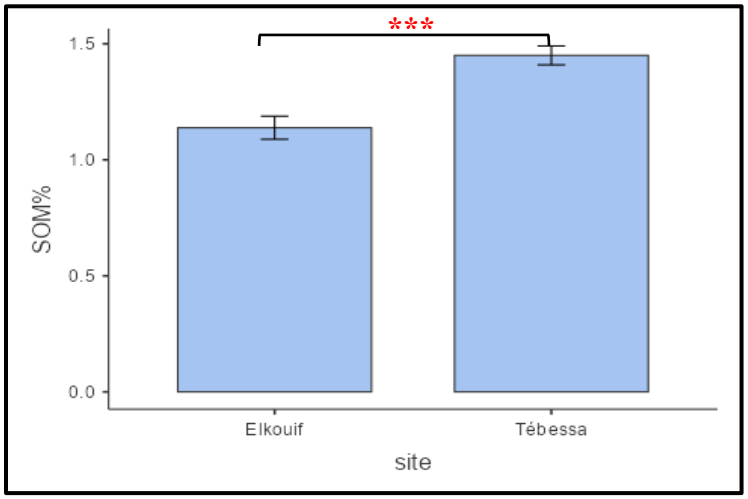


Figure 13. Matière organique (%) des sites d'étude d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.6. Calcaire actif

La figure 05 révèle une différence significative (P < 0,01) dans la teneur en calcaire actif entre les sols des deux sites. Le sol de Tébessa présente une teneur très élevée, atteignant 21,8 %, tandis que celui d'El Kouif affiche une teneur moyenne de 4,1 %.

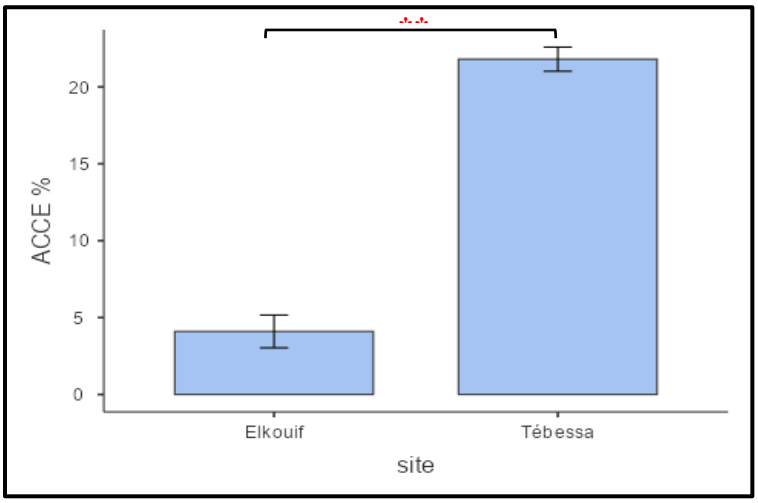


Figure 14. Calcaire actif (%) des sites d'étude d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

4.1.7. Calcaire total

La figure présente aucune différence significative de la teneur en calcaire total (%) dans les sols des deux sites, El Kouif et Tébessa (P >0,05).

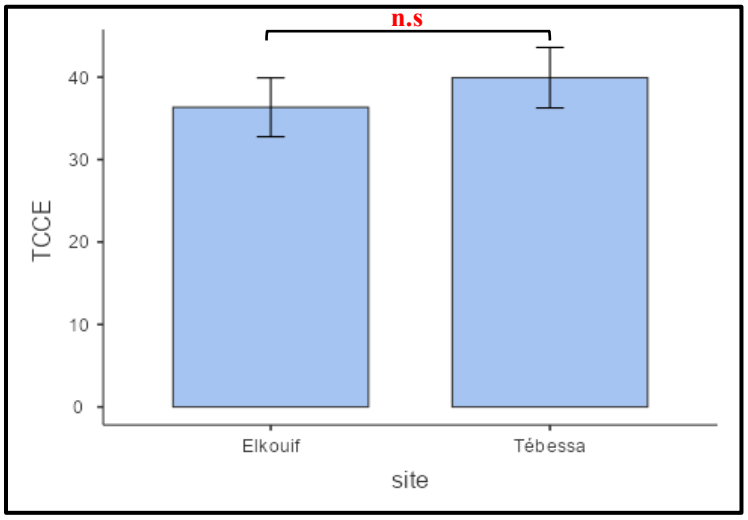


Figure 15. Calcaire total (%) des sites d'étude El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.8. Humidité

Les résultats de la figure 07 mettent en évidence des taux d'humidité significativement différents dans les sols des deux sites, Tébessa et El Kouif (P = 0,008), et celle de Tébessa est la plus élevée.

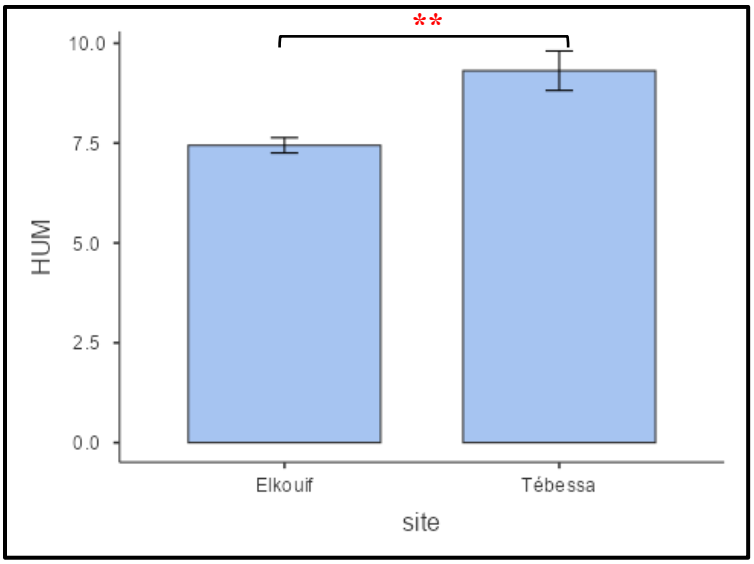


Figure 16. Taux d'humidité (%) des sites d'étude' El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.2. Effet saison sur le rendement des feuilles de la plante *Schinus molle*

3.2.1. Effet sur le rendement de l'huile essentielle des feuilles de la plante *Schinus molle*

Les résultats mentionnés dans la figure 08 montrent un effet saisonnier significatif ($p<0,05$) sur le rendement de l'huile essentielle des feuilles de la plante *Schinus molle*, observé dans les deux sites d'étude, El Kouif et Tébessa. Par contre aucun effet significatif du site d'étude n'a été mis en évidence, comme le confirme l'analyse de la variance à deux critères (ANOVA à deux facteurs).

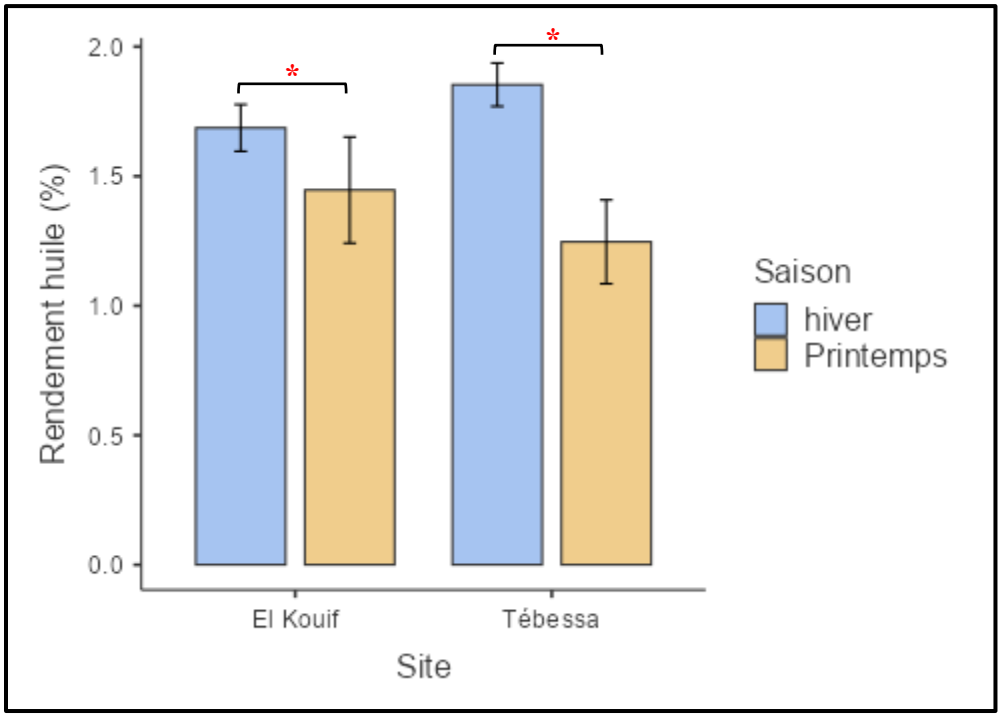


Figure 17. Effet des saisons (hiver et printemps) sur le rendement de l'huile essentielle des feuilles de la plante *Schinus molle* d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=3) : ANOVA 2

3.2.2. Effet sur rendement de l'extrait de la plante *Schinus molle*

Les résultats présentés dans la figure 09 mettent en évidence un effet saisonnier significatif ($P < 0,01$) sur le rendement de l'extrait des feuilles de *Schinus molle* dans les deux sites d'étude, El Kouif et Tébessa. Par ailleurs, l'analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA à deux critères) révèle également un effet significatif du site ($P < 0,05$) sur ce rendement.

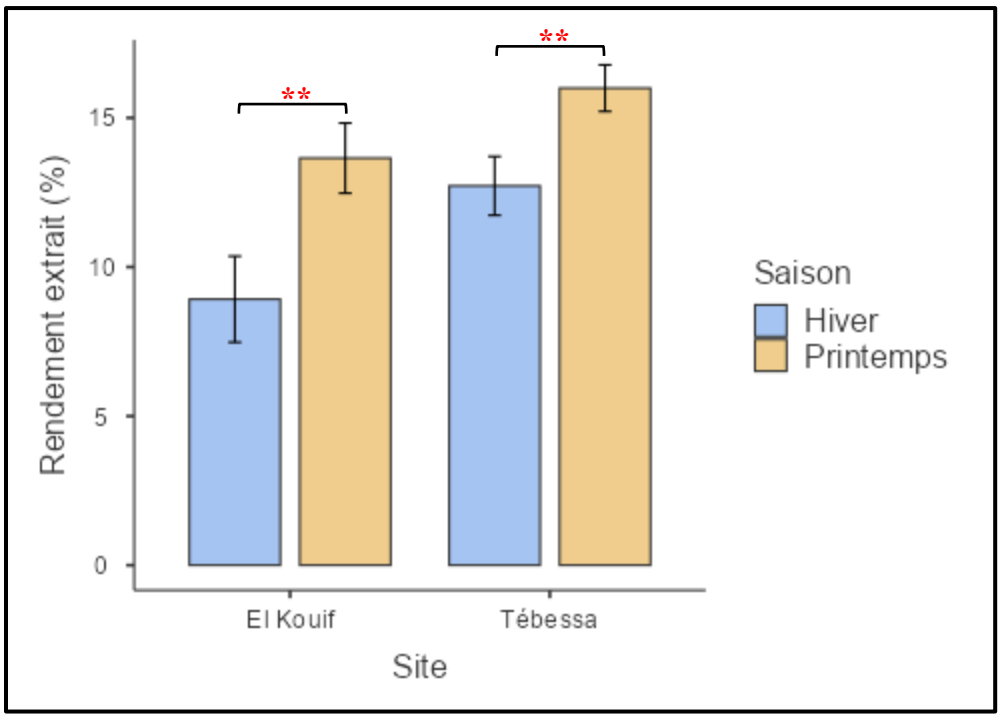


Figure 18. Effet des saisons (hiver et printemps) sur le rendement de l'extrait des feuilles de la plante *Schinus molle* d'El Kouif et de Tébessa (m ± SEM, n=3) : ANOVA 2

DISCUSSION

VI. DISCUSSION

4.1. Analyse édaphique du sol

Cette analyse vise à déterminer les caractéristiques physico chimiques du sol des deux sites Tébessa et El Kouif ainsi que leur influence sur les rendements d'extractions des huiles essentielles des feuilles de *Schinus molle*.

Les analyses physico-chimiques des sols des deux sites, Tébessa et El Kouif, révèlent un ensemble de différences marquées malgré une texture identique de type limon sableux**.** Cette texture est globalement favorable à la croissance des plantes aromatiques grâce à un bon compromis entre rétention d'eau et aération (Brady et Weil, 2016). Elle constitue donc un facteur constant dans les deux sites.

Le pH du sol à Tébessa est significativement plus élevé, traduisant un sol plus alcalin de deux sites. Bien que le pH alcalin puisse réduire la disponibilité de certains nutriments, cela ne s'est pas reflété dans le rendement en huile essentielle de Tébessa, qui reste similaire dans les deux sites. Ce résultat est similaire à celle trouvé par (Khalid, 2006). Qui souligne la tolérance de certaines espèces aromatiques à l'alcalinité modérée.

Concernant la conductivité électrique, le sol de Tébessa (755 µS/cm) est classé légèrement salé, contrairement à El Kouif (422 µS/cm), non salé. Ce stress salin modéré à Tébessa n'a pas affecté négativement le rendement, malgré cette salinité plus importante, le rendement en huiles essentielles de *Schinus molle* à Tébessa reste supérieur à celui d'El Kouif indiquant une tolérance chez *Schinus molle*, Ce résultat est similaire à ce que rapporte (Said-Al Ahl *et al.*, 2010).

Le carbone organique et la matière organique sont nettement plus faibles à El Kouif (0,504 %), ce qui reflète une fertilité organique réduite. Cette carence aurait pu limiter la croissance et la biosynthèse des métabolites secondaires. À l'inverse, le sol de Tébessa présente une teneur légèrement plus élevée en carbone organique (0,642 %). Cependant, le rendement en huile essentielle montre une de baisse significative à El Kouif surtout au printemps par rapport à Tébessa. Ce résultat contredit partiellement les résultats de (Zheljazkov *et al.*, 1996) alors que nos résultats indiquent une certaine tolérance de *Schinus molle* aux sols pauvres.

En ce qui concerne le calcaire total aucune différence significative es sols des deux sites, El Kouif et Tébessa, qui sont tous deux fortement calcaires, En ce qui concerne le calcaire actif Tébessa affiche une teneur très élevée (21,8 %), tandis qu'El Kouif reste dans la zone moyenne (4,1 %).

Tébessa a présenté un rendement en huile essentielle plus élevé (1,85 % en hiver et 1.75% au printemps) comparativement à El Kouif (1,68 % en hiver et 1,44 % au printemps). Ce qui pourrait indiquer que la plante de *Schinus molle* tolère des environnements fortement calcaires. À El Kouif**,** les niveaux plus faibles de calcaire actif auraient normalement été plus favorables à l'absorption des oligo-éléments, car une forte teneur en calcaire actif peut entraîner une précipitation de ces éléments sous forme non disponible pour les plantes (Mengel et Kirkby, 2001). Cette différence suggère l'influence des autres facteurs, tels les conditions climatiques saisonnières.

Enfin, le taux d'humidité plus élevé à Tébessa (9,03 %) qu'à El Kouif (7,46 %), ce qui pourrait favoriser la croissance végétative ce qui pourrait favoriser une croissance végétative accrue ainsi qu'une production plus importante d'huiles essentielles (Brady et Weil, 2016). Cependant, plusieurs études ont démontré que la disponibilité en eau influence directement la biosynthèse des métabolites secondaires, y compris les huiles essentielles, en modulant la physiologie des plantes (Singh *et al.*, 2010).

4.2. Rendement en huile essentielle

Cette étude vise à évaluer le rendement en huiles essentielles de la plante *Schinus molle* dans deux sites, Tébessa et El Kouif, durant deux saisons : l'hiver et le printemps. Le rendement des huiles essentielles est variable d'une espèce à une autre (Bruneton, 1993). Les résultats obtenus par hydrodistillation des feuilles de *Schinus molle* montrent que le rendement le plus élevé a été enregistré à Tébessa en hiver 1,85 %, suivi du printemps dans la même région 1,75 %. À El Kouif, les rendements sont globalement plus faibles, avec 1,68 % en hiver et 1,44 % au printemps. Le rendement en huile essentielle a enregistré en hiver à El Kouif 1,68 % est légèrement inférieur à celui obtenu à Tébessa 1,85 %**,** ce qui suggère une variation régionale malgré une même saison, cette valeur est similaire à celle trouvée par (Zerrouk, 2019). Phiri *et al*. (2021) ont rapporté un rendement de 1,91 % au Botswana, Ces résultats dépassent ceux rapportés dans certaines régions de l'Algérie, où on note un rendement de 1.29% dans le site de Laghouat (Zerrouk, 2019). Des valeurs plus élevées ont été rapportées à Ouargla 1,99 % (Belemassoud, 2013), et à Béjaïa 2,11 % (Belhamel *el al.*, 2008).

Au printemps, le rendement mesuré à El Kouif 1,44 % reste inférieur à celui de Tébessa 1,75 % mais le rendement d'El Kouif est similaire à celui trouvé à Hassi Messaoud 1,43 %, et inférieur à Sougueur 1,35 % et Laghouat 1,29 % (Zerrouk, 2019). De même, Volpini-Klein *et al*. (2021) ont

obtenu un rendement moyen de 1,80 %, valeur quasiment identique à celle obtenue à Tébessa au printemps. À l'échelle internationale, les rendements plus faibles ont été observés en Tunisie 1.06% (Belemassoud, 2013).

Les résultats des analyses physico-chimiques des sols des sites de Tébessa et d'El Kouif indiquent que les facteurs édaphiques jouent un rôle déterminant dans les différences de rendement en huile essentielle entre ces deux zones. Le sol de Tébessa pauvre en matière organique, présente une humidité faible mais plus élevée que celle d'El Kouif et une teneur élevée en calcaire actif ; ces caractéristiques ont permis un rendement en huile essentielle supérieur à celui observé à El Kouif. Ce dernier présente un sol plus équilibré mais pauvre en matière organique et avec un taux d'humidité plus faible, ce qui semble limiter la production d'huile essentielle. Ces différences suggèrent que *Schinus molle* présente une certaine capacité d'adaptation aux conditions édaphiques variées, mais que la fertilité et l'humidité du sol jouent un rôle important dans la variation du rendement entre les sites.

Autres facteurs déterminants la composition et le rendement de l'huile essentielle obtenue ; tels que les facteurs écologiques, les variations saisonnières et la maturité, l'origine géographique, la variation génétique, les stades de croissance, la partie de la plante utilisée, ainsi que les conditions de séchage et de stockage après récolte (Hussain *et al.*, 2009 ; Zerrouk, 2019). Les résultats obtenus suggèrent que des températures hivernales modérées, comme celles observées à Tébessa, pourraient être plus favorables à la synthèse des huiles essentielles. En effet, des températures trop basses, comme celles d'El Kouif en hiver, peuvent ralentir les réactions enzymatiques nécessaires à la biosynthèse des composés volatils, ce qui limite la production d'huile. Ces observations rejoignent celles de (Pereira *et al.*, 2019). Qui ont souligné l'influence de la saison et du climat sur le rendement en huile essentielle de *Schinus molle*, avec des taux plus élevés en hiver dans les régions tempérées.

La baisse de rendement observée au printemps dans les deux régions pourrait être attribuée à plusieurs facteurs. D'une part, une hausse des températures peut favoriser l'évaporation d'une partie des composés volatils avant même l'extraction. D'autre part, le stade physiologique de la plante au moment de la récolte peut influencer sa richesse en métabolites secondaires. (Volpini-Klein *et al.*, 2021). Ont d'ailleurs montré que les variations saisonnières peuvent modifier à la fois la quantité et la composition des huiles essentielles extraites de cette espèce.

En plus des conditions climatiques, d'autres éléments locaux peuvent intervenir. Le type de sol, la nature de la matière organique, l'altitude ou encore l'exposition au soleil sont autant de facteurs qui peuvent influencer la biosynthèse des huiles. Les résultats d'une étude menée en Algérie, ont mis en évidence l'importance des facteurs édaphiques et écologiques sur la production d'huiles essentielles chez *Schinus molle* (Belhamel *et al.*, 2008).

4.3. Rendement de l'extrait de *Schinus molle*

Les résultats confirment que la saison exerce une influence significative sur le rendement en extrait de feuille de *Schinus molle*, avec une différence nette entre l'hiver et le printemps, et un rendement plus élevé enregistré en printemps dans les deux sites, contrairement aux huiles essentielles, plusieurs études ont démontré que les variations saisonnières influencent fortement l'accumulation des métabolites secondaires de la plante. Ces résultats sont similaires à celle trouvé par Mazid *et al*. (2011) qui ont rapporté que la biosynthèse des composés antioxydants est favorisée durant les saisons où les conditions climatiques sont modérées, comme l'automne et le printemps, en raison d'un stress environnemental moindre et d'une activité métabolique accrue. De même, les niveaux des composants bioactifs de l'extrait varient selon les saisons comme les flavonoïdes et les polyphénols, et qu'ils sont généralement plus élevés lors des périodes à forte luminosité et températures modérées (Akinmoladun *et al.*, 2007).

Par ailleurs, nos résultats révèlent une différence significative entre les deux sites, avec un rendement plus élevé à Tébessa, cette variation attribuée à plusieurs facteurs environnementaux notamment la nature physico-chimique du sol, il apparaît que les facteurs édaphiques influencent également les variations de rendement en extrait. Le sol de Tébessa est alcalin, pauvre en matière organique (0,642 %) et en humidité (9,03 %), sa teneur élevée en calcaire actif (21,8 %), semble avoir favorisé un rendement supérieur par rapport à El Kouif. Par ailleurs, la saison de récolte et le site géographique sont des facteurs déterminants qui influencent significativement le rendement de l'extrait de la plante de *Schinus molle*. Cette variation due aux effets des conditions environnementales sur la biosynthèse des métabolites secondaires (Gomes *et al.,* 2012 ; Bvenura et Kambizi, 2022).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le travail réalisé nous a permis d'évaluer l'effet de certains facteurs abiotiques tels que les facteurs édaphiques ; Texture, humidité, pH, carbone organique et matière organique, calcaire total et actif, et les variations saisonnières d'hiver et du printemps, sur le rendement des huiles essentielles et des extrais de *Schinus molle* collecté à partir de deux sites à différente altitude, Tébessa et El Kouif.

Les analyses du sol montrent que les deux sites, Tébessa et El Kouif, présentent une texture limono-sableuse, favorable à la croissance des plantes aromatiques. Le sol de Tébessa affiche une humidité légèrement supérieure à celle d'El Kouif, ce qui pourrait contribuer à une meilleure absorption des nutriments. Les deux sols présentent un pH alcalin, ce qui peut influencer la disponibilité des éléments nutritifs.

Concernant la salinité, le sol de Tébessa est non salé, tandis que celui d'El Kouif est légèrement salé, indiquant un stress salin modéré dans ce dernier. Le taux de carbone organique est très faible à El Kouif et faible à Tébessa, traduisant une pauvreté organique dans les deux sols, également confirmée par une faible teneur en matière organique dans les deux sites.

En ce qui concerne le calcaire total, les deux sols sont fortement calcaires. Toutefois, Tébessa se distingue par une teneur très élevée en calcaire actif, contre une teneur moyenne à El Kouif, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité des oligo-éléments essentiels aux plantes.

Les résultats obtenus montrent une variation significative du rendement en huiles essentielle et en extrait ; l'huile essentielle présente un rendement plus élevé en hiver que celui en printemps. Contrairement pour l'extrait le rendement le plus marqué est celui du printemps.

Ces résultats confirment que *Schinus molle* est une plante aromatique prometteuse, pouvant être valorisée dans plusieurs domaines tels que la phytothérapie, l'agroalimentaire ou les biopesticides naturels. La richesse de cette espèce en composants bioactifs et ses capacités d'adaptation à des environnements semi arides en font une ressource stratégique à ne pas négliger

En guise de perspectives, nous recommandons de :

- ✓ Étudier l'effet des saisons d'été et d'automne pour assurer la complétude de l'étude.
- ✓ Exploration d'autres parties de la plante (fruits, racines, écorce) afin d'identifier le rendement en huile essentielle et en extrait.

- ✓ Utiliser d'autre solvant pour l'extraction de l'extrait de la plante.
- ✓ Évaluer l'efficacité biologique des huiles essentielles contre les insectes et les pathogènes nuisibles, dans un contexte agroalimentaire ou médical.
- ✓ Études de toxicité et de sécurité en vue d'une éventuelle utilisation thérapeutique ou cosmétique.
- ✓ Déterminer le profil chimique de cette huile et tester ses composés actifs.

RESUMES

RESUME

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude des plantes aromatiques et médicinales en Algérie, en particulier *Schinus molle*, récoltée dans les régions d'El Kouif et de Tébessa durant les saisons d'hiver et de printemps. L'objectif est d'évaluer l'influence des facteurs pédoclimatiques sur les rendements en huiles essentielles et en extraits végétaux.

Une analyse physico-chimique des sols des deux sites a été réalisée, portant sur la texture, l'humidité, la teneur en matière organique et en carbone organique, ainsi que les teneurs en calcaire total et calcaire actif. Ces paramètres ont montré des différences significatives entre les deux régions.

Les résultats indiquent que le rendement en huile essentielle est plus élevé en hiver, tandis que l'extrait végétal est plus abondant au printemps. Ces variations confirment l'impact des caractéristiques pédologiques et climatiques sur la biosynthèse des composants bioactifs, et soulignent l'importance d'adapter les pratiques de collecte selon l'environnement.

Mots clés : *Schinus molle*, huile essentielle, extrait végétal¸ analyse physico-chimique du sol, facteurs saisonniers.

ABSTRACT

This work falls within the framework of the study of aromatic and medicinal plants in Algeria, particularly *Schinus molle*, harvested in the regions of El Kouif and Tébessa during the winter and spring seasons. The aim is to evaluate the influence of pedoclimatic factors on the yields of essential oil and plant extract.

Physico-chemical analysis of the soil from both sites was conducted, focusing on texture, moisture, organic matter content, organic carbon content, as well as total and active limestone levels. These parameters showed significant differences between the two regions.

The results show that essential oil yield was higher in winter, whereas plant extract yield was greater in spring. These variations underscore the influence of soil and climatic factors on the biosynthesis of bioactive compounds and highlight the need to adapt harvesting practices to environmental conditions.

Keywords: *Schinus molle*, essential oil, plant extract, seasonal factors, physico-chemical soil analysis.

الملخص

يندرج هذا العمل ضمن دراسة النباتات العطرية والطبية في الجزائر، وخاصة نبات الفلفل الكاذب الذي تم جمعه من منطقتي الكويف وتبسة خلال موسمي الشتاء والربيع. ويهدف إلى تقييم تأثير العوامل البيدومناخية على مردودية الزيوت الأساسية والمستخلصات النباتية.

تم إجراء تحليل فيزيائي كيميائي لتربة الموقعين، شمل نوع التربة، الرطوبة، محتوى المادة العضوية والكربون العضوي، بالإضافة إلى نسب الكلس الكلي والكلس النشط. وقد أظهرت هذه المعايير فروقًا بين المنطقتين.

تشير النتائج إلى أن مردود الزيوت الأساسية كان أعلى في فصل الشتاء، بينما كانت المستخلصات النباتية أوفر في فصل الربيع. وتؤكد هذه الاختلافات تأثير الخصائص الترابية والمناخية على التخليق الحيوي للمركبات النشطة بيولوجياً، مما يبرز أهمية تكييف طرق الجمع حسب الظروف البيئية.

الكلمات المفتاحية : الفلفل الكاذب، الزيوت الأساسية، المستخلصات النباتية، التحليل الفيزيائي الكيميائي للتربة، العوامل الموسمية

REFFERECES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Aissaoui, A. B., El Amrani, A., Zantar, S., & Toukour, L. (2018). Activité acaricide des huiles essentielles du Mentha pulegium, Origanum compactum et Thymus capitatus sur l'acarien phytophage Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae). European Scientific Journal. 14(3) : 119-124.

Afssaps. (2008). Pharmacopée européenne. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé.

Akinmoladun, A. C., Ibukun, E. O., Afor, E., Obuotor, E. M., & Farombi, E. O. (2007). Phytochemical constituent and antioxidant activity of extract from the leaves of *Ocimum gratissimum*. Scientific Research and Essays. 2(5) : 163-166.

B

Baize, D. (1995). Taux de matières organiques et interprétation des analyses de sols : Guide pratique pour l'interprétation des résultats d'analyses de sols. Paris : INRA Éditions.

Baize, D. (2000). Guide des analyses en pédologie. Choix, expression, présentation, interprétation (2e éd.). INRA.

Baize, D. (2018). Guide des analyses en pédologie. Guide des analyses en pédologie, 1-328.

Belhamel, K., Bessedik, M., & Benyoussef, E. H. (2008). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Schinus molle* L. grown in Algeria. International Journal of Aromatherapy. 18(1) : 11-14.

Benoaie, S. (2013). Comparaison des huiles essentielles de *Schinus molle* selon la partie végétale, son état et la saison de récolte. Mémoire de Master, Université Saad Dahlab Blida 1.81 p.

Belemassoud, R. (2013). Mise en valeur des huiles essentielles du Faux Poivrier (*Schinus molle*). Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla. 62 p.

Boudjabi, S., & Chenchouni, H. (2022). Soil fertility indicators and soil stoichiometry in semi-arid steppe rangelands. Catena. 210, 105910.

Boutaleb Joutei A. (2010). Synthèse des résultats de recherche sur l'utilisation de quelques biopesticides d'origine végétale sur les cultures d'importance économique au Maroc. Proceeding du septième Congrès de l'Association Marocaine de Protection des Plantes. Rabat, Maroc. 2 : 377-389.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). The nature and properties of soils (15th ed.). Pearson Education.

Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales (2e éd.). Paris : Tec & Doc – Lavoisier.

Bruand, A., & Chenu, C. (1994). Constitution physique du sol. *Techniques agricoles, 1130*, 12.

Bvenura, C., & Kambizi, L. (2022). Composition of phenolic compounds in South African *Schinus molle* L. berries. Foods. 11(10) : 1376.

C

Chaoüi, R. (2015). Valorisation thérapeutique des huiles essentielles du faux poivrier *(Schinus molle* L.). Mémoire de Master, Université Blida 1, Saad Dahlab.

Chilali, F., & Benrima, A. (2018). Évaluation de l'activité insecticide de *Schinus molle* L. à l'égard du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Acrididae, Oedipodinae). Agrobiologia, 8(1) : 879-885.

D

Duchaufour, P. (1997). *Abrégé de pédologie : Sol, végétation, environnement* (5e éd.). Paris : Elsevier Masson.

F

Fleurentin, J. (2013). *Du bon usage des plantes qui soignent* (p. 200-214). France.

G

Gomes, V. J., Souza, E. L., & Santos, F. A. (2012). Composição química e rendimento do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* e *S. molle* provenientes do estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. 14(2) : 256-264.

Getachew, T., Kebede, T., & Duguma, A. (2024). Chemical composition, antioxidant and insecticidal activity of essential oils from leaves and fruits of *Schinus molle* and *Schinus terebinthifolius*. Plants. 13(3): 425.

H

Hubert, J., Stejskal, V., Munzbergova, Z., Kubatova, A., Vanova, M., & Zdarkova, E. (2005). Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic. Journal of Economic Entomology. 97: 2144-2153.

Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., & Przybylski, R. (2009). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. Food Chemistry. 108(3) : 986-995.

I

Isman, M. B. (2002). Problème et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In C. B. J. Renault-Roger & C. V. Phylogène (Eds.), *Biopesticides d'origine végétale* (pp. 300–311). Paris : Tec & Doc – Lavoisier.

J

Jacques, F. (2013). *Jardin botanique de Saverne* (pp. 18–20).

Johnson, J. B., Norris, E. J., Gross, A. D., Bartholomay, L. C., & Coats, J. R. (2018). Plant essential oils enhance diverse pyrethroids against multiple strains of mosquitoes and inhibit detoxification enzyme processes. Insects. 9(4): 132.

K

Khalid, K. A. (2006). Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). International Agrophysics. 20(4) : 289-296.

L

Linné, C. de (1758). *Systema naturae,* selon les trois règnes de la nature, selon les classes, ordres, genres et espèces (10e éd., Vol. 1). Stockholm : Laurentii Salvii.

M

Malik, M. (2021). *Extraction et rendement de l'extrait de Schinus molle* [Mémoire de Master, Université non spécifiée].

Mathieu, C., Pieltain, F., & Jeanroy, E. (2003). *Analyse chimique des sols : Méthodes choisies*. Paris : Tec & Doc – Lavoisier.

Mawussi, G. (2008). Bilan environnemental de l'utilisation des pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche alternative par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (Hypothenemus hampei Ferrari) [Mémoire de Master, Université Paul Sabatier – Toulouse III].

Mazid, M., Khan, T. A., & Mohammad, F. (2011). Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biology and Medicine, 3*(2), 232–249.

Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). Principles of plant nutrition (5th ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

P

Paris M. et Hurabielle M. (1981). Abrégé de Matière Médicale : Pharmacognosie, tome I, Masson, Paris, pages 1-24.

Pereira, R. S., Moura, A. C. A., Ferreira, A. G., & Cavalcanti, S. C. H. (2019). Seasonality effect on essential oil yield and chemical composition of four accessions of *Schinus molle* L. Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 22(1): 142-152.

Phiri, N., Serame, E. L., & Pheko, T. (2021). Extraction, chemical composition, and antioxidant activity analysis of essential oil from *Schinus molle* medicinal plant found in Botswana. American Journal of Essential Oils and Natural Products. 9(4): 1-9.

Q

Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Vol. 2). Paris : Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

S

Said-Al Ahl, H. A., El-Beltagi, H. S., & Abd El-Ghany, A. M. (2010). Salinity tolerance of *Schinus molle* L. and its effect on essential oil production. Environmental and Experimental Botany. 68(3) : 195-200.

Schaefer, G. (1975). Classification des sols selon le taux de matière organique. In : Manuel de pédologie appliquée. Paris : Institut National Agronomique.

Singh, H. P., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2010). Influence of water stress on secondary metabolites in medicinal plants. Environmental and Experimental Botany. 70(3): 205-213.

Sofowora, A. (1993). Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa (2nd ed.). Ibadan: Spectrum Books Ltd. 289 p.

T

Tchoumbougnang, F., Dongmo, P. M. J., Sameza, M. L., Mbanjo, E. G. N., Fotso, G. B. T., Zollo, P. H. A., & Menut, C. (2009). Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 13(1): 77-84.

V

Volpini-Klein, A. F. N., Lima Júnior, S. E., Cardoso, C. A. L., Cabral, M. R. P., Louro, G. M., Coutinho, E. J., de Jesus, D. A., Junior, D. P., & Simionatto, E. (2021). Chemical composition of essential oils from leaves and fruits of *Schinus molle* obtained by different

extraction methods (hydrodistillation, fractional hydrodistillation and steam distillation) and seasonal variations. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 24(2): 228-242.

W

Walter, E., Jaeger, P., & Ortscheit, A. (2016). *Jardin botanique de Saverne* (pp. 18–20). Saverne : Société botanique locale.

Z

Zerrouk, M. (2019). Mise en valeur des huiles essentielles des plantes aromatiques algériennes *(Schinus molle)*. Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla.

Zheljazkov, V. D., Cantrell, C. L., & Astatkie, T. (1996). Influence of soil organic matter on essential oil yield of aromatic plants. Industrial Crops and Products. *5*(4) : 297-303.