

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Blida1

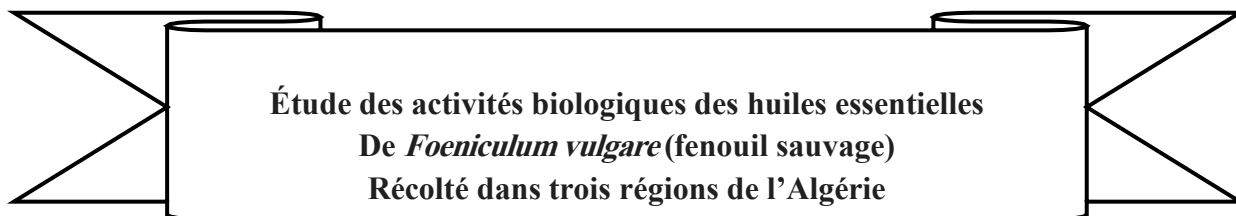


Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biotechnologie et Agro-écologie



**Domaine:** Science de la Nature et de la Vie  
**Filière:** Sciences Agronomiques  
**Spécialité:** Système de production Agro-écologique  
Mémoire de fin d'étude

En Vue de l'obtention du diplôme en Master Académique



**Étude des activités biologiques des huiles essentielles  
De *Foeniculum vulgare* (fenouil sauvage)  
Récolté dans trois régions de l'Algérie**

THEME

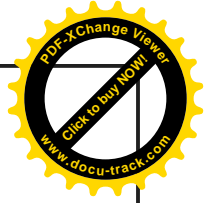
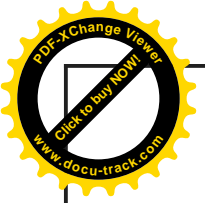
**Préparé par:**

**SALMI Chafiaa  
BOURAHLA Hadil  
BRAHMI Abdelkarim**

**Devant le jury:**

Dr. ABBAD M.	MCA (U. Blida 1)	Président
Dr. MOUAS Y.	MCA (U. Blida1)	Promotrice
Mr. CHIKHI H.	Responsable BIOEXTRALPAMAL	CO- promoteur
Dr. CHELOUFI R.	MCB (U.Blida1)	Examineur
Melle BOUKEROUI N.	Doctorante (U. Blida1)	Membre invitée

Année universitaire 2024/ 2025



- **Remerciement**

Je rends grâce à Dieu Tout-Puissant qui m'a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail, fruit de plusieurs années d'études et de persévérance.

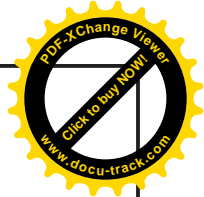
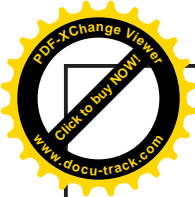
J'exprime ma profonde gratitude à ma famille bien-aimée, véritable pilier de ma vie. Je remercie du fond du cœur mes parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leurs prières et leur soutien constant, sans lesquels ce parcours n'aurait pas été possible.

Ma reconnaissance va également à mes frères et sœurs, pour leur affection, leurs encouragements et leur présence réconfortante qui ont allégé les moments de doute et renforcé ma détermination.

Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrante, Mme Mouas Yamina, pour ses orientations précises, ses conseils éclairés et son accompagnement bienveillant tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son encadrement a grandement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Je remercie chaleureusement mon co-promoteur, M. Hamid Cheikhi, pour son aide, sa disponibilité et pour nous avoir permis de réaliser gratuitement l'extraction de l'huile essentielle dans son laboratoire. Je tiens également à souligner sa générosité et son soutien humain exemplaire envers les étudiants

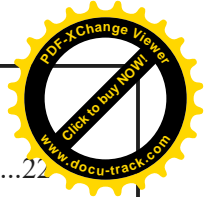
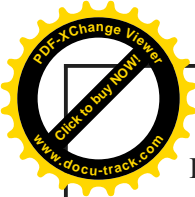
Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants de la spécialité Système de production en agroécologie, pour la qualité de leur enseignement et leur implication dans ma formation académique.



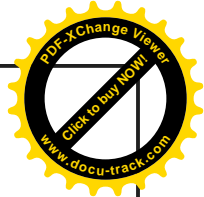
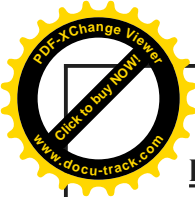
## **Table des matières**

Étude des activités biologiques des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* (fenouil sauvage) Récolté dans trois régions de l'Algérie

Résumé :	5
Introduction :	8
Chapitre I Les huiles essentielles	10
I.1 Généralité sur les huiles essentielles	10
I.2 Localisation des huiles essentielles	11
I.3 Rôle des huiles essentielles	11
I.4 Composition des huiles essentielles	11
I.4.1 Les terpénoïdes	11
I.4.2 Les terpénoïdes	11
I.4.3 Les composés aromatiques	12
I.5 Répartition botanique	12
I.6 Classification des huiles essentielles	12
I.7 Critères qualitatifs d'une huile essentielle	14
I.8 Conservation des huiles essentielles	14
Chapitre II La plant étudiée	15
II. <i>Le foeniculum vulgare</i>	15
II.1 Généralité	15
II.2 Classification	17
II.3 Composition nutritionnelle du fenouil	17
II.4 Activités biologiques du fenouil	18
II.5 Toxicité	18
Chapitre III Matériel et méthodes	19
III. Matériel et méthodes	19
III.1 Objectif :	19
III.2 Matériel végétale :	20
III.3 Collectée conservation du matériel végétale :	20
III.4 Méthode d'Extraction de HE	21
III.4.1 Extraction d'huile essentielle :	21
III.4.2 Méthode d'extraction des huiles essentielles	22

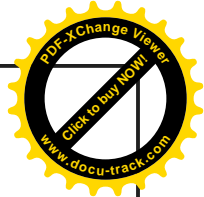
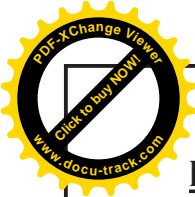


III.5	Conservation d'huile essentielle : .....	22
III.6	Évaluation de l'activité antioxydant de HE de fenouil .....	23
III.7	Évaluation de l'activité antioxydant par le test de DPPH : .....	23
III.7.1	Préparation des échantillons et du réactif DPPH : .....	23
III.7.2	Incubation : .....	23
III.7.3	Mesure de l'absorbance : .....	23
III.7.4	Calcul de l'activité antioxydants : .....	23
III.7.5	Expression des résultats : .....	24
III.7.6	La définition de IC <sub>50</sub> .....	24
III.8	Évaluation de l'activité antioxydant par la méthode de FRAP : .....	24
III.8.1	Préparation des échantillons : .....	25
III.8.2	Incubation : .....	25
III.8.3	Mesure de absorbance: .....	25
III.8.4	Calculer l'activité antioxydant : .....	25
III.8.5	Expression des résultats : .....	25
CHAPITRE IV Résultat et discussion .....		26
IV.	Résultats et discussions .....	26
IV.1	Le rendement .....	26
IV.2	Résultats de l'activité anti-oxydante par le test DPPH .....	27
IV.2.1	Absorbance : .....	27
IV.2.2	Calcul du pourcentage d'inhibition : .....	30
IV.3	La détermination de ic <sub>50</sub> .....	34
IV.3.1	La définition de IC <sub>50</sub> .....	34
IV.3.2	Règle de comparaison des IC <sub>50</sub> .....	34
IV.4	Comparaison de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles selon les régions .....	36
IV.5	Résultats de l'activité anti-oxydante par la méthode de FRAP .....	37
IV.6	Comparaison des résultat .....	41
conclusion.....		42
Référence.....		43
Annex.....		47



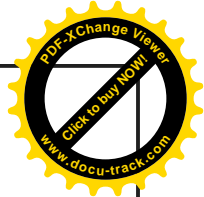
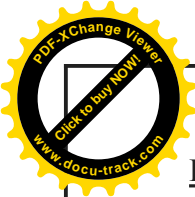
## liste des tableaux

•.... Tableau 1 Classement des HES selon leur principe active .....	0
•.... Tableau 2 : Quelques usages thérapeutiques de Foeniculum vulgar Mill.....	0
•.... Tableau 3 une classification plus récente est donnée par vogel G. et Angermann H. en 1998 .....	0
•.... Tableau 4 : Composition du fenouil en vitamines ( $\mu\text{g}$ /100gde matière comestible) .....	0
•.... Tableau 5 : Composition du fenouil en minéraux (mg /100gde matière comestible) .	0
•.... Tableau 6 : L'absorbation de DPPH pour la région de khames nakhelat (blida).....	0
•.... Tableau 7 : L'absorbtion de dpph pour la région de sidi rached (tipaza ).....	0
•.... Tableau 8 : L'absorbtion de dpph pour la région de tissemsilt.....	0
•.... Tableau 9 : L'absorbtion de dpph d'acide ascorbique.....	0
•.... Tableau 10 : le pourcentage d'inhibition pour la région de khames nakhelat ( .....	0
•.... Tableau 11 le pourcentage d'inhibition pour la région de sidi rached (tipaza ).....	0
•.... Tableau 12 : le pourcentage d'inhibition pour la région de tissemsilte.....	0
•.... Tableau 13 : le pourcentage d'inhibition pour ll'acide ascorbique.....	0
•.... Tableau 14: L'absorbtion de FRAP pour la région de khems nakhlata.....	0
•.... Tableau 15 : L'absorbtion de FRAP pour la région de sidi-rached.....	0
•.... Tableau 16 : L'absorbtion de FRAP pour la région de tissemsillet.....	0
•....Tableau 17 : L'absorbtion de FRAP pour la région d'acide ascorbique .....	0



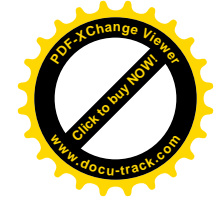
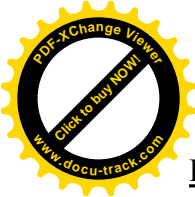
## liste des figures

•.... Figure 1 : aspect Plante de fenouil .....	0
•.... Figure 2 : présentation des régions d'études (algérien) .....	0
•.... Figure 3: dispositif d'extraction des He par hydro distillation. ....	0
•.... Figure 4 courbe de l'absorbance région de khames nakhelat (Blida) .....	0
•.... Figure 5 courbe de l'absorbance région de Tipaza (sidi rached) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
•.... Figure 6 courbe de l'absorbance région de Tissemsilt .....	0
•.... Figure 7 courbe de l'absorbance région de Tissemsilt: .....	0
•.... Figure 8 courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 pour la région de Blida (khames nakhelat ) .....	0
•.... Figure 9 : courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 région de sidi rached (Tipaza) .	0
•.... Figure 10 : courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 de région de tisse silt .....	0
•.... Figure 11 :courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 pour l'acide ascorbique .....	0
•.... Figure 12 : une courbe comparative de l'activité anti-oxydante (DPPH) pour les 3 régions et l'acide ascorbique .....	0
•.... Figure 13:des colonnes graphiques comparative de IC50 pour les 3 régions et l'acide ascorbique .....	0
•.... Figure 14 : courbe de l'absorbance (frap) et la valeur de ic50 d'huile de fenouil vulgare région de Blida (khames nakhelat) .....	0
•.... Figure 15 : courbe de l'absorbance (frap) de fenouil vulgare région de Blida (khames nakhelat) .....	0
•.... Figure 16 : courbe de l'absorbance (FRAP) et la valeur de ic50 d'huile de fenouil vulgare région de Tissemsillet .....	0
•.... Figure 17 : courbe de l'absorbance (FRAP) d'huile de fenouil vulgare d'acide ascorbique .....	0
•.... Figure 18 une courbe comparative de l'absorbance pour les 3 régions et l'acide ascorbique .....	0
•.... Figure 19 : des colonnes graphiques comparative de A0,5 pour les 3 régions et l'acide ascorbique .....	0



### Liste des abréviations:

- **sp:** espèce
- **HE:** huile essentielle
- **DPPH :** 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle
- **FRAP :** Ferric Reducing Antioxidant Power
- **A :** Acide ascorbique
- **AO :** Activité antioxydante
- **C<sub>0</sub> :** Absorbance du témoin (sans échantillon)
- **C :** Absorbance de l'échantillon
- **IC<sub>50</sub> :** Concentration inhibitrice à 50 %
- **RA (%) :** Pourcentage d'activité antioxydante (Radical scavenging activity)
- **µg/mL :** Microgramme par millilitre



## **Résumé :**

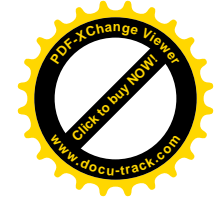
Les plantes médicinales représentent une source importante de composés bioactifs naturels aux propriétés thérapeutiques variées. Parmi ces propriétés, l'activité antioxydant suscite un intérêt croissant en raison de son rôle potentiel dans la prévention des maladies chroniques liées au stress oxydatif telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (Gurib-Fakim, 2006 ; Girodon et al., 2010).

Dans ce contexte, notre étude s'est focalisée sur l'évaluation de l'activité antioxydant des huiles essentielles extraites de *Foeniculum vulgare* (fenouil sauvage), une plante aromatique largement répandue en Algérie. Le matériel végétal a été récolté dans trois régions aux conditions pédoclimatiques différentes : Blida (Khames Nakhlat), Tipaza (Sidi Rached) et Tissemsilt.

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par distillation à la vapeur d'eau. L'activité antioxydant a été évaluée à l'aide de deux méthodes complémentaires : le test de piégeage du radical libre DPPH et le test de réduction du fer (FRAP), en utilisant l'acide ascorbique comme témoin positif.

Les résultats obtenus ont révélé une variation significative du pouvoir antioxydant selon la région d'origine. L'huile essentielle de Tissemsilt a montré la meilleure activité antioxydant ( $IC_{50} = 0,49$  mg/ml), suivie de Sidi Rached (0,50 mg/ml), tandis que celle de Blida présentait la plus faible activité (0,57 mg/ml). Ces différences peuvent être attribuées aux variations de la composition chimique des huiles, influencées par des facteurs environnementaux et génétiques (Simirgiotis et al., 2015). Cette étude met en évidence le potentiel antioxydant des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare*, notamment celles issues des régions de Tissemsilt et de Tipaza, qui pourraient être valorisées dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et cosmétique.



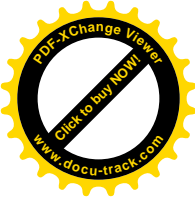


## - **Abstract**

Medicinal plants represent an important source of natural bioactive compounds with various therapeutic properties. Among these, antioxidant activity has attracted growing interest due to its potential role in preventing chronic diseases related to oxidative stress, such as cancer, cardiovascular diseases, and neurodegenerative disorders (Gurib-Fakim, 2006; Girodon et al., 2010). In this context, our study focused on evaluating the antioxidant activity of essential oils extracted from *Foeniculum vulgare* (wild fennel), an aromatic plant widely distributed in Algeria. Plant Material was collected from three regions with different pedoclimatic conditions: Blida (Khames Nakhlat), Tipaza (Sidi Rached), and Tissemsilt.

The essential oils were extracted by steam distillation. Antioxidant activity was assessed using two complementary methods: the DPPH free radical scavenging assay and the Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assay, with ascorbic acid used as a positive control.

The results revealed a significant variation in antioxidant capacity depending on the region of origin. The essential oil from Tissemsilt showed the highest antioxidant activity ( $IC_{50} = 0.49$  mg/mL), followed by Sidi Rached (0.50 mg/mL), while the oil from Blida showed the lowest activity (0.57 mg/mL). These differences may be attributed to variations in the chemical composition of the oils, influenced by environmental and genetic factors (Simirgiotis et al., 2015). This study highlights the antioxidant potential of *Foeniculum vulgare* essential oils, particularly those from Tissemsilt and Tipaza, which could be promoted in pharmaceutical, food, and cosmetic applications.



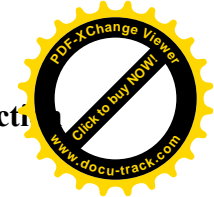
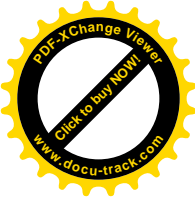
ملخص

تُعد النباتات الطبية مصدرًا هامًا للمركبات النشطة بيولوجيًا ذات الخصائص العلاجية المتنوعة. ومن بين هذه الخصائص، تشير الفعالية المضادة للأكسدة اهتمامًا متزايدًا نظرًا لدورها المحتمل في الوقاية من الأمراض المزمنة المرتبطة بالإجهاد التأكسدي مثل وآخرون، (Girodon، 2006؛ Gurib-Fakim) السرطان، وأمراض القلب والأوعية الدموية، والأمراض العصبية التنكسية (2010).

*Foeniculum* في هذا السياق، ركزت دراستنا على تقييم النشاط المضاد للأكسدة للزيوت الأساسية المستخلصة من نبات (البسباس البري)، وهو نبات عطري واسع الانتشار في الجزائر. تم جمع العينات النباتية من ثلاث مناطق تختلف من *vulgare* حيث الظروف المناخية والتربوية: البلدية (خمس نخلات)، تيبازة (سيدي راشد) وتيسمسيلت (ثنية الحد).

تم استخراج الزيوت الأساسية باستخدام تقنية التقطير البخار. وقد تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقتين متكاملتين:، مع استخدام حمض الأسكوربيك كشاهد إيجابي (FRAP) واختبار قدرة اختزال الحديد DPPH اختبار اختزال الجذور الحرة.

أظهرت النتائج وجود تباين ملحوظ في القدرة المضادة للأكسدة حسب المنطقة الأصلية للعينات. حيث أظهرت عينة تيسمسيلت أفضل، تلتها سيدي راشد (0.50 ملغم/مل)، بينما سجلت البلدية أضعف نشاط (0.57 ملغم/مل) ( $IC_{50} = 0.49$ ) نشاط مضاد للأكسدة (Simirgiotis ملغم/مل). يمكن أن تُعزى هذه الفروقات إلى اختلاف التركيب الكيميائي للزيوت، المتأثر بالعوامل البيئية والوراثية وتُبرز هذه الدراسة الإمكانات العالية للزيوت الأساسية لنبات الشمر البري، خاصة تلك المستخلصة من منطقتي (وآخرون، 2015). تيسمسيلت وتيبازة، في التطبيقات الصيدلانية والغذائية والتجميلية.



## Introduction :

Depuis des millénaires, les plantes aromatiques et médicinales occupent une place centrale dans la vie de l'homme. Elles ont constitué une source primordiale de nourriture, d'abri, de soins et de traitements, bien avant l'avènement de la médecine moderne (**Gurib-Fakim, 2006**). Parmi elles, certaines espèces ont attiré l'attention des scientifiques en raison de leur richesse en composés bioactifs, capables d'exercer des effets thérapeutiques notables (**Baba-Aïssa, 2000**).

Les huiles essentielles, extraites de ces plantes, représentent l'un des trésors les plus précieux du règne végétal. Elles sont constituées de mélanges complexes de molécules volatiles telles que les monoterpènes, les sesquiterpènes, les phénols, les aldéhydes et les esters, connues pour leurs multiples propriétés : antiseptiques, anti-inflammatoires, antioxydants et antimicrobiennes (**Bakkali et Al., 2008**). Ces substances naturelles trouvent aujourd'hui des applications variées, allant de la cosmétologie à la pharmacie, en passant par l'agroalimentaire (**Bahorun et Al., 1996**).

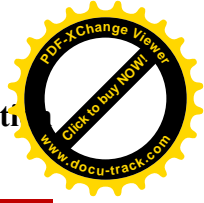
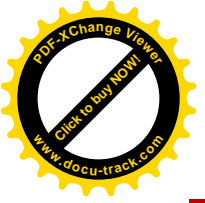
Le *Foeniculum vulgare*, communément appelé « fenouil sauvage », est une plante herbacée aromatique appartenant à la famille des Apiaceae. Utilisée traditionnellement pour ses vertus digestives, carminatives et antioxydants, cette plante est également appréciée pour sa richesse en huiles essentielles, notamment en anéthol, fenchon et estragole, qui lui confèrent ses propriétés biologiques remarquables (**Rather et Al., 2016**).

Dans un contexte où le stress oxydatif est reconnu comme un facteur majeur impliqué dans le développement de nombreuses pathologies chroniques telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, le diabète ou les troubles neurodégénératifs (**Girodon et Al., 2010**), l'exploration de l'activité antioxydants des extraits végétaux devient un enjeu crucial de la recherche actuelle (**Meddour et Al., 2013**).

Ainsi, le présent travail s'inscrit dans cette dynamique scientifique. Il vise à étudier l'huile essentielle extraite des parties aériennes de *Foeniculum vulgare* récoltées dans trois régions d'Algérie (Blida, Tipaza et Tissemsilt), en évaluant ses propriétés antioxydant à travers deux méthodes complémentaires : DPPH et FRAP.

Notre travail s'articule autour de deux grandes parties :

- La première partie est consacrée à une étude bibliographique, qui se divise en trois chapitres
- La première partie est dédié à une étude botanique de fenouil sauvage et classification et leurs propriétés biologiques.



La deuxième partie concerne l'étude expérimentale, dans laquelle :

- Nous décrivons le matériel végétal utilisé et les méthodes de collecte, conservation et extraction de l'huile essentielle.
- Nous présentons les méthodes analytiques appliquées pour l'évaluation de l'activité antioxydant de l'huile essentielle à travers deux techniques : DPPH et FRAP.
- Ensuite, nous exposons les résultats obtenus, accompagnés d'une analyse comparative et discussion.
- Enfin, le travail se conclut par une synthèse des résultats et des perspectives de recherche futures.

## Chapitre I

### Les huiles essentielles

#### I.1 Généralité sur les huiles essentielles

L'utilisation des extraits aromatiques remonte aux civilisations anciennes, où elles servaient à des fins médicinales, religieuses et hygiéniques. Les Égyptiens, comme en témoigne le papyrus d'Ebert, utilisaient les huiles essentielles pour l'embaumement et les soins **(Touwaide, 2021)**. Simultanément, les médecines traditionnelles chinoise et ayurvédique exploitaient les plantes aromatiques pour rétablir l'équilibre du corps **(Dash, 1994)**. En Grèce antique, Hippocrate et Dioscoride ont contribué à leur usage thérapeutique, rôle repris ensuite par les Romains **(Beck, 2005)**. Au Moyen Âge, les Arabes, notamment Avicenne, ont perfectionné les techniques d'extraction, influençant l'Europe médiévale **(Nasr, 2006)**. À la Renaissance, Paracelse insistait sur la puissance curative des plantes **(Fuchs, 1542)**. Les progrès du XIX<sup>e</sup> siècle ont permis l'isolement de molécules actives comme le menthol. Enfin, au XX<sup>e</sup> siècle, l'aromathérapie moderne fut fondée par Gattefossé, puis développée cliniquement par le Dr Valnet **( Gattefossé, 1937 ; Valnet, 1964)**

Le terme « huile essentielle » est apparu au XVI<sup>e</sup> siècle grâce à Paracelse, pour désigner la partie active d'un remède naturel **(Burt, 2004)**. Toutefois, sa définition reste complexe. William Naves **(1874–1936)** soulignait l'imprécision des définitions, les décrivant comme des mélanges issus de plantes, extraits par distillation à la vapeur **(Garnéro, 1996)**. Selon les normes AFNOR et ISO, l'huile essentielle est un extrait végétal obtenu par distillation ou par des procédés mécaniques **(ISO, 1997 ; Afnor, 2000)**. Seules 10 % des plantes sont dites aromatiques, capables de produire des essences odorantes **(Bruneton, 1999 ; Degryse et Al., 2008)**. Certaines familles végétales, comme les Lamiacées, Apiacées, Myrtacées ou Lauracées, sont particulièrement riches en espèces productrices **(Benayad, 2008)**. Les huiles essentielles sont synthétisées dans le cytoplasme des cellules sécrétrices, puis stockées dans des structures spécialisées comme les poils glandulaires, les poches ou canaux de sécrétion **(Bruneton, 1999 ; Hazzit, 2002 ; Bozet et Al., 2009)**. Elles peuvent être présentes dans divers organes de la plante : feuilles, fleurs, racines, bois, fruits ou graines **(Bruneton, 1993 ; Anton & Lobstein, 2005)**

## I.2 Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal. Cependant elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles (**Ntezurubanza, 2000**): Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Lamiacées, Poacées. Tous les organes peuvent en renfermer, surtout les sommités fleuries (lavande, menthe...), mais on en trouve dans les racines ou rhizomes (vétiver, gingembre), dans les écorces (cannelles), le bois (camphrier), les fruits (poivres), les graines (Muscade).

## I.3 Rôle des huiles essentielles

Les plantes emploient ces mécanismes pour se défendre contre les virus, et tous supposent qu'il s'agit d'hormones végétales. Certains estiment que les huiles agissent comme des intermédiaires entre divers parasites et microbes (**Small & Catling 2000**). Des recherches ont démontré que les monoterpènes et les sesquiterpènes peuvent assumer un rôle essentiel dans l'interaction des plantes avec leur environnement. Par exemple, le 1,8-cinéole et le camphre empêchent la germination des organes infectés ou la prolifération des agents pathogènes dérivés de ces organes (**Mann, 1987**).

## I.4 Composition des huiles essentielles

Les HE ont une composition assez complexe (Azevedo et AL, 2001) et variable de constituants due exclusivement à 2 familles chimiques caractérisées par des origines biogénétiques : composés terpéniques et les composés aromatiques dérivés du phenylpropane (Amarti, 2011)

**I.4.1 Les terpénoïdes** Le terme terpène rappelle la toute première extraction de ce type de composé dans l'essence de térébenthine sont des composés majeurs des huiles essentielles sont celles qui ont la masse moléculaire n'est pas élevée c'est à dire, ceux dont les molécules les plus volatils. Ils portent dans la plupart des cas la formule générale  $(C_5H_8)_n$ .

Suivant les valeurs de n et leur nombre d'unités isopréniques n en terpénoïdes peuvent être classés

### I.4.2 Les terpénoïdes

- **Hémiterpénoïdes** : 1 unité isoprénique, en  $C_5$
- **Monoterpénoïdes** : 2 unités isopréniques, en  $C_{10}$
- **Sesquiterpénoïdes** : 3 unités isopréniques, en  $C_{15}$
- **Diterpénoïdes** : 4 unités isopréniques, en  $C_{20}$
- **Sesterterpénoïdes** : 5 unités isopréniques, en  $C_{25}$

- **Triterpénoïdes** : 6 unités isopréniques, en C<sub>30</sub>
- **Tétraterpénoïdes** : 8 unités isopréniques, en C<sub>40</sub>
- **Polyterpénoïdes** : avec un nombre plus important d'unités isopréniques. (**Mc garvey 1995**)

Les terpénoïdes peuvent également être classés selon le nombre de structures cycliques qu'ils contiennent peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. (**Neffati, 2010**).

- Les constituants des huiles essentielles sont très variés . On y trouve en plus de terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des cétones, des phénols, des oxydes et autres (**Neffati, 2010**)

### I.4.3 Les composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins de présence dans les huiles essentielles. Mais il est considéré comme un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Nous pouvons citer comme exemple l'eugénol qu'est responsable de l'odeur du clou du girofle (**Koul, 2008**)

## I.5 Répartition botanique

Les HE sont largement répartis dans le règne végétal. Certaines familles en sont particulièrement riches Conifères, Myrtacées, Ombellifères, Labiées, Composées (**Boulos, 1983; Sauvage 1974**). Elles peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux : sommités fleuries, écorce, racines, rhizomes, fruit, bois, .... etc. Dans une même plante, elles peuvent être présentes dans différents organes. La composition des HE peut alors varier d'un organe à l'autre (**Paris et AL 1981**)

## I.6 Classification des huiles essentielles

La plupart des huiles essentielles sont constituées dans leur grande majorité d'un mélange assez complexe de monoterpènes, de sesquiterpènes, d'alcools, d'esters, d'aldéhydes, d'oxydes, etc. Il y a quelques exceptions : L'huile essentielle de gaulthérie couchée composée à plus de 99,5 % de salicylate de méthyle (un ester aromatique) (**Joualt, Solène 2012**)

Les huiles essentielles (HEs) sont classes selon la nature chimique des principes actifs majeurs, plus rarement sur le mode d'extraction, ou les effets biologiques (**Charles 2014**)

**Tableau N° 1:** Classement des HES selon leur principe active (Charles 2014)

Les familles Biochimiques	Propriétés des HE relevant des familles types	Exemple d'HE
<b>Carbures terpéniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antiinflammatoires</li> <li>- Antioxydants</li> <li>- expectorants</li> </ul>	HE de citron (limonène)
<b>Esters</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antispasmodiques</li> <li>- Antiinflammatoires</li> <li>- neurotoxiques</li> </ul>	HE de lavande vraie (la vendula vera)
<b>Aldéhydes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antiinfectieuse</li> </ul>	HE de citronnelle (citral et citronnal )
<b>Alcools</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antibactérienne</li> <li>- Antifongique</li> <li>- antiparasitaire</li> </ul>	HE de rose (géraniol)
<b>Cétones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relaxants</li> <li>- mucolytiques</li> <li>- antiparasitaires</li> <li>- antivirals</li> </ul>	HE de thuya (thuyone)
<b>Phénols antiinfectieuse,)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti- bactérienne</li> <li>- Antifongique</li> <li>- Antivirale</li> <li>- Antiparasitaire</li> <li>- antioxydant</li> </ul>	HE de girofle (eugénol)
<b>Éthers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antispasmodiques</li> <li>- Antalgiques</li> <li>- Antiinflammatoires</li> <li>- anti- bactériens</li> </ul>	HE de fenouil (anéthol)
<b>Composes soufres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti bactériens</li> <li>- anti parasites</li> </ul>	HE de l'oignon et l'ail



## I.7 Critères qualitatifs d'une huile essentielle

1. Certains paramètres entrent en jeu dans la qualité des huiles essentielles. Par mieux: La sélection de la plante et le moment de la récolte sont primordiaux.
2. L'extraction doit être faite dans des conditions de rigueur de laboratoire en maîtrisant les paramètres de température et de pression.
3. Le stockage doit se faire dans des récipients adaptés aux huiles essentielles et à l'abri de la lumière et à des températures ne dépassant pas 25 degrés (**Toninoli. F, Meglioli**)
4. Ces dégradations peuvent modifier leurs propriétés si elles ne sont pas enfermées dans des flacons propres et secs en aluminium, en acier inoxydable ou en verre teinté, ou si Elles exposent à l'abri de la lumière et de la chaleur (**Bekhchi.Ch, et Abdelouahid. Dj 2014** )

## I.8 Conservation des huiles essentielles

Sous certaines conditions, les huiles essentielles de haute qualité peuvent se garder pendant plusieurs années. À l'exception des huiles essentielles tirées des zestes d'agrumes, certaines d'entre elles se bonifient avec le temps. Les huiles essentielles sont fragiles et peuvent se détériorer dans de mauvaises conditions de stockage. Elles doivent donc être conservées dans leurs contenants en verre d'origine. Des standards particuliers régissent l'emballage, le conditionnement et la conservation des huiles essentielles (**Afnor 1996**), ainsi que l'étiquetage des contenants d'huiles essentielles (**Afnor 1996**). Ces règles stipulent que les huiles doivent être stockées dans un lieu frais, à l'abri de la lumière et de toute source de chaleur. Les huiles essentielles étant volatiles, il est crucial de bien sceller les flacons. Évitez de laisser les bouteilles sur le compte-gouttes en plastique pendant une durée prolongée, car les huiles essentielles peuvent être corrosives pour le plastique. (**Joualt, Solène, 2012**)

## Chapitre II La plante étudiée

### II. *Le foeniculum vulgare*

#### **II.1 Généralité**

Le fenouil est une herbe avec une grande histoire d'utilisations médicinale et culinaire (**Hendawy et AL., 2010**). Le nom de *Foeniculum* a été donné à cette plante par les Romains, il dérivé du mot latin *foenum*, c'est-à-dire herbe (**Kaur et AL., 2010**) qui signifie petit foin en raison de l'aspect linéaire de ses feuilles et de son odeur aromatique (**Quezel, Santa 1963**) (**G. Garnier D.L. Bezanger , G. Debraux II, 1961**)

*Foeniculum vulgare* connu sous nom de fenouil en français et communément appelé «besbes», « nafâa » ou « dibcha >> par les populations locales est une apiacée médicinale et aromatique. Il est originaire de l'est du bassin méditerranéen et de Caucasic (**Vogel, H. A ngermann 1984-1994**). Ses usages culinaires et médicaux remontent à l'antiquité car très utilisé comme aromate et épice dans les mets par les grecs et les romains et fort recommandé comme diurétique, pour le traitement des yeux et pour la lactation par les grecs et les chinois ( **ALCARAZ 1983**). Il a été introduit en Europe par Charlemagne vers la fin du VIIIème siècle .( **S. ROBERT 2000** )



Plante adulte de jardin botanique Culture agricole en champ.

**Figure 1** : aspect Plante de fenouil

**Tableau N° 2** : quelques usages thérapeutiques de *Foeniculum vulgare* Mill

Partie de la plante	Méthode de préparation	Effet	Références
<b>Racines</b>	décoction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Diurétique</b></li> <li>- <b>contre les règles douloureuses</b></li> </ul>	<b>(Bord ,1997)</b>
<b>Feuilles</b>	Hachées dans l'alimentation	- <b>facilitent la digestion des métaux lourds et gras (haricots, fève, viande)</b>	<b>( Borel ,1997)</b>
	Infusion	- <b>Favorise l'expectoration et apaise la toux</b>	<b>(Pauze-Schirey 2002)</b>
<b>Fruits</b>	Infusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Calme les coliques</b></li> <li>- <b>Stimule l'appétit</b></li> <li>- <b>Traite la dysenterie et désordres nerveux</b></li> </ul>	<b>(Garnier et Al., - 1961)</b> <b>(Leurug et Foster, 1996)</b>
<b>Graines</b>	Infusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Carminative :</b></li> <li>- <b>Contre le rhumatisme</b></li> <li>- <b>Favorise la lactation et contre:</b></li> <li>- <b>digestion lente, les reins enflammés</b></li> </ul>	<b>(Borel ,1997)</b>
	Tisane	- <b>contre les flatulences et les spasmes intestinaux</b>	
<b>huiles</b>	compress	- <b>soulage la conjonctivite et les petites inflammations oculaires</b>	
<b>huiles</b>	infusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Troubles digestifs</b></li> <li>- <b>Indiquer en cas de ballonnement nausée</b></li> <li>- <b>rétenction de l'eau</b></li> </ul>	<b>(Abrassart, 2001)</b>

## II.2 Classification

**Tableau N° 3** Une classification plus récente est donnée par Vogel G. et Angermann H. en 1998 (Deutsher taschenbuc verlag GmbH et HG. Munich 1998).

<b>super-règne</b>	Eucaryotes
<b>Division</b>	cormobiontes (plantes vasculaires)
<b>Phylum</b>	spermatophytes (plantes à graines)
<b>sous-phylum</b>	angiospermes (graines protégées par un fruit)
<b>Classe</b>	dicotylédones
<b>Ordre</b>	araliales (ombelliflorales)
<b>Famille</b>	ombellifères (3000 espèces)
<b>Genre</b>	Foeniculum
<b>genre – espèce</b>	Foeniculum vulgare mill.

## II.3 Composition nutritionnelle du fenouil

Les principaux éléments nutritifs qui entrent dans la composition de graines de fenouil présentent une grande variabilité ; ils sont mentionnés au tableau 06.

**Tableau N° 4:** Composition du fenouil en vitamines ( $\mu\text{g}$  /100gde matière comestible) (Souci et Al, 1994)

Composant	Composant
Caroténoïdes	4,70
B-Carotène 4,70	4,70
Vitamine K 240	240
Vitamine B1 (thiamine) 230	230
Vitamine B2 (riboflavine) 110	110
Vitamine B3 (nicotinamide)	200
VitamiVitamine B5 (acide pantothénique)	250
B6 (pyridoxine)	100
Vitamine B9 (acide folique)	100
Vitamine C	9,3×104

**Tableau N° 5 :** Composition du fenouil en minéraux (mg /100gde matière comestible) (Souci et Al, 1994).

Composant	Composant
<b>Sodium</b>	86
<b>Potassium</b>	494
<b>Magnésium</b>	49
<b>Calcium</b>	109
<b>Fer</b>	2,70
<b>Cuivre</b>	0,0585
<b>Zinc</b>	C 0,250
<b>Phosphore</b>	51
<b>Nitrate</b>	127

## II.4 Activités biologiques du fenouil

Les extraits de fenouil sont reconnus pour leur forte teneur en composés phénoliques, y compris les flavonoïdes, les acides phénoliques, les coumarines et les tannins. L'acide rosmarinique et l'acide chlorogénique dominant parmi les composés phénoliques présents dans les extraits méthanoliques des graines de fenouil, tandis que la quercétine et l'apigénine sont considérées comme les flavonoïdes majeurs (Barros et Al.2009)

## II.5 Toxicité

On n'a signalé aucune toxicité sérieuse ou effets secondaires suite à la consommation de fenouil, si ce n'est quelques cas d'allergies. On a signalé certains cas d'allergies comme l'asthme et la rhinite suite à la consommation de fruits. On a signalé que l'estragole, un composant majeur, est une substance cancérigène chez les animaux.

Il est important de prendre en compte que le métabolisme de ce composé varie entre les humains et les animaux, tout comme les effets secondaires qui diffèrent entre la forme isolée d'un agent et lorsque cet agent est utilisé en tant qu'élément naturel dans la fabrication de mélanges multi-composants (R.Rahimi, M.Ardekani)

## Chapitre III

### Matériel et méthode

### III. Matériel et méthodes

#### III.1 Objectif :

Le but de cette étude est d'évaluer l'activité antioxydant de HE extraites de la partie aérienne (tige et feuille) de *Foeniculum vulgare* (fenouil sauvage) récoltes dans trois région différentes en utilisant deux méthode : FRAP et DPPH

Présentation des régions d'étude : **Khams Nakhlat (Blida)**

Située dans la commune d'Oued El Alleug, à l'est de la wilaya de Blida, cette zone bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des hivers doux et humides et des étés chauds et secs. Les sols bien drainés et les berges de l'oued favorisent la croissance spontanée du *fenouil sauvage*, particulièrement dans les zones non cultivées. (Boujemla et Al., 2019, Benabdelkader et Al., 2021)

#### ➤ **Sidi Rached (Tipaza)**

Appartenant à la wilaya de Tipaza, cette région présente un « climat subhumide », favorable à la croissance des plantes aromatiques. *Le fenouil sauvage* y pousse naturellement, notamment en lisière des forêts et dans les champs ( Bouzidi et Al., 2020)

#### ➤ **Theniet El Had (Tissemsilt)**

Région montagneuse située dans le nord-ouest de l'Algérie, Theniet El Had se distingue par un climat semi-aride et une biodiversité végétale riche. Les conditions climatiques, marquées par une forte variation de température entre les saisons, permettent la présence naturelle du fenouil sauvage dans des zones ouvertes peu exploitées. ( Haddad et Al., 2017, Ouerghi et Al., 2022)



**Figure 2 :** présentation des régions d'études (algérien)

### III.2 Matériel végétale :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de la partie aérienne (tige + feuille) de fenouil sauvage collectées dans trois régions différentes de l'Algérie : Khams nakhlât (oued alleug wilaya de Blida), Sidi rached (wilaya de Tipaza) et Theniet el had (Tissemsilt), durant la période printanière Avril 2025

Ces régions ont été choisies en raison de leurs différences pédoclimatiques pouvant influencer la composition chimique d'huile essentielle.

### III.3 Collectée conservation du matériel végétale :

La collecte des parties aériennes (la tige + les feuilles) de fenouil sauvage a été réalisée manuellement au stade de floraison optimale. Après la récolte, les échantillons ont été transportés dans des sacs en papier pour éviter la condensation et préserver la qualité des huiles essentielles. Ils ont ensuite été conservés dans un endroit frais et sec, à l'abri de la lumière, jusqu'à l'extraction d'huile essentielle.

- **Échantillonnage :** le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué des parties aériennes du fenouil sauvage (tiges, feuilles). La collecte a été réalisée manuellement au stade de **Floraison** période durant laquelle la concentration en composés aromatiques et généralement



optimale.

### III.4 Méthode d'Extraction de HE

#### III.4.1 Extraction d'huile essentielle :

L'extraction de HE de la plante *Foeniculum vulgare* a été effectué par la méthode d'hydro distillation sous basse pression à haute température par un d'alambic en inox, (Figure) une quantité de 100 kg de la matière végétale fraîche a été placé dans une cuve remplie d'eau aux 2/3 de son volume. L'ensemble a été chauffé jusqu'à l'ébullition pendant 2 heures. La vapeur d'eau enrichie d'HE traverse un serpentin de refroidissement où aura lieu la condensation.

Les gouttelettes produites s'accumulent dans un collecteur ce qui entraine en raison de la différence de densité, l'apparition d'une phase huileuse riche en HE de *Foeniculum vulgare* et une phase aqueuse formée à partir de l'eau issue de l'hydro distillation. L'HE ainsi obtenue est récupérée à l'aide d'une ampoule de décantation et conservée au réfrigérateur à 4°C dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement jusqu'à son utilisation.



**Figure 3:** dispositif d'extraction des He par hydro distillation.



### III.4.2 Méthode d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles à partir des parties aériennes séchées de *Foeniculum vulgare* a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Les étapes principales de cette méthode sont les suivantes :

#### 1. Préparation de l'échantillon végétal

Les parties aériennes (tiges et feuilles) ont été soigneusement nettoyées, séchées à l'abri de la lumière et de l'humidité, puis broyées en petits fragments pour faciliter l'extraction.

#### 2. Chargement de l'appareil de distillation

Une quantité déterminée de matière végétale sèche est introduite dans une cuve ou un ballon, en ajoutant une quantité suffisante d'eau distillée. L'ensemble est raccordé à un dispositif de distillation de type Clevenger.

#### 3. Distillation à la vapeur d'eau

Le mélange est chauffé, provoquant la libération de vapeur d'eau. Cette vapeur traverse la matière végétale, entraînant avec elle les composés volatils (huiles essentielles).

#### 4. Condensation des vapeurs

Les vapeurs contenant l'huile essentielle et l'eau sont ensuite dirigées vers un condenseur refroidi, où elles se liquéfient.

#### 5. Récupération et séparation des huiles essentielles

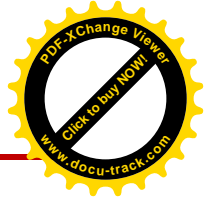
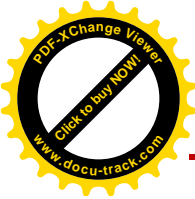
Le distillat (mélange huile-eau) est recueilli dans une ampoule de décantation. L'huile essentielle, moins dense que l'eau, surnage et est ensuite récupérée délicatement.

#### 6. Stockage

L'huile essentielle obtenue est conservée dans un flacon en verre ambré, hermétiquement fermé, et stockée à une température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'air, jusqu'aux analyses.

### III.5 Conservation d'huile essentielle :

L'extraction, les huiles essentielles ont été transférées avec précaution dans des flacons en verre ambré, afin de les protéger de la lumière susceptible d'altérer leur composé volatil. Les flacons ont été hermétiquement fermés pour éviter toute oxydation due au contact avec l'air. Ensuite ils ont été stockés à une température de 4°C dans un réfrigérateur, dans un environnement sec et à l'abri de la lumière, jusqu'à leur utilisation pour les analyses physico-chimiques et biologiques. Ces conditions de conservation visent à préserver l'intégrité chimique et la stabilité des constituants aromatiques des huiles en réduisant les risques de dégradation par oxydation, évaporation ou photo-décomposition.



### III.6 Évaluation de l'activité antioxydant de HE de fenouil

Le pouvoir antioxydant de HE extraits de fenouil a été évaluée par deux méthode : FRAP et DPPH

### III.7 Évaluation de l'activité antioxydant par le test de DPPH :

L'activité anti-oxydante des extraits a été évaluée en utilisant la méthode de piégeage du radical libre *2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle* (DPPH), selon le protocole décrit par **Brand-Williams et Al. (1995)**. Cette méthode colorimétrique permet de quantifier la capacité d'un échantillon à réduire le radical DPPH, se traduisant par une diminution de l'absorbance à une longueur d'onde spécifique. La procédure expérimentale suivie et détaillée ci-dessous :

#### III.7.1 Préparation des échantillons et du réactif DPPH :

Une solution de DPPH à une concentration de **80 µm** a été préparée en dissolvant le DPPH dans du méthanol. Pour chaque échantillon à tester, **50 µl** d'huile essentiel ont été mélangés à **180 µl** de cette solution de DPPH dans un tube à essai ou une cupule de microplaque.

#### III.7.2 Incubation :

Le mélange réactionnel a été incubé dans l'obscurité pendant une durée de **30 minutes** à température ambiante. Cette période d'incubation permet une réaction complète entre les composés antioxydants présents dans l'huile et le radical DPPH.

#### III.7.3 Mesure de l'absorbance :

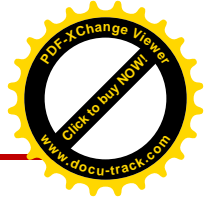
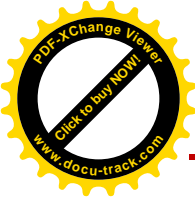
Après l'incubation, l'absorbance de chaque mélange a été lue à une longueur d'onde de **517 nm** à l'aide d'un spectrophotomètre. Pour chaque série de mesures, un blanc a été préparé en remplaçant l'huile essentiel par le solvant utiliser pour sa dilution (généralement le méthanol). L'absorbance initiale du réactif DPPH seul sans huile essentielle (**A<sub>0</sub>**) et celle de mélange avec huile essentielle (**A<sub>1</sub>**) ont été enregistrées.

#### III.7.4 Calcul de l'activité antioxydants :

L'activité anti-oxydante de l'extrait a été calculée en termes de pourcentage d'inhibition ou d'activité de piégeage des radicaux libres, en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Activité de piégeage des radicaux libres (\%)} = \left( \frac{A_0 - A_1}{A_0} \right) \times 100$$

- **A<sub>0</sub>** représente la valeur de l'absorbance du blanc (solution de DPPH sans huile essentielle (témoin))



- **A1** représente la valeur de l'absorbance de l'échantillon d'essai après la période d'incubation.

### **III.7.5 Expression des résultats :**

Afin d'exprimer l'activité anti-oxydante de l'huile de manière quantitative, une courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant l'acide ascorbique (vitamine C) comme standard de référence. Des solutions étalons d'acide ascorbique ont été préparées à différentes concentrations, notamment 10, 20, 40, 60, 80 et 100 mg/L, et soumises au même protocole de dosage DPPH. L'activité Anti-oxydante des huiles essentielles a ensuite été exprimée en milligrammes d'équivalent acide ascorbique par gramme d'huile essentielle (mg EAA/g HS), en se référant à la courbe d'étalonnage ainsi obtenue. La construction de cette courbe et son exploitation seront présentées en détail dans la section des résultats.

Afin d'évaluer quantitativement l'activité anti-oxydante des huiles essentielles par la méthode DPPH, on va déterminer la valeur de **PIC<sub>50</sub>** (concentration inhibitrice à 50 %).

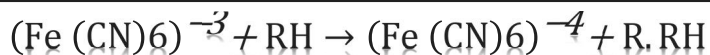
### **III.7.6 La définition de IC<sub>50</sub>**

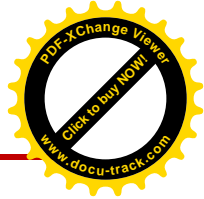
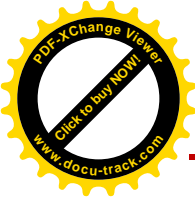
L'IC<sub>50</sub> (Inhibitoire Concentration 50) est la concentration d'une substance (comme une huile essentielle) nécessaire pour inhiber 50 % d'une activité biologique, par exemple l'oxydation des radicaux libres.

Le calcul de **PIC<sub>50</sub>** a été effectué à partir de la courbe d'inhibition en fonction des différentes concentrations. Ce paramètre sera utilisé dans le chapitre des résultats pour comparer l'efficacité anti-oxydante des échantillons étudiés.

### **III.8 Évaluation de l'activité antioxydant par la méthode de FRAP :**

Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)) La puissance anti-oxydante réductrice ferrique, dans les extraits méthanoïques, est déterminée selon la méthode décrite par Oyez et Bou gandoura (37, 38). Elle est basée sur la réduction du fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) en fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>) par les antioxydants qui donnent une couleur bleue selon la réaction suivante :





- **RH : Substance active anti-oxydante.**
- **R : Substance active oxydée.**

### **III.8.1 Préparation des échantillons :**

Un millilitre de solution d'huile avec le méthanol à différentes concentrations est mélangé avec 0,5 ml d'une solution aqueuse de tampon phosphate à **0,2 M (pH = 6,6)** et **0,5 ml** d'une solution de ferricyanure de potassium **K<sub>3</sub> [Fe (CN)<sub>6</sub>]** à **1 %**.

### **III.8.2 Incubation :**

L'ensemble est incubé au bain marie à **50 °C** pendant **20 min** et ensuite laissé jusqu'à refroidissement.

### **III.8.3 Mesure de absorbance:**

Est alors ajouté un volume de **0,5 ml** d'une solution aqueuse d'acide trichloracétique à **10 %** pour stopper la réaction. Les tubes sont centrifugés à **3000 tr/min** pendant **10 min**. Un aliquote de **0,5 ml** du surnageant est mélangé avec **0,5 ml** d'eau distillée et **0,1 ml** d'une solution aqueuse de chlorure ferrique **Fécal<sub>3</sub>** à **0,1 %**.

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à **700 nm** contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée, permettant ainsi d'étalonner le spectrophotomètre **UV-VIS**.

### **III.8.4 Calculer l'activité antioxydant :**

Le pouvoir réducteur du fer est exprimé par la **CI<sub>50</sub>**, qui correspond à la concentration de l'échantillon donnant une absorbance de 0,5.

### **III.8.5 Expression des résultats :**

Afin d'exprimer l'activité anti-oxydante de l'huile de manière quantitative, une courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant l'acide ascorbique (vitamine C) comme standard de référence. Le contrôle positif est représenté par l'antioxydant standard, à savoir l'acide ascorbique, dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à l'augmentation de l'activité anti-oxydant

## CHAPITRE IV

### Résultat et discussion

#### IV. Résultats et discussions

##### IV.1 Le rendement

###### 1) La région de khams nakhlata ( oued alleug )

25 kg de plant de fenouil sauvage Ça a donné 23 gr d'huile essentielle, ce qui correspondent à un rendement de 0,092 %

$$\text{➤ Rendement} = \left( \frac{23 \text{ gr}}{25000 \text{ gr}} \right) \times 100 = 0,092 \text{ \%}.$$

###### 2) La région de sidi rached ( wilaya de tipaza )

25 kg de fenouil sauvage Ça a donné, 23 gr d'huile essentielle, ce qui correspondent à un rendement de 0,092%

$$\text{➤ Rendement} = \left( \frac{23 \text{ gr}}{25000 \text{ gr}} \right) \times 100 = 0,092 \text{ \%}.$$

###### 3) La région de Tissemsilte

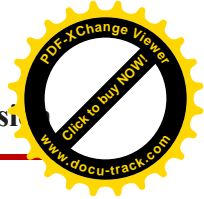
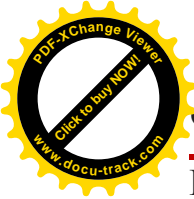
7 kg de fenouil sauvage Ça a donné, 40 gr d'huile essentielle, ce qui correspondent à un rendement de 0,0057%

$$\text{➤ Rendement} = \left( \frac{40 \text{ gr}}{7000 \text{ gr}} \right) \times 100 = 0,57\%.$$

L'évaluation des rendements en huile essentielle de fenouil sauvage dans les trois régions étudiées relève une variation nette selon l'origine géographique du matériel végétale. Les régions de « khams nakhlata » et « sidi rached » ont présenté les mêmes valeurs de rendement, soit 0,092 % ce qui reflète une concentration relativement satisfaisante en composés volatiles. En revanche, la région de « tissemsilt » a enregistré un rendement beaucoup plus faible, estimé à 0,0057%

Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs notamment :

- Les conditions pédoclimatiques spécifiques à chaque région (altitude, humidité, ensoleillement température)
- La richesse naturelle du sol et sa composition minérale
- Le stade de développement des plantes au moment de la récolte



## IV.2 Résultats de l'activité anti-oxydante par le test DPPH

Le test DPPH a été utilisé pour évaluer le pouvoir antioxydant des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* provenant de différentes régions. Ce test repose sur la réduction du radical libre DPPH• par les composés antioxydants, entraînant une diminution de l'absorbance à 517 nm. Des solutions d'huiles essentielles à différentes concentrations ont été testées, et les absorbances mesurées ont permis de calculer le pourcentage d'inhibition de l'activité radicalaire. Les valeurs d'inhibition ont ensuite été utilisées pour tracer les courbes dose-réponse (% d'inhibition en fonction de la concentration). Ces courbes ont permis de déterminer l'équation de la droite pour chaque extrait, à partir de laquelle l'IC<sub>50</sub> a été calculé

### IV.2.1 Absorbance :

Les mesures d'absorbance ont été réalisées pour chaque concentration d'échantillon et comparées à celle du blanc (solution DPPH plus me méthanol). Ces valeurs brutes permettent d'estimer la réactivité antioxydants initiale des extraits.

1) khems nakhlal :

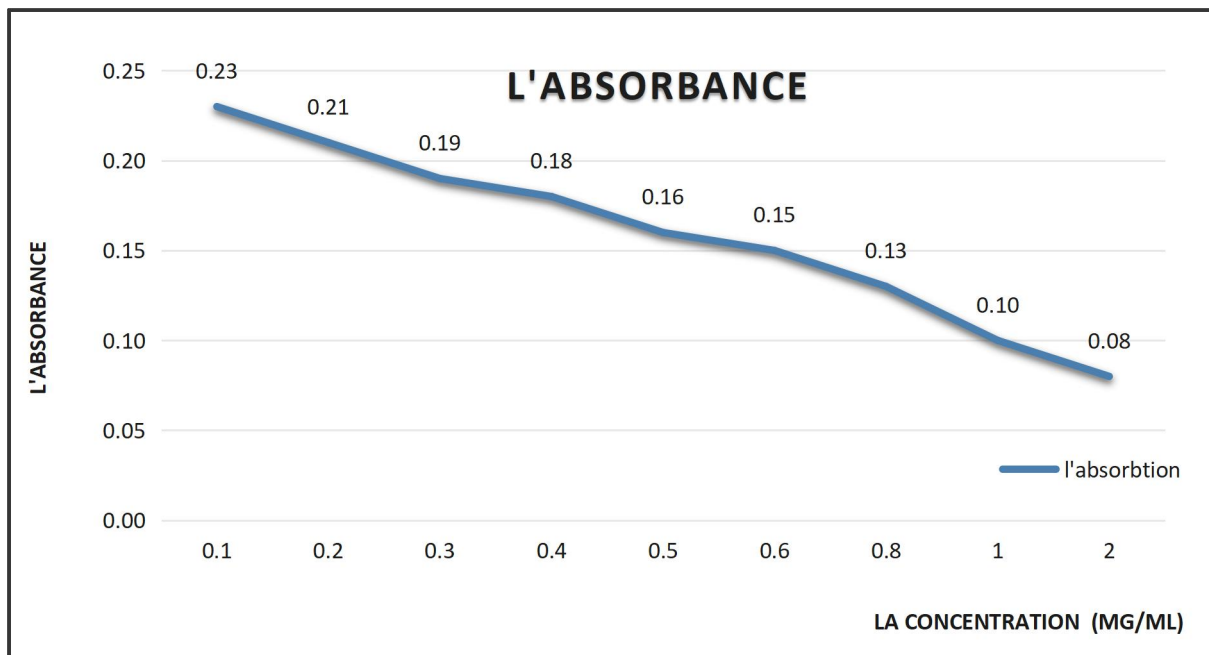


Figure 4 : courbe de l'absorbance région de khames nakhelat (Blida)

2) Sidi rached :

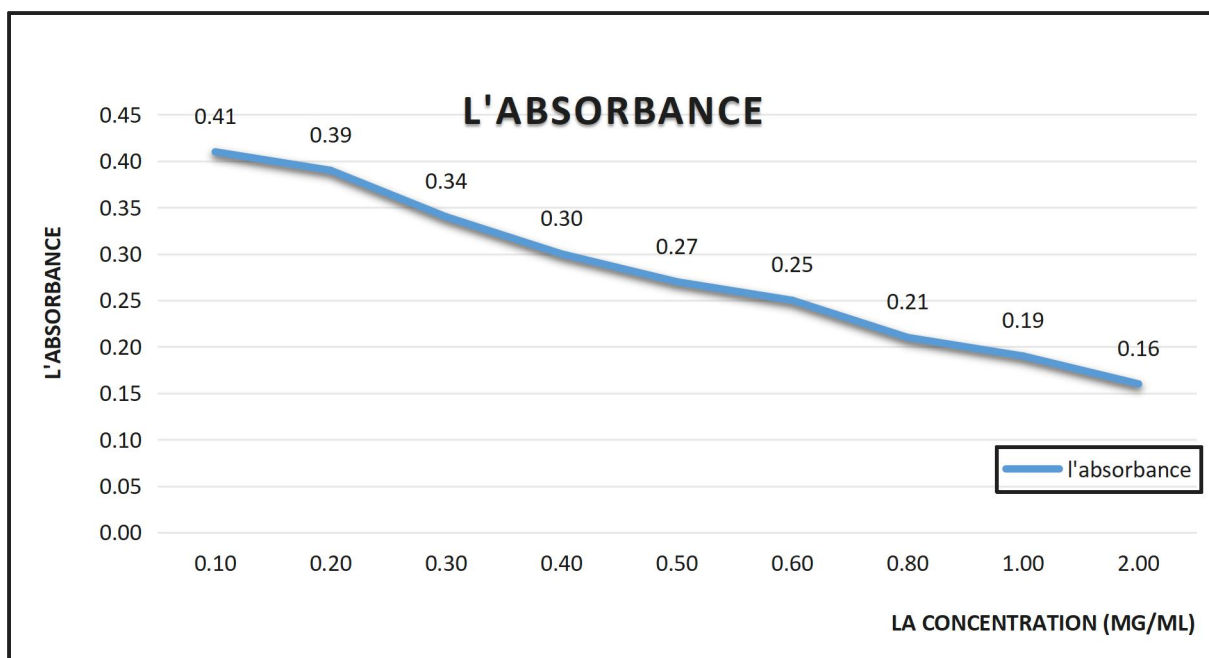


Figure 5 : courbe de l'absorbance région de Tipaza (sidi rach)

### 3) Tissemsilt:

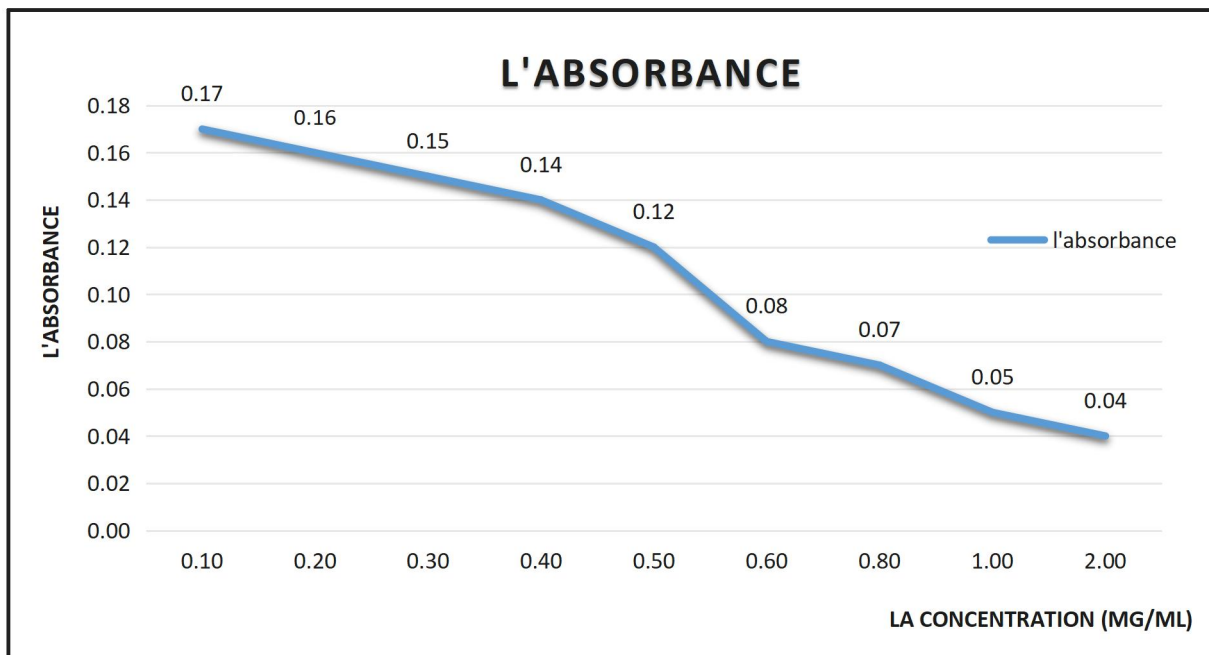


Figure 6 : courbe de l'absorbance région de Tissemsilt

### 4) Acide ascorbique

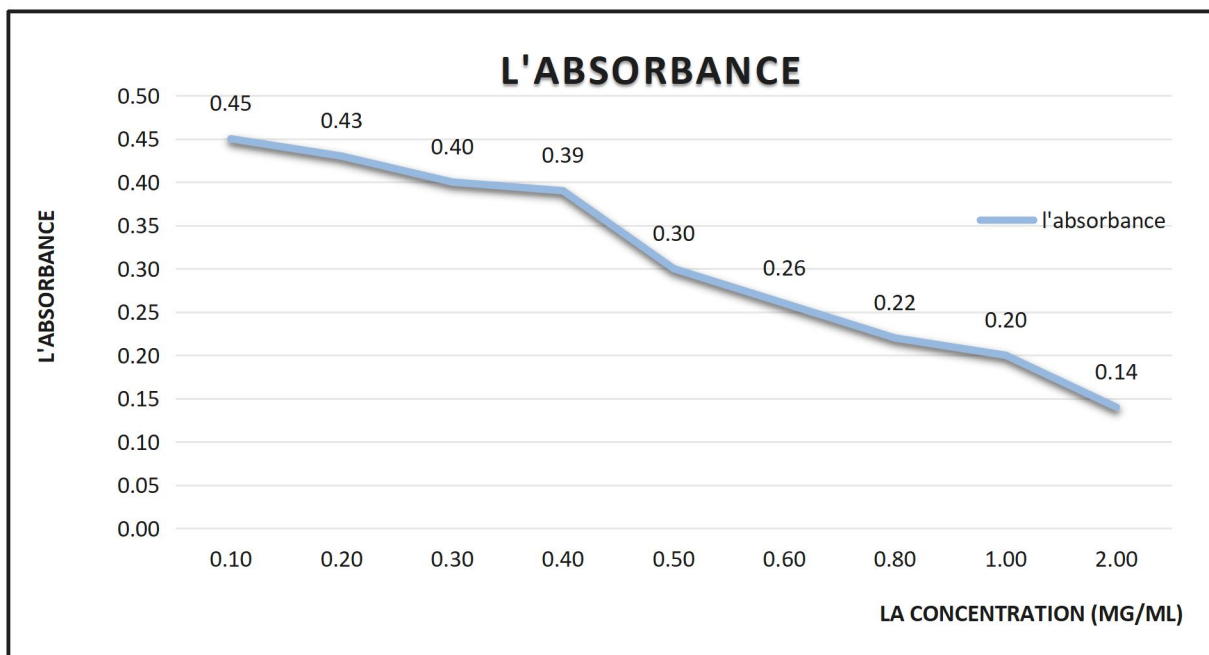
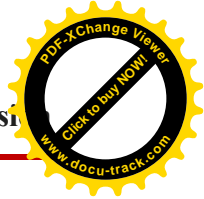
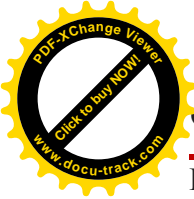


Figure 7 : courbe de l'absorbance région de \_\_\_\_\_





**IV.2.2 Calcul du pourcentage d'inhibition :** À partir des valeurs d'absorbance, le pourcentage d'inhibition du DPPH• a été calculé selon la formule suivante

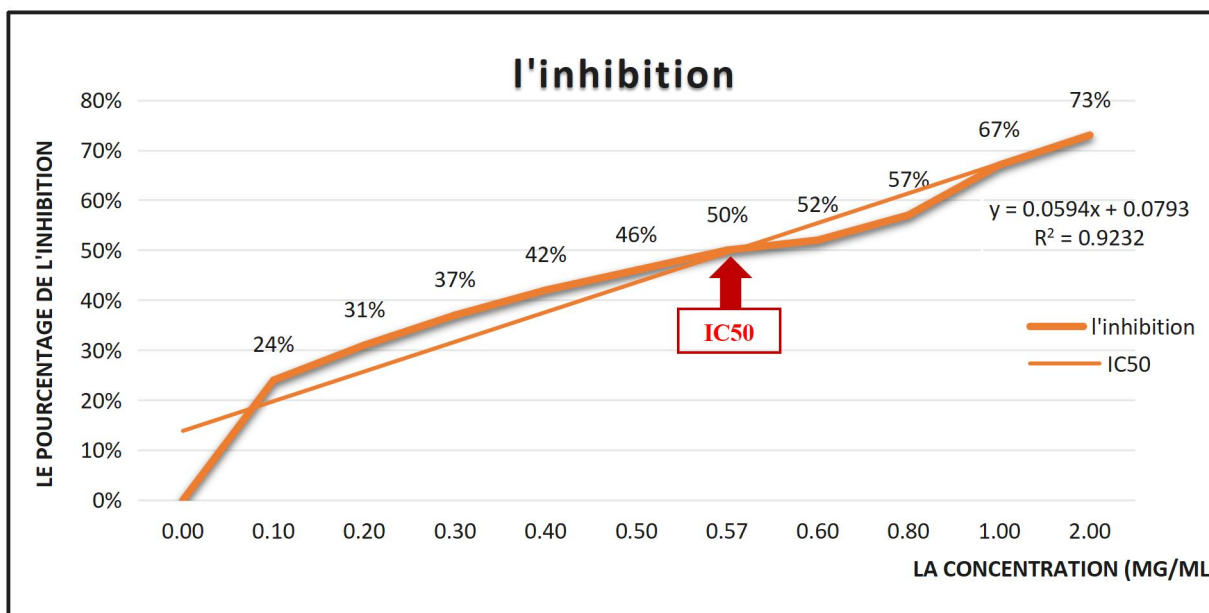
$$\text{Activité de piégeage des radicaux libres (\%)} = \left( \frac{A_0 - A_1}{A_0} \right) \times 100$$

- **A0** représente la valeur de l'absorbance du blanc (solution de DPPH sans huile essentielle (témoin))
- **A1** représente la valeur de l'absorbance de l'échantillon d'essai après la période d'incubation

1) **khems nakhlat :**

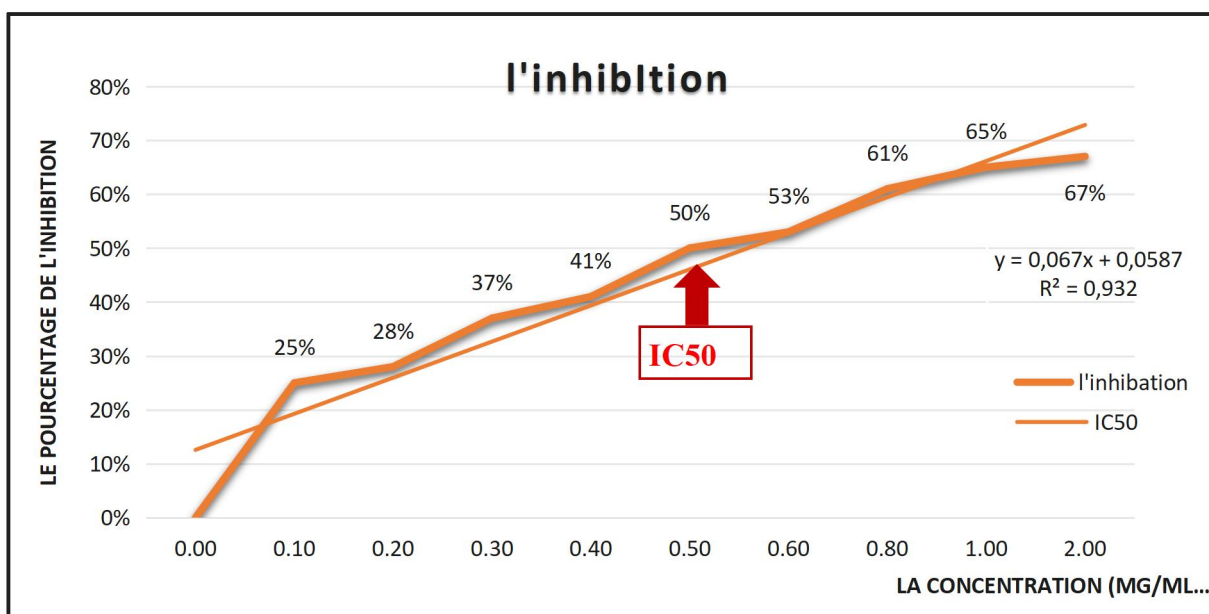
- **Contrôle : 0.3031**
- **EXP / :** on va calculer du pourcentage d'inhibition a concentration 0,1 mg/L

$$\left( \frac{0.3031 - 0.2301}{0.3031} \right) \times 100 = 24.08 \%$$



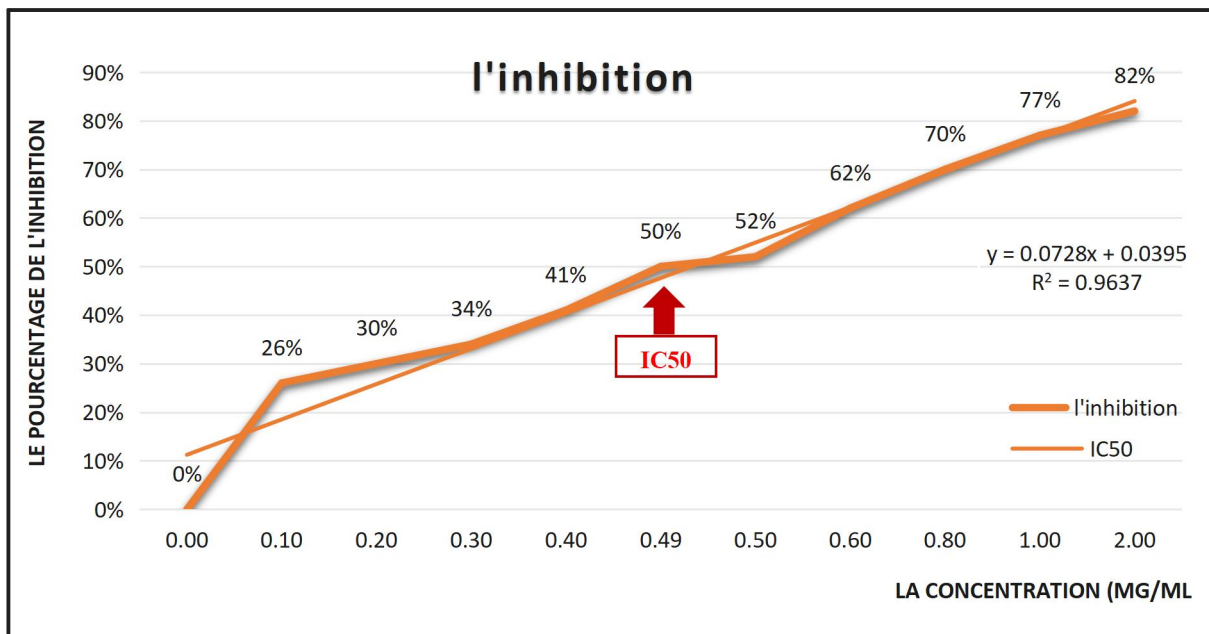
**Figure 8** courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 pour la région de Blida (khames nakhelat )

## 2) Sidi rached :



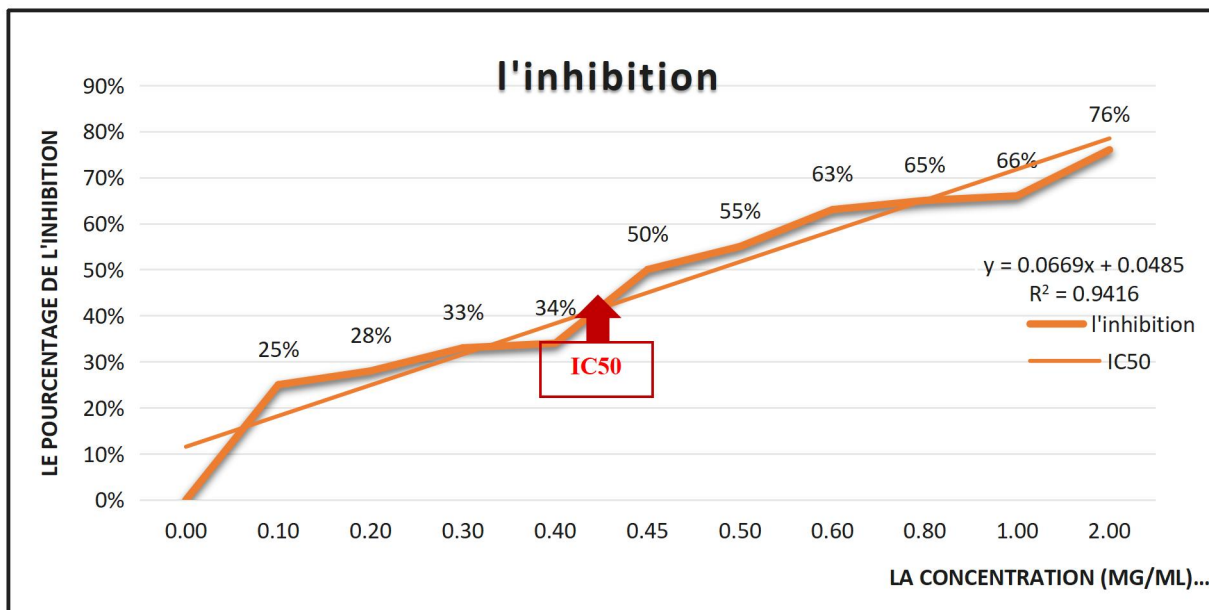
**Figure 9** : courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 région de sidi rached (Tipaza)

### 3) Tissemsilt:

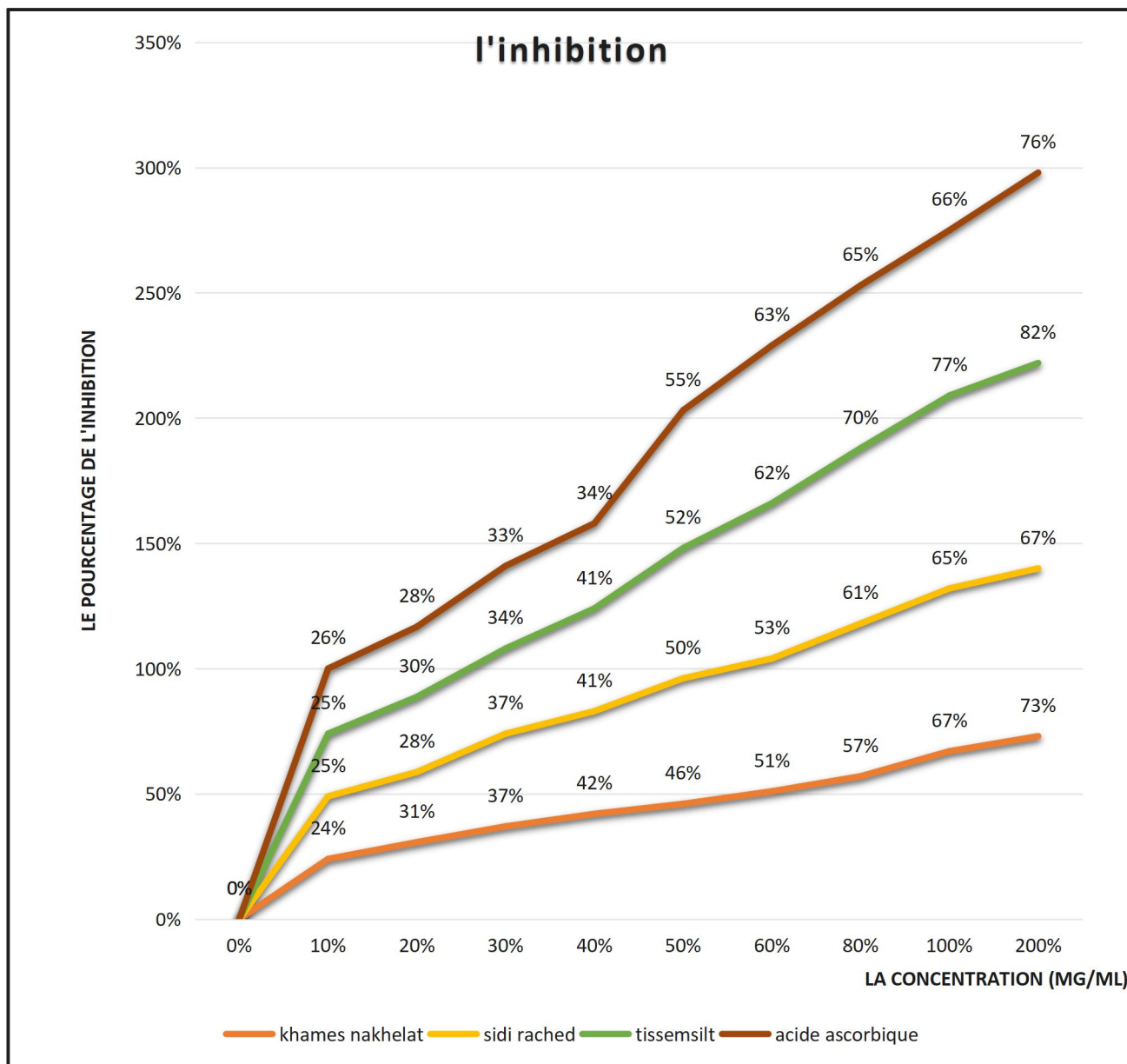


**Figure 10** : courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 de région de tisseMsilt

### 4) Acide ascorbique



**Figure 11** : courbe de l'activité anti-oxydante (DPPH) et la valeur de ic50 pour l'acide ascorbique



**Figure 12** : une courbe comparative de l'activité anti-oxydante (DPPH) pour les 3 régions et l'acide ascorbique

## IV.3 La détermination de $ic_{50}$

### IV.3.1 La définition de $IC_{50}$

L' $IC_{50}$  (Inhibitory Concentration 50) est la concentration d'une substance (comme une huile essentielle) nécessaire pour inhiber 50 % d'une activité biologique, par exemple l'oxydation des radicaux libres.

> Elle permet d'évaluer l'efficacité antioxydant

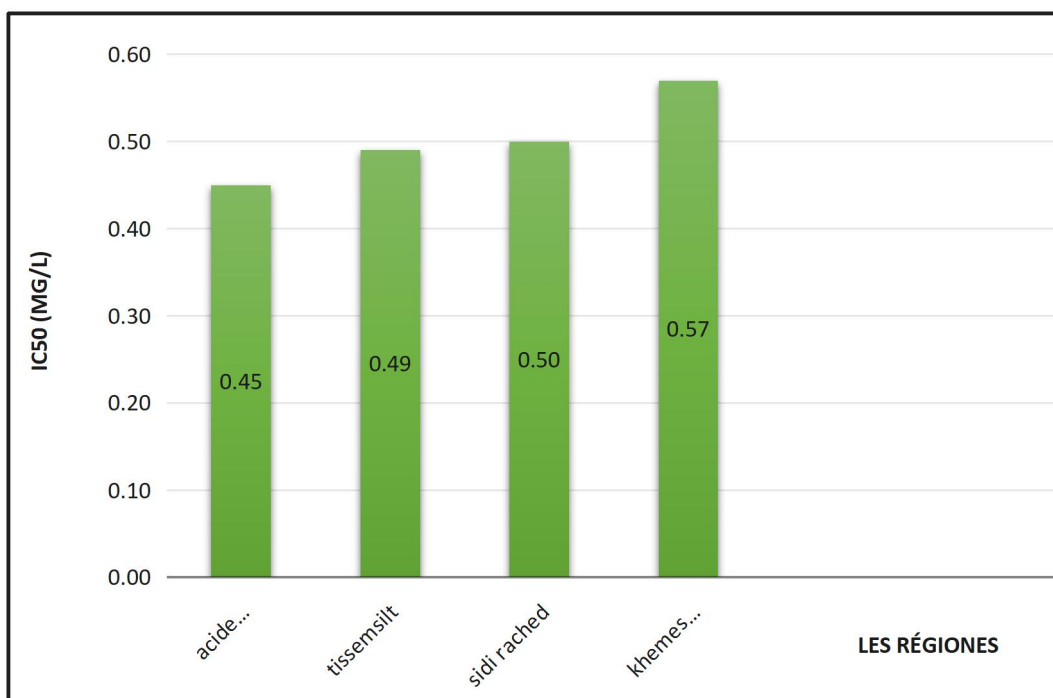
### IV.3.2 Règle de comparaison des $IC_{50}$

Plus la valeur d' $IC_{50}$  est faible, plus l'activité est forte

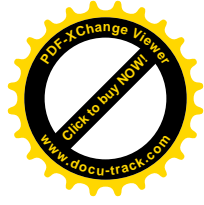
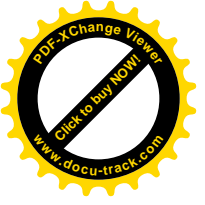
➤ C'est-à-dire :

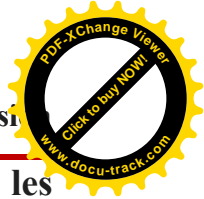
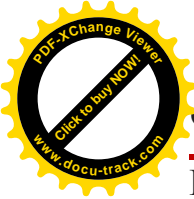
Une  $IC_{50}$  **basse** signifie que peu de substance suffit pour **inhiber 50 %** → **c'est plus efficace**.

Une  $IC_{50}$  **élevée** signifie qu'il faut plus de concentration pour avoir le même effet → **c'est moins efficace**.



**Figure 13** : des colonnes graphiques comparative de  $IC_{50}$  pour les 3 régions et l'acide ascorbique





#### IV.4 Comparaison de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles selon les régions

Les résultats obtenus pour l'IC<sub>50</sub> indiquent une variation significative du pouvoir antioxydant des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* selon leur origine géographique. L'huile issue de Tissemsilt a montré l'IC<sub>50</sub> la plus faible (**0,49** mg/ml), ce qui reflète une meilleure activité antioxydante, bien qu'inférieure à celle de l'acide ascorbique (**0,45** mg/ml), utilisé comme témoin positif.

L'huile de Sidi Rached a présenté une activité comparable, avec un IC<sub>50</sub> de **0,50** mg/ml. En revanche, l'huile de Khems Nakhlat a révélé un IC<sub>50</sub> plus élevé (**0,57** mg/ml), traduisant une capacité antioxydante plus faible par rapport aux deux autres régions.

Cette variabilité pourrait s'expliquer par des différences dans la composition chimique des huiles essentielles, influencée par les conditions édapho-climatiques, la génétique locale, ou encore le stade de maturation des plantes lors de la récolte.

Ces données suggèrent que l'origine géographique joue un rôle déterminant dans l'efficacité antioxydante des huiles essentielles de *F. vulgare*, et que celles issues de Tissemsilt et Sidi Rached pourraient être privilégiées pour des applications pharmacologiques ou agroalimentaires à visée antioxydante.

## IV.5 Résultats de l'activité anti-oxydante par la méthode de FRAP

- L'évaluation du pouvoir antioxydant des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* a été réalisée à l'aide de la méthode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), mesurée à 700 nm

### IV.5.1 C'est quoi le FRAP ?

- FRAP = Ferric Reducing Antioxidant Power
- En français : Pouvoir antioxydant de réduction du fer.
- C'est une méthode qui sert à mesurer l'activité antioxydant d'un extrait végétal, comme une huile essentielle.

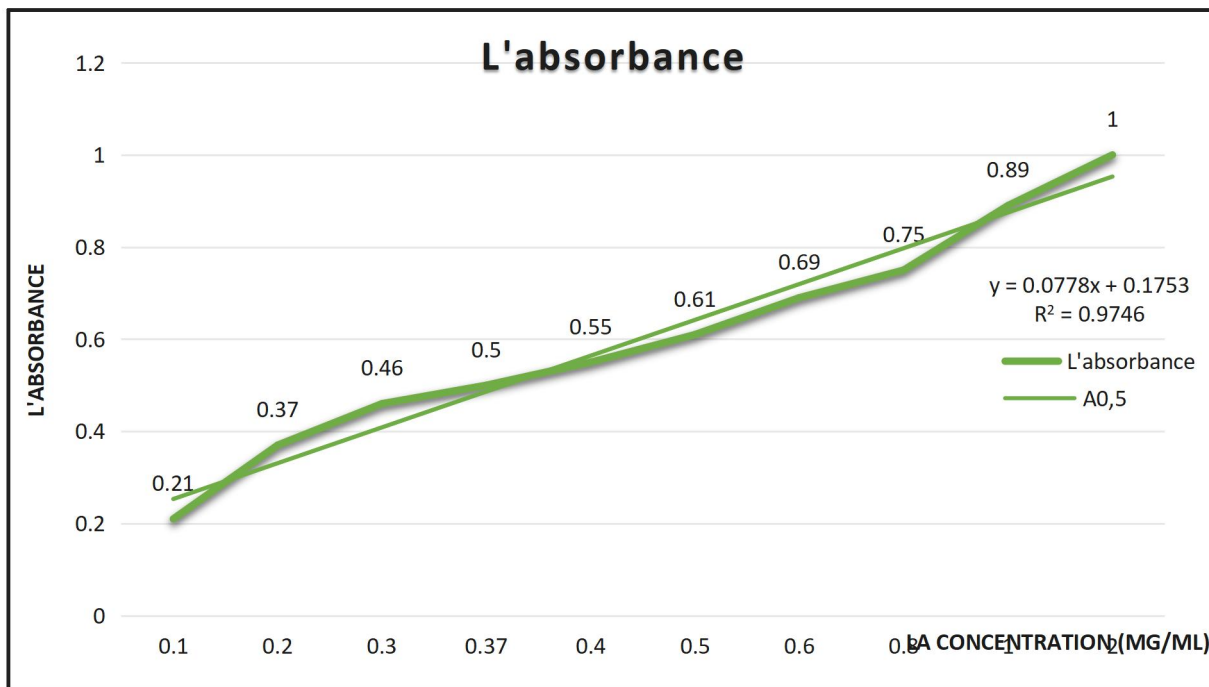
### IV.5.2 Principe de la méthode FRAP

- La méthode repose sur une réaction chimique simple :
- Des antioxydants = des molécules qui donnent des électrons
- Quand tu ajoutes ton extrait (huile essentielle) à un mélange contenant du fer ( $\text{Fe}^{3+}$ ),
- Si ton extrait est antioxydant, il va réduire ce fer  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ .
- Quand la réduction a lieu → ça forme une couleur bleue
- Ce complexe  $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ a une couleur bleue mesurable avec un spectrophotomètre à 700 nm.
- Plus la couleur est foncée (absorbance élevée), plus l'activité antioxydant est forte.

L'absorbance des huiles selon les régions

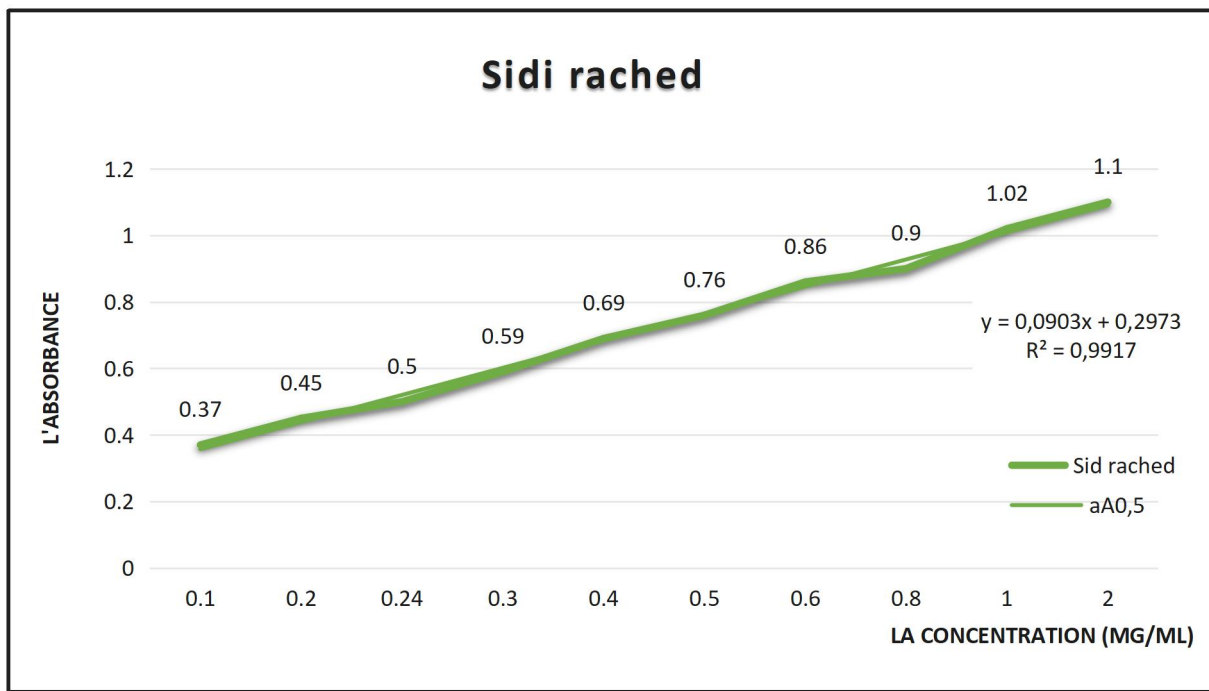


## 1) khems nakhlal



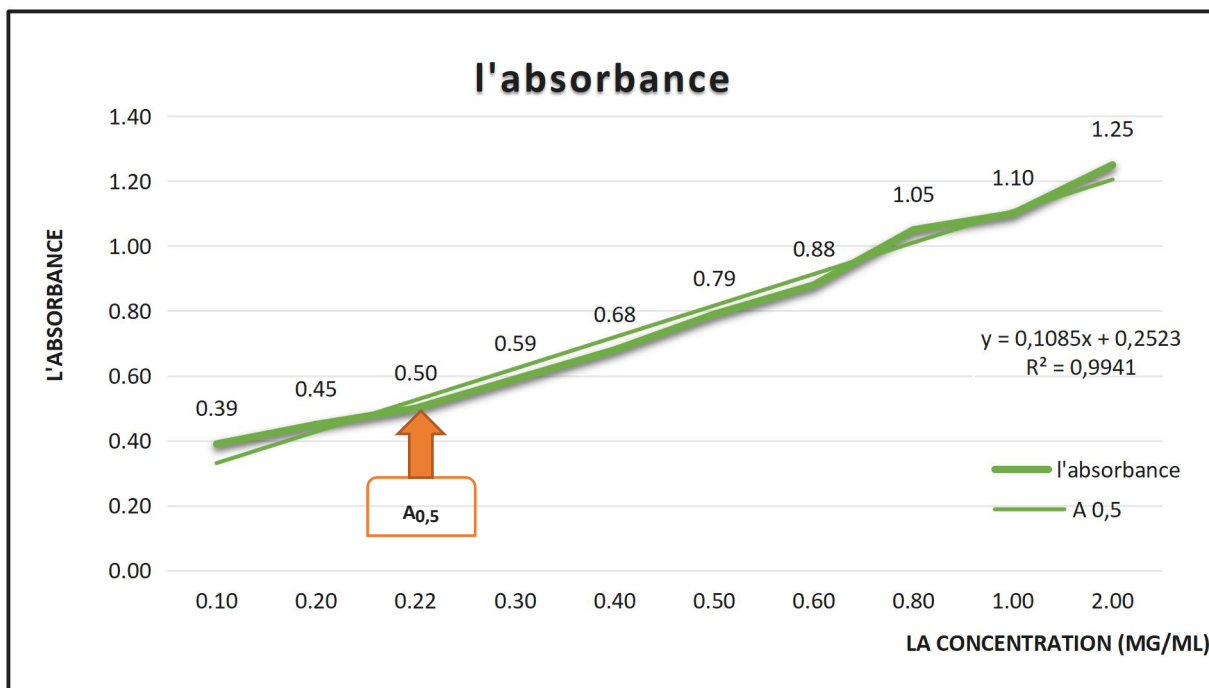
**Figure 14** : courbe de l'absorbance (frap) et la valeur de A0,5 d'huile de fenouil vulgare région de Blida (khames nakhelat)

## 2) Sidi-rached



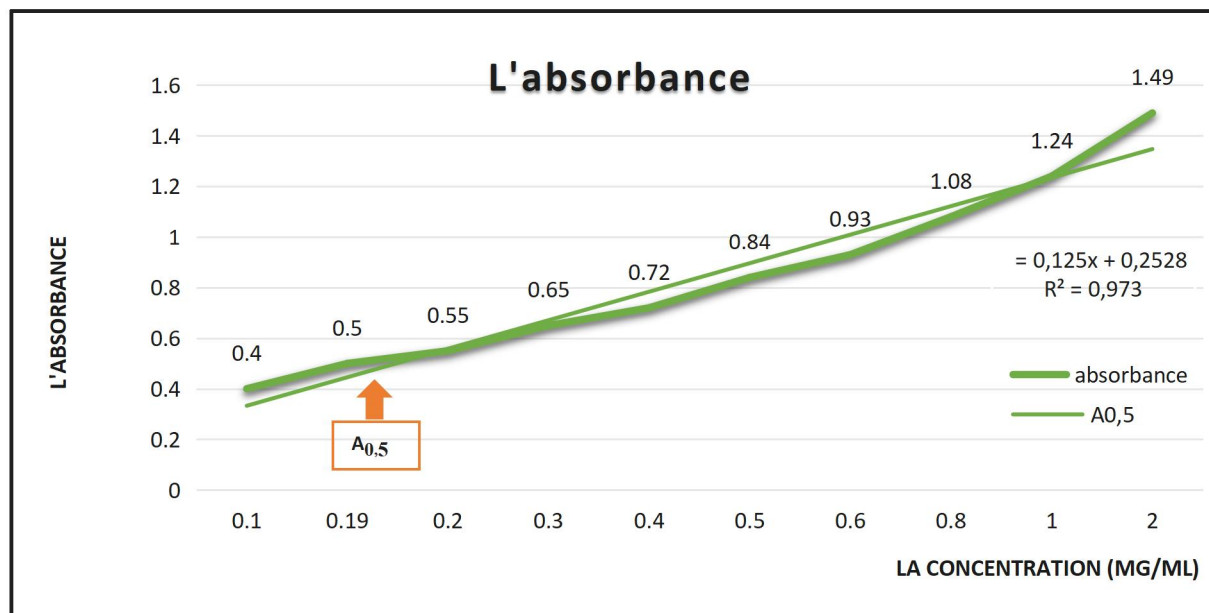
**Figure 15** : courbe de l'absorbance (frap) et la valeur de A0,5 d'huile de fenouil vulgare région de Bli

3) Tissemsillet



**Figure 16:** courbe de l'absorbance (FRAP) et la valeur de A0,5 d'huile de fenouil vulgare région de Tissemsillet

4) Acide ascorbique



**Figure 17 :** courbe de l'absorbance (FRAP) et la valeur de A0,5 d'huile de fenouil vulgare d'acide ascorbique

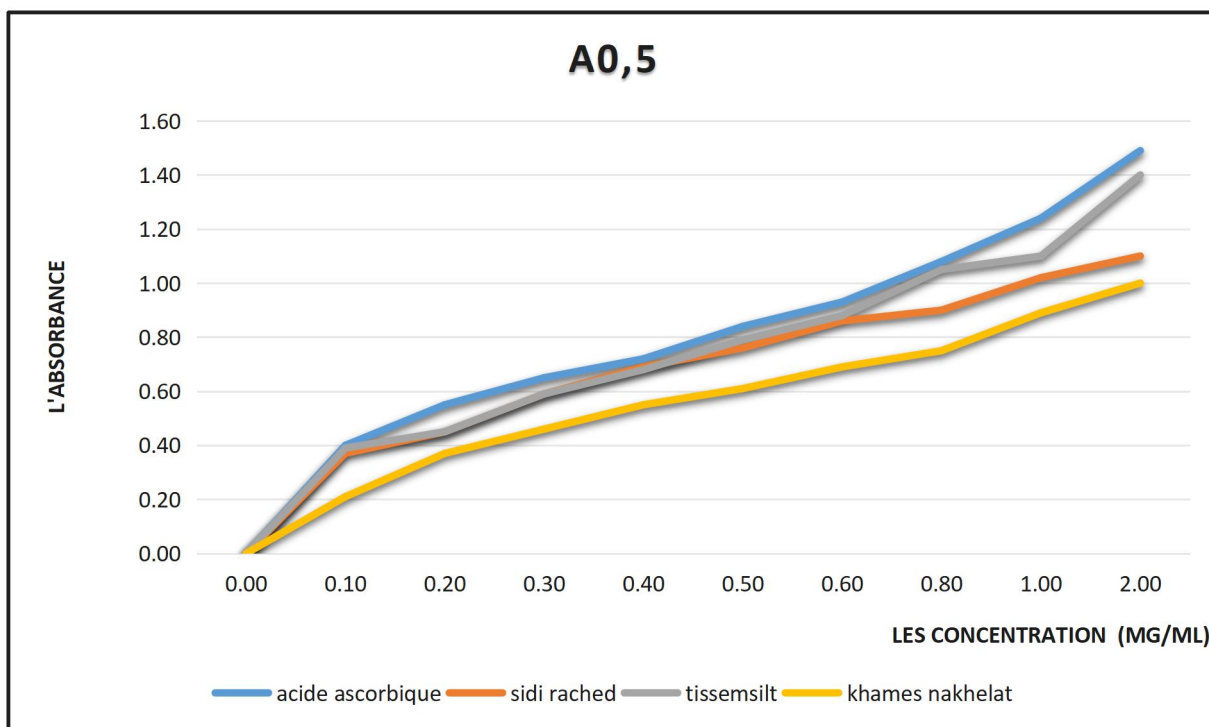


Figure 18 une courbe comparative de l'absorbance pour les 3 régions et l'acide ascorbique

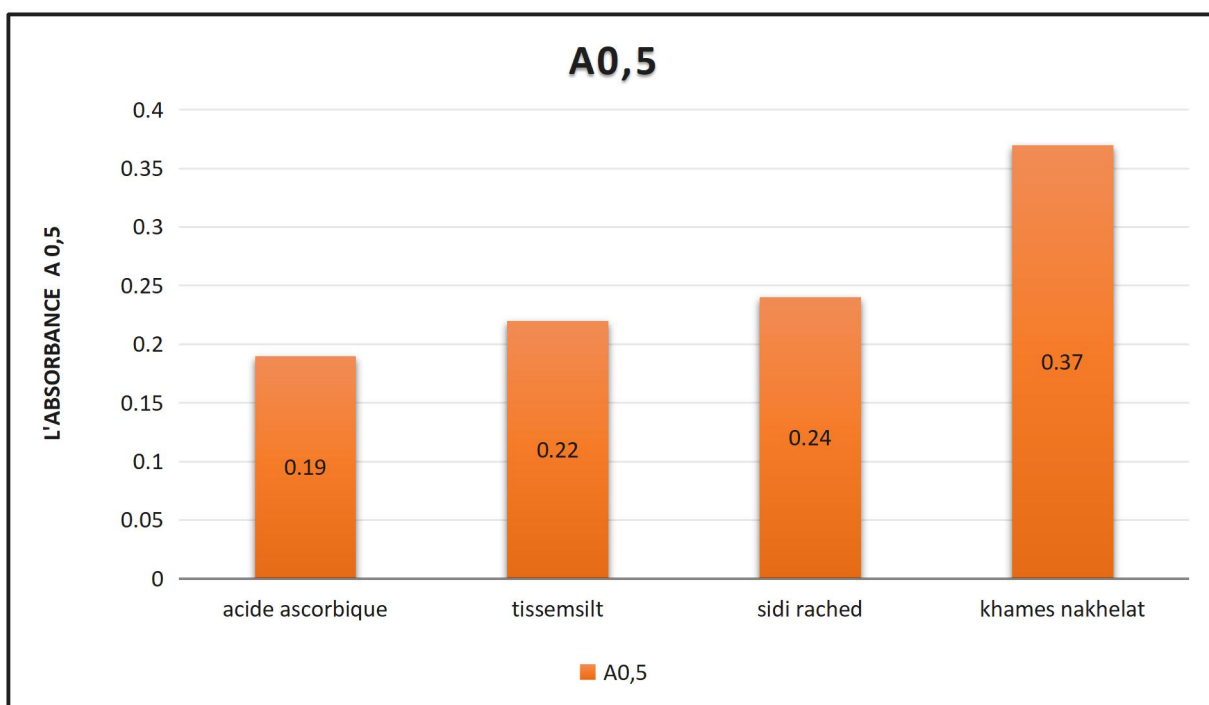
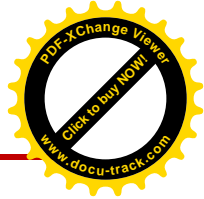
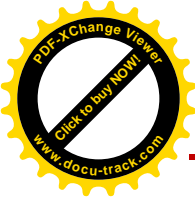


Figure 19 : des colonnes graphiques comparative de A0,5 pour les 3 régions et l'acide ascorbique



## IV.6 Comparaison des résultat

### Comparaison de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles selon les régions

L'évaluation de l'activité antioxydant des huiles essentielles extraites du fenouil sauvage (*Foeniculum vulgare*) a été réalisée par la méthode [FRAP/DPPH] \*, en comparant les concentrations nécessaires pour atteindre une absorbance de 0,5, en référence à l'acide ascorbique comme témoin positif. Les résultats obtenus révèlent des variations notables selon la provenance géographique des échantillons.

L'acide ascorbique, utilisé comme standard antioxydant, a présenté une absorbance de 0,19, confirmant sa forte capacité réductrice. Parmi les huiles essentielles étudiées, celle issue de la région de Tissemsilt a montré la meilleure activité antioxydant ( $A = 0,22$ ), suivie de celle de Sidi Rached ( $A = 0,24$ ), traduisant une activité modérée à élever. En revanche, l'huile essentielle extraite de la région de Khames Nakhelat a affiché une absorbance plus élevée ( $A = 0,37$ ), indiquant une efficacité antioxydant plus faible.

Ces résultats suggèrent que la composition chimique des huiles essentielles de fenouil sauvage varie selon l'origine géographique, influençant directement leur potentiel antioxydant. Des facteurs environnementaux tels que le sol, le climat et les conditions de croissance pourraient expliquer ces différences d'activité, en agissant sur la biosynthèse des composés phénoliques et terpéniques responsables de l'effet antioxydant.

## Conclusion :

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales suscitent un intérêt croissant en raison de leurs propriétés biologiques variées, notamment leurs vertus antioxydants, antimicrobiennes et anti-inflammatoires. Ces propriétés leur confèrent un rôle potentiel dans la prévention de nombreuses maladies chroniques telles que les cancers, les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives et métaboliques (**Gurib-Fakim, 2006 ; Girodon et Al., 2010**). L'huile essentielle, en tant que produit naturel riche en métabolites secondaires, représente ainsi une alternative prometteuse aux traitements chimiques souvent associés à des effets secondaires indésirables (**Bahorun et Al., 2004**).

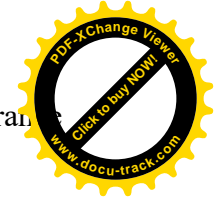
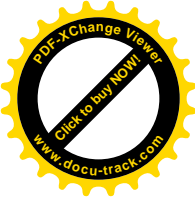
C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude, qui s'est intéressée à l'évaluation de l'activité antioxydant de l'huile essentielle extraite de *\*Foeniculum vulgare\**, plante aromatique répandue en Algérie, mais peu étudiée localement. Le matériel végétal a été prélevé dans trois régions différentes : Blida, Tipaza et Tissemsilt. L'extraction a été réalisée par distillation à la vapeur d'eau, et deux méthodes complémentaires ont été utilisées pour évaluer l'activité antioxydant : le test DPPH et le test FRAP, avec l'acide ascorbique comme témoin positif.

Les résultats obtenus ont montré que l'activité antioxydant varie selon la provenance géographique des plantes. L'huile essentielle de Tissemsilt a présenté le plus fort pouvoir antioxydant ( $IC_{50} = 0,49$  mg/ml), suivie de près par celle de Sidi Rached (0,50 mg/ml), tandis que l'échantillon de Blida affichait une activité plus faible (0,57 mg/ml). Ces différences peuvent être attribuées à la variabilité de la composition chimique en composés phénoliques et flavonoïdes, influencée par les conditions édapho-climatiques et le stade de développement des plantes (Simirgiotis et al., 2015).

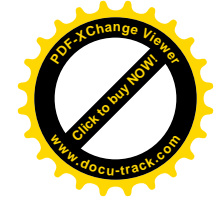
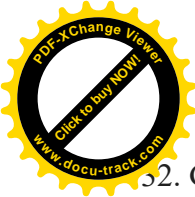
Les huiles essentielles de *\*Foeniculum vulgare\**, notamment celles issues de Tissemsilt et Sidi Rached, présentent un potentiel antioxydant prometteur pouvant être valorisé dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique. Ces résultats encouragent à poursuivre les recherches pour isoler et caractériser les composés actifs responsables de cette activité et à évaluer leur efficacité dans des conditions biologiques réelles.

## Référence

1. AFNOR. (2000). Huiles essentielles : Monographies relatives aux huiles essentielles. Paris : AFNOR, pp. 23–26.
2. Alarcon, J., El-Hafidi, M., Céspedes, C. L., & Pavon, N. (2008). Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry *Aristotelia chilensis* (Elaeocarpaceae), Maqui. *Food Chemistry*, 107(2), 820–829.
3. Alcaraz. (1983). La Tétraclinée sur terre rosa en sous-étage sub-humide inférieur chaud en Oranie (ouest algérien). *Ecologia Méditerranéa*, 9(2), 110–131.
4. Anton, R., & Lobstein, A. (2005). Plantes aromatiques : Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris.
5. AZEVEDO, N. R., Campos, I. F., Ferreira, H. D., Prtes, T. A., Santos, S. C., Seraphin, J. C., Paula, J. R., & Ferri, P. H. (2001). Chemical variability in the essential oil of *Hyptis suaveolens*. *Phytochemistry*, 57(5), 733–736.
6. Baborun, T., Luximon-Ramma, A., Crozier, A., & Aruoma, O. I. (2004). Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12), 1553–1561.
7. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
8. Beck, L. Y. (2005). *Pedanius Dioscorides of Anazarbus: De Materia Medica*. Olms-Weidmann.
9. Bekhchi, C., & Abdelouahid, D. (2014). Les huiles essentielles (Mémoire de fin de cycle universitaire). Alger : L'Office des Publications, p. 55.
10. Benayad, N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : Moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées, p. 63.
11. Boz, I., Burzo, I., Zamfirache, M., Toma, C., & Padurariu, C. (2009). Glandular trichomes and essential oil composition of *Thymus pannonicus* All. (Lamiaceae), pp. 36–39.
12. Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., & Anackov, G. (2006). Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp. 18–22.
13. Bruneton, J. (1993). *Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales* (2e éd.). Paris : Lavoisier, pp. 915.
14. Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales*. Paris : Lavoisier, pp.

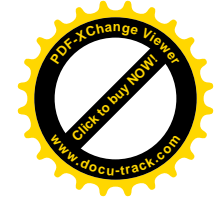
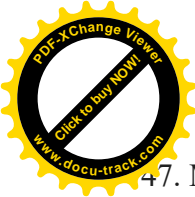


15. Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.
16. Charles, P. (2014). Les huiles essentielles et leur expérimentation dans les services hospitaliers de France : Exemples d'application en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs (Thèse de doctorat en pharmacie). Université de Lorraine, France.
17. Dash, B. (1994). *Materia Medica of Ayurveda*. Concept Publishing Company.
18. Debuigne, G., & Couplan, F. (2009). *Petit Larousse des plantes médicinales*. Paris : Larousse, p. 79.
19. Degryse, A. C., Delpla, I., & Voinier, M. A. (2008). Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Phytothérapie*, pp. 87.
20. Dupont, F., & Guignard, J. (2012). *Les familles de plantes*. Elsevier Masson, pp. 266–267.
21. Ernst, D. (1989). Biotechnology in agriculture and forestry: Medical and aromatic plants II. In Y. P. S. Bajaj (Ed.), *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 7, 381–397.
22. Formacek, V., & Kubeczka, K. H. (1982). *Essential oils analysis by capillary gas chromatography and carbon-13 NMR spectroscopy*. New York: John Wiley and Sons.
23. Fuchs, L. (1542). *De Historia Stirpium Commentarii Insignes*.
24. Gaertner, S. (2005). Le fenouil commun capillacé, *Foeniculum vulgare* (Miller sp. *Capillaceum* Gilib). In R. Fritsch (Ed.), *Botanique*, pp. 14–32.
25. Garnéro, J. (1996). *Huiles essentielles. Techniques de l'Ingénieur, Traité Constantes physicochimiques*, p. 16.
26. Garnier, G., Bezanger, D. L., & Debraux, G. (1961). *Ressources médicinales de la flore française (Tome II)*. Paris : Vigot Frères, pp. 900–902.
27. Gattefossé, R.-M. (1937). *Aromathérapie : Les huiles essentielles, hormones végétales*. Paris : Librairie des Sciences Pharmaceutiques.
28. Girodon, F., Galan, P., Monget, M. C., et al. (2010). Impact of trace elements and vitamin supplementation on immunity and infections in institutionalized elderly patients: A randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 159(7), 748–754.
29. Grieve, M. (1995). *Modern Herbal*. Electric Newt Editions.
30. Gulfraz, M., Mehmood, S., Minhas, N., Jabeen, N., Kausar, R., Jabeen, K., & Arshad, G. (2008). Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare*.
31. *African Journal of Biotechnology*, 7(24), 4364–4368.

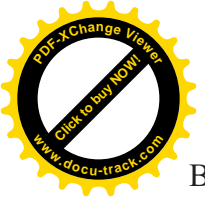


32. Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*, 27(1), 1–93
33. Hazzit, M. (2002). *Arômes alimentaires*. Alger, p. 96.
34. Hendawy, S., & Ezz El-Din, A. (2010). Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. *azoricum* as influenced by some vitamins and amino acids. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(3), 113–122.
35. ISO. (1997). *Norme ISO 9235 : Matières premières d'origine naturelle*. Genève : Organisation internationale de normalisation, p. 42.
36. Joualt, S. (2012). *La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité (Mémoire de fin d'études)*.
37. Kaur, G., & Arora, D. (2010). Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2(2), 87–94.
38. Kjeldahl, J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischem Korpon. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22, 366–382.
39. Lazouni, H., Benmansour, A., Taleb-Bendiab, S., & Chabane, D. (2007). Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill. *African Journal of Food Science*, 1(2), 7–12.
40. Lawrence, B. M. (1980). The existence of intraspecific differences in the Labiatae family. In *Proceedings of the VII International Congress of Essential Oils (Cannes)*, pp. 118–123.
41. Lim, T. (2013). *Edible medicinal and non-medicinal plants*. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, p. 29.
42. Lopez, P., Sanchez, C., Batlle, R., & Nerín, C. (2005). Solid and vapor-phase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected foodborne bacterial and fungal strains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17), 6939–6946.
43. Lucchesi, M. E. (2005). *Extraction sans solvant assistée par micro-ondes : Conception et application à l'extraction des huiles essentielles (Thèse de doctorat)*, p. 25.
44. Mann, J. (1987). *Secondary metabolism*. Oxford University Press, p. 78.
45. Marotti, M., Dellacecca, V., Piccaglia, R., & Giovanelli, E. (1993). Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. *Acta Horticulturae*, 331, 63.
46. McGarvey, D. J., & Croteau, R. (1995). Terpenoid metabolism. *The Plant Cell*, 7(7), 1015–1026.





47. Mifsud, S. (2022). *Foeniculum vulgare* subsp. *piperitum* – datasheet created on Aug-2019. MaltaWildPlants.com.μ
48. Mifsud, S. (2022). *Foeniculum vulgare* subsp. *vulgare* – datasheet created on Dec-2007. MaltaWildPlants.com.
49. Nasr, S. H. (2006). *Science and civilization in Islam*. Harvard University Press.
50. Neffati, A. (2010). Étude de la composition chimique et évaluation d'activités biologiques de l'huile essentielle d'une Apiaceae de Tunisie, p. 215.
51. Nouioua, W. (2012). Biodiversité et ressources phytogénétiques d'un écosystème forestier (Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas - Sétif), Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes.
52. Ntezurubanza, L. (2000). *Essential oils of Rwanda*. Canada, p. 24.
53. Peterson, L., & Menary, R. (1996). *Essential oils of Tasmania*. LUT University, Australia.
54. Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome II). Paris : Éditions du CNRS.
55. Rather, M. A., Dar, B. A., Sofi, S. N., Bhat, B. A., & Qurishi, M. A. (2012). *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 46(1), 18–22.
56. Robert, S. (2000). *Chimie d'appoint*, CHM-1010. Université du Québec à Trois-Rivières, Département de chimie-biologie.
57. Rouessac, F., Rouessac, A., & Brook, S. (2007). *Chemical analysis: Modern instrumentation methods and techniques*. John Wiley & Sons, p. 31.
58. Simirgiotis, M. J., Quispe, C., & Bórquez, J. (2015). Phenolic compounds in Chilean native plants: Insights into chemistry and bioactivity. *Molecules*, 20(5), 9352–9393.
59. Small, E., & Catling, P. M. (2000). *Les cultures médicinales canadiennes*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, p. 36.
60. Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, Article ID 3012462.
61. Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques : Épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris : Lavoisier, p. 60.
62. Toninolli, F., & Meglioli, V. (2013). *Huiles essentielles : L'encyclopédie*. Djudena, France, p. 600.
63. Touwaide, A. (2021). *The Ebers Papyrus: A new English translation, commentaries and glossaries*.



Brill.

64. Vienna, C., Bauer, R., Carle, R., Tedesco, D., Tubaro, A., & Zitterl-Eglseer, K. (2005). Assessment of plants/herbs, plant/herb extracts and their naturally or synthetically produced components as “additives” for use in animal production, p. 297.
65. Vogel, G., & Angermann, H. (1998). Atlas de la biologie. Encyclopédies d’aujourd’hui, la photothèque. Librairie Générale Française / Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH, Munich.
66. Wichtl, M., & Anton, R. (2003). Plantes thérapeutiques : Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Paris : Lavoisier, p. 28.

## Les tableaux des résultats de l'activité anti-oxydante par le test DPPH

1) khems nakhlat : Contrôle : 0.3031

**Tableau N° 6** : L'absorption de DPPH pour la région de khames nakhelat (Blida)

Concentration (mg/ml)	L'absorption de dpph
0.1	0.2301
0.2	0.2099
0.3	0.1901
0.4	0.1790
0.5	0.1622
0.6	0.1461
0.8	0.1300
1	0.1012
2	0.0790

2) Sidi rached : Le control : 0.5431

**Tableau N° 7**: L'absorption de dpph pour la région de sidi rached (tipaza )

Concentration	L'absorption de dpph
0,1	0.4090
0,2	0.3921
0.3	0.3415
0.4	0.2990
0.5	0.2709
0.6	0.2532
0.8	0.2100
1	0.1915
2	0.1633

### 3) Tissemsilt: Contrôle 0.2280

**Tableau 8:** L'absorption de dpph pour la région de tissemsilt

Concentration	L'absorption de dpph
0,1	0.1676
0,2	0.1596
0.3	0.1506
0.4	0.1356
0.5	0.1155
0.6	0.0806
0.8	0.0691
1	0.0517
2	0.0413

### 4) Acide ascorbique Contrôle : 0.6017

**Tableau 9** L'absorption de DPPH d'acide ascorbique

Concentration	L'absorption de DPPH
0.1	0.4491
0.2	0.4312
0.3	0.4005
0.4	0.3962
0.5	0.2648
0.6	0.2201
0.8	0.2086
1	0.2037
2	0.1388

1) **khems nakhlal : Contrôle : 0.3031**

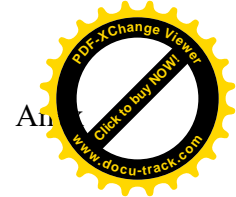
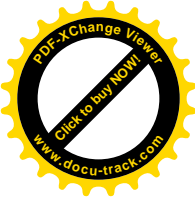
**Tableau 10** : le pourcentage d'inhibition pour la région de khames nakhelat (

Concentration	Inhibition %
0.1	24.08
0.2	30.74
0.3	37.28
0.4	41.93
0.5	46.48
0.6	51.79
0.8	57.10
1	66.61
2	73.93

2) **Sidi rached : Le control : 0.5431**

**Tableau 11** le pourcentage d'inhibition pour la région de sidi rached (Tipaza )

Concentration	Inhibition %
0,1	24.96
0,2	27.80
0.3	37.12
0.4	40.94
0.5	50.11
0.6	53.37
0.8	61.33
2	64.73
1	69.93



### 3) Tissemsilt: Contrôle 0.2280

**Tableau 12** : le pourcentage d'inhibition pour la région de tissemsilte

Concentration	Inhibition %
0,1	26.49
0,2	30.00
0.3	33.94
0.4	40.52
0.5	51.65
0.6	61.64
0.8	69.69
1	77.32
2	81.88

### 4) Acide ascorbique Contrôle : 0.6017

**Tableau 13** : le pourcentage d'inhibition pour l'acide ascorbique

Concentration	Inhibition %
0.1	25.36
0.2	28.33
0.3	33.43
0.4	34.15
0.5	55.99
0.6	63.42
0.8	65.33
1	66.14
2	76.38

❖ Résultats de l'activité anti-oxydante par la méthode de FRAP

1) khems nakhlat: Contrôle 0.3232

**Tableau 14:** L'absorption de FRAP pour la région de khems nakhlat

Concentration	L'absorption
0,1	0.2170
0,2	0.3756
0.3	0.4621
0.4	0.5536
0.5	0.6157
0.6	0.6980
0.8	0.7573
1	0.8932
2	1.0075

2) Sidi-rached : Contrôle 0.3232

**Tableau 15 :** L'absorption de FRAP pour la région de sidi-rached

Concentration (mg/m)	L'absorption
0,1	0.3712
0,2	0.4535
0.3	0.5913
0.4	0.6904
0.5	0.7677
0.6	0.8696
0.8	0.9009
1	1.0244
2	1.1012

5) Tissemsillet : Contrôle 0.3232

Tableau 16 : L'absorption de FRAP pour la région de tissemsillet

Concentration	L'absorption
0,1	0.3948
0,2	0.4520
0.3	0.5952
0.4	0.6886
0.5	0.7969
0.6	0.8888
0.8	1.0537
1	1.1060
2	1.4046

6) Acide ascorbique : Contrôle 0.3232

Tableau 17 : L'absorption de FRAP pour la région d'acide ascorbique

Concentration	L'absorption
0,1	0.4050
0,2	0.5561
0.3	0.6528
0.4	0.7214
0.5	0.8477
0.6	0.9399
0.8	1.0818
1	1.2401
2	1.4920



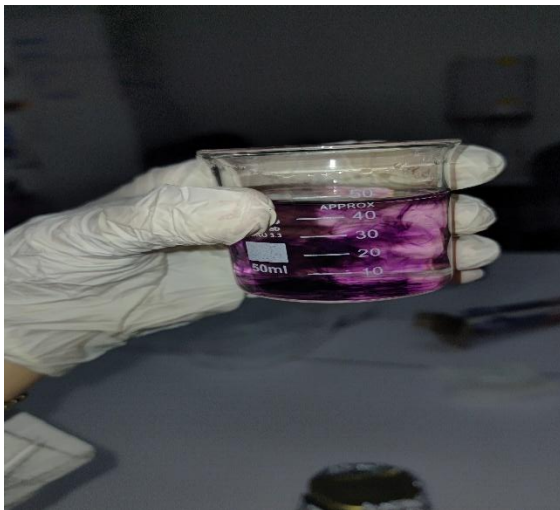


Figure 20 Solution ( DPPH + méthanol)



Figure 21 Agitateur magnétique chauffant ARE



Figure 22le spectromètre

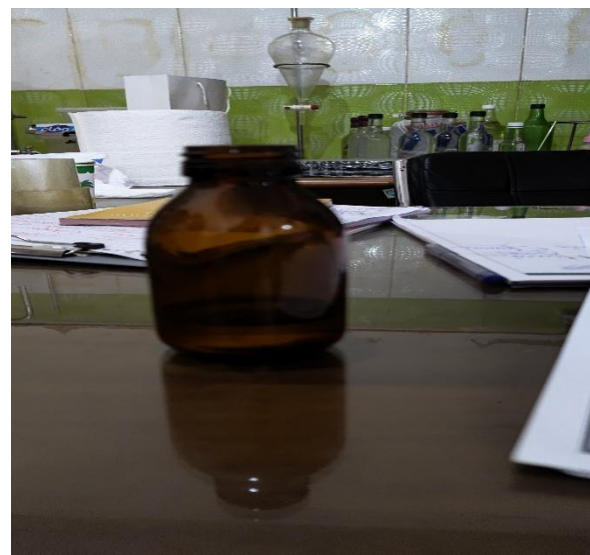


Figure 23 les flacons de conservations



Figure 24 : 25 KG de fenouil



Figure 25 résultats de dpph



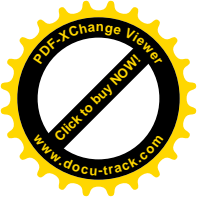
Figure 26 résultats de FRAP sans la solutin de chlorrure ferrique

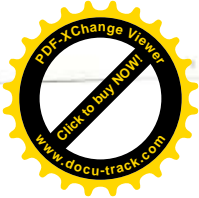
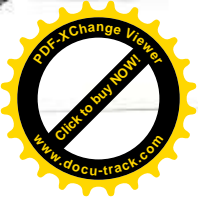


Figure 27 résultats de FRAP après le chlorrure ferrique









République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biotechnologie et Agro-écologie

**Domaine:** Science de la Nature et de la Vie

**Filière:** Sciences Agronomiques

**Spécialité:** Système de production Agro-écologique

**Mémoire de fin d'étude**

En Vue de l'obtention du diplôme en Master Académique

**THEME**

**Étude des activités biologiques des huiles essentielles  
de *Foeniculum vulgare* (fenouil sauvage)  
récolté dans trois régions de l'Algérie**

**Préparé par:**

SALMI Chafiaa

BOURAHLA Hadil

BRAHMI Abdelkarim

CHeloufi  
SA

**Devant le jury:**

Dr. ABBAD M.	MCA (U. Blida 1)	Président
Dr. MOUAS Y.	MCA (U. Blida1)	Promotrice
Mr. CHIKHI H.	Responsable BIOEXTRALPAMAL	CO- promoteur
Dr. CHELOUFI R.	MCB (U.Blida1)	Examineur
Melle BOUKEROUI N.	Doctorante (U. Blida1)	Membre invitée