



République Algérienne Démocratique et populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ibn KHALDOUN-Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Mastère académique

Domaine : Science de la Nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Génétiques Moléculaires et amélioration des plantes

Présente par :

KALAKHI NABILA

ZERGUERRAS MERIEM

OUJDI NOORHANE

Thème :

Evaluation comparative du rendement d'extraction, de la composition chimique et de l'activité biologique d'une plante médicinale issue de deux régions géographiques distinctes.

Soutenu publiquement : 26/06/2025

jury :

Présidente : Dr. Mokhfi.F.Z M.C.A Univ. Tiaret

Encadrant : Dr. Chelef.M M.C.B ESA. Mostaganem

Examinatrice : Dr. Bouzid. A M.C.A Univ. Tiaret

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Nos remerciements vont d'abord à ALLAH tout-puissant de nous avoir donné la patience de réaliser ce modeste travail.

Nos remerciements vont à notre directrice de mémoire Dr. CHELF MOKHETARIA, pour avoir dirigé notre travail de recherche.

Nous lui sommes extrêmement reconnaissants pour ses conseils judicieux et nos plus vifs remerciements pour son dynamisme, son soutien, ses conseils et sa confiance qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury

Dr. Mokhfi. F. Z

Dr. Bouzid. A

Nos sincères remerciements et gratitude s'adressent à tous les enseignants de la spécialité Génétiques Moléculaires et amélioration des plantes.

Nous témoignons nos gratitude à l'ensemble de l'équipe du laboratoire de faculté

SNV

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, ma mère

Et mon père pour leurs sacrifices et leurs soutiens tout au

Long de mes études.

⌘ A mes sœurs : KHADIDJA ET RANIA

⌘ A mes frères : HAMID REDHA ET ZAKARIA

⌘ A mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de

mon Coursus à l'université.

Nabila

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, ma mère

Et mon père pour leurs sacrifices et leurs soutiens tout au

Long de mes études.

⌘ A ma sœur : MOUNA

⌘ A mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de mon Coursus à

l'université.

Meriem

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, ma mère

Et mon père pour leurs sacrifices et leurs soutiens tout au

Long de mes études.

⌘ A mes sœurs

⌘ A mes frères

⌘ A mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de

mon Coursus à l'université.

Norhan

Résumé :

Cette étude vise à évaluer l'influence de l'origine géographique sur le rendement d'extraction, la composition phytochimique et l'activité biologique de la plante médicinale *Marrubium vulgare L.*, récoltée dans deux régions d'Algérie : Tiaret et Aïn Témouchent. Le travail s'articule autour de deux axes principaux : la comparaison des rendements d'extraction aqueuse et éthanolique, et l'évaluation de l'effet répulsif et push-pull des extraits de la plante contre les larves de *Trogoderma granarium*, un ravageur majeur des denrées stockées.

Les résultats ont montré une variation des rendements en fonction du solvant et de la région. Les rendements d'extraction aqueuse étaient de 13 % à Tiaret et de 16 % à Aïn Témouchent, tandis que les rendements éthanoliques étaient respectivement de 2,4 % et 6,79 %. Le criblage phytochimique a révélé la présence de plusieurs composés bioactifs comme les flavonoïdes, tanins, alcaloïdes, saponines, coumarines, quinones, terpénoïdes et composés réducteurs, avec des différences notables selon le type d'extrait.

Les deux extraits ont montré une forte activité répulsive, atteignant 86,67 % à une concentration de 500 ppm. Par ailleurs, l'effet push-pull a augmenté avec le temps, avec un effet plus marqué de l'extrait aqueux d'Aïn Témouchent (86,67 %) comparé à celui de Tiaret (63,33 % après 24h), soulignant l'impact des facteurs environnementaux et de la diversité génétique sur l'accumulation et l'efficacité des métabolites secondaires.

Ces résultats confirment le potentiel prometteur du *Marrubium vulgare L.* comme source naturelle de biopesticides et l'importance du choix de la région et de la méthode d'extraction pour valoriser ses propriétés biologiques.

Mots-clés : *Marrubium vulgare*, *Trogoderma granarium*, extraction aqueuse et éthanolique, activité répulsive, effet push-pull, criblage phytochimique.

Abstract

This study aims to evaluate the influence of geographical origin on the extraction yield, phytochemical composition, and biological activity of the medicinal plant *Marrubium vulgare* L, collected from two regions in Algeria: Tiaret and Aïn Témouchent.

The work is structured around three main axes: the comparison of aqueous and ethanolic extraction yields, the comparison of biomolecule composition, and the evaluation of the repellent and push-pull effects of the plant extracts against larvae of *Trogoderma granarium*, a major pest of stored products.

The results showed variation in extraction yields depending on the solvent and the region. The extraction yields of aqueous and ethanolic fractions from plant material collected in Tiaret and Aïn Témouchent were respectively: 13% and 6.79%, and 16% and 2.4% for Tiaret. Phytochemical screening revealed the presence of several bioactive compounds such as flavonoids, tannins, alkaloids, saponins, coumarins, quinones, terpenoids, and reducing compounds, with notable differences depending on the type of extract.

Both extracts exhibited strong repellent activity, reaching 86.67% at a concentration of 20%. Moreover, the push-pull activity showed a time-dependent effect, more pronounced in the aqueous extract from Aïn Témouchent (86.67%) compared to Tiaret (63.33%) after 24 hours of exposure, highlighting the impact of environmental factors and genetic diversity on the accumulation and effectiveness of secondary metabolites.

These findings confirm the promising potential of *Marrubium vulgare* L as a natural source of biopesticides and underscore the importance of region selection and extraction method to enhance its biological properties.

Keywords: *Marrubium vulgare* L, *Trogoderma granarium*, phytochemical screening, repellent activity, push-pull effect.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الأصل الجغرافي على مردودية الاستخلاص، والتركيب الفيتوكيميائي، والنشاط البيولوجي للنبتة الطبية *vulgare* *Marrubium* التي تم جمعها من منطقتين في الجزائر: تيارت وعين تمبوكتنت

ينقسم هذا العمل إلى ثلاثة محاور رئيسية: مقارنة مردودية الاستخلاص المائي والإيثانولي، مقارنة محتوى المركبات الحيوية، وتقييم التأثير الطارد وتأثير "الدفع-الجذب" (push-pull) "المستخلصات النبتة ضد يرقات *Trogoderma granarium*، وهو أحد الآفات الرئيسية للمواد المخزنة.

أظهرت النتائج وجود تباين في المردودية حسب نوع المذيب والمنطقة لغت نسب الاستخلاص للكسور المائية والإيثانولية للمادة النباتية المجمعة من تيارت وعين تمبوكتنت على التوالي: 31% و 9.6%، و 39% و 4.2% النسبة لتيارت.

كشفت الفحص الفيتوكيميائي عن وجود عدة مركبات نشطة بيولوجيًا مثل الفلافونويدات، التانينات، الفلوييدات، الصابونين، الكومارينات، الكينونات، التربينويدات، والمركبات المختزلة، مع فروقات ملحوظة حسب نوع المستخلص.

أظهر كلا المستخلصين نشاطًا طاردًا قويًا، بلغ 79.9% عند تركيز 42%. كما أظهر تأثير الدفع-الجذب علاقةً بالزمن، وكلما أكثر وضوحًا في المستخلص المائي للنبات من عين تمبوكتنت (79.9%) مقارنةً بتيارت (91.11%) بعد 42 ساعة من التعرض، مما يبرز تأثير العوامل البيئية والتنوع الوراثي على تراكم وفعالية المستقلبات الثانوية.

تؤكد هذه النتائج الإمكانات الواعدة لنبتة *Marrubium vulgare* كمصدر طبيعي للمبيدات الحيوية، كما تبرز أهمية اختيار المنطقة وطريقة الاستخلاص من أجل تثمين خصائصها البيولوجية.

الكلمات المفتاحية: *Marrubium vulgare*؛ *Trogoderma granarium*، الفحص الفيتوكيميائي، النشاط الطارد، تأثير الدفع-الجذب.

Table de matières

Remerciement.....	2
Dédicace.....	3
Résumé.....	6
Abstract	7
الملخص	8
Liste des abréviations.....	13
Liste des tableaux.....	14
Liste des figures.....	15
INTRODUCTION	17
Partie 1 : sunthèse bibliographique	3
CHAPITRE 01 : Généralité sur les plantes aromatiques et médicinales PAM.....	4
1. Définition des PAM.....	3
2. Importance économique et écologique des PAM.....	3
2.1. Economique	3
2.2. Ecologique.....	3
3. Utilisation traditionnelles et modernes des PAM	4
3.1. Médecine traditionnelle.....	4
4. Facteurs influençant la qualité des PAM (climat / sol/ génotype).....	5
4.1. Influence du Climat.....	5
4.2. Influence du Sol	5
4.3. Influence du Génotype	5
Chapitre 02 : La diversité génétique	6
5. Concept de diversité génétique.....	6
6. Définitions et types de diversité génétique.....	6
6.1. Définition de la diversité génétique.....	6
6.2. Types de diversité génétique	6
7. Importance de la diversité génétique dans la sélection des plantes	7
7.1. Amélioration des rendements et de l'adaptabilité	7
7.2. Résistance aux maladies et aux ravageurs	8
7.3. Adaptation aux changements climatiques	8
7.4. Optimisation des propriétés médicinales et nutritionnelles	8
7.5. Conservation et valorisation des savoirs traditionnels.....	8
8. Variabilité génétique et son influence sur le métabolisme des plantes	8
8.1. Les métabolites spécialisés, défenses chimiques des plantes:	9

8.2.	Diversité et variabilité du métabolisme spécialisé	9
Chapitre 03 : Effet de la diversité génétique sur le rendement d'extraction.....		10
9.	Méthode d'extraction des principes actifs des plantes.....	10
9.1.	Définition de l'extraction	10
10.	Les Méthodes d'extraction	10
10.1.	11.1 L'extraction par solvant	10
10.2.	L'extraction assistée par micro-ondes.....	10
10.3.	L'extraction liquide sous pression.....	10
10.4.	H'ydrodistillation	11
10.5.	Distillation	11
10.6.	L'hydro diffusion	11
10.7.	L'entraînement de la vapeur	12
11.	Définition des principes actifs	12
12.	Les facteurs influençant de la composition de rendement d'extraction	13
12.1.	Facteurs agronomiques.....	13
12.2.	Facteurs environnementaux	13
CHAPITRE 04 : Effet de la diversité génétique sur la composition chimique		14
13.	Principaux composés chimiques des PAM : Tableaun°01.....	14
14.	Variabilité chimique en fonction de l'origine géographique et du génotype.....	14
14.1.	Origine géographique	14
14.2.	Génotype.....	14
15.	Etude comparatives sur la composition chimique de plantes provenant de différentes régions	15
15.1.	Origanum glandulosum.....	15
15.2.	Lavandula stoechas L.	15
15.3.	Rosmarinus officinalis L	15
15.4.	Thymus capitatus (L.)	15
Chapitre 05 : Effet de la diversité génétique sur les propriétés biologiques		16
16.	Activité biologiques des PAM.....	16
16.1.	Activité antioxydante	16
16.2.	Activité antimicrobienne.....	16
16.3.	Activité anti-inflammatoire.....	16
16.4.	Activité contre le cancer	17
17.	Définition activité insecticide	17
17.1.	Relation entre la composition chimique et les effets biologique.....	17

18.	L'impact de la diversité génétique sur les propriétés biologique	18
Chapitre 06 : présentation de la plante étudié		20
19.	Nomenclature : tableau n°02	20
19.1.	Classification botanique : (<i>Tela botanique</i>) son présenté dans le tableau n°03.....	20
19.2.	Morphologie et Description.....	21
19.3.	La répartition géographique	21
19.4.	La composition chimique	21
20.	la toxicité	23
20.1.	Toxicité hépatique	23
20.2.	Effets cardiovasculaires	23
20.3.	Interactions médicamenteuses.....	23
21.	Activités biologiques de molécules actives de Marrubium vulgare	23
21.1.	Activités anti-oxydant	23
21.2.	Activités anti inflammatoire.....	23
21.3.	Activité antidiabétique.....	23
21.4.	Activité antimicrobienne.....	24
Chapitre 07 : Trogoderma Granarium		25
22.	Généralité	25
22.1.	Classification : selon (Everts, 1898), la classification est comme suit	25
22.2.	Cycle de vie	26
Chapitre 08 Matériel et méthode		29
23.	Objectif de travail.....	29
24.	Situation géographique de la zone d'étude.....	29
25.	Climatologie de la zone d'étude.....	31
25.1.	Station de mesure.....	31
26.	Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Tiaret	31
26.1.	Température moyenne à Tiaret.....	31
26.2.	Pluviométrie.....	32
26.3.	Précipitations	33
27.	Wilaya de Ain temouchent.....	34
27.1.	Caractéristiques climatiques générales de la wilaya d'Aïn Témouchent	34
27.2.	Températures moyennes à Aïn Témouchent	35
27.3.	Précipitation	36
28.	Matériel végétal utilisé.....	37
28.1.	La récolte.....	37

28.2.	Le séchage.....	37
28.3.	Broyage	38
29.	Préparation des extrais	38
29.1.	Extrait aqueux	38
29.2.	Extrait éthanolique.....	39
30.	Le rendement d'extraction.....	40
31.	Criblage phytochimique qualitatifs	40
32.	Le matériel animal.....	42
32.1.	L'élevage en masse	42
32.2.	Tests biologique	43
33.	L'évaluation de l'effet push-pull.....	45
Chapitre 09 Résultats et discussion		46
34.	Rendement d'extraction.....	46
35.	Screening phytochimique.....	49
36.	Evaluation de l'activité biologique de <i>M. vulgare</i>	53
36.1.	L'évaluation de l'effet répulsif de l'extrait aqueux de <i>M. vulgare</i> provenant de deux régions différentes	53
37.	Résultats d'évaluation de l'effet Pull-push	55
Conclusion		59
Perspectives		61
Références.....		62
Annexes.....		73

Liste des abréviations

HE : huiles essentielles

PAM : plantes aromatiques et médicinales

PA : plante aromatique

PM : plante médicinales

PPAM : plantes à parfum et aromatiques et médicinales

IG : l'indication géographique

R : rendement en HE en gr

Ph : poids de l'HE en gr

Pp : poids de la masse végétative en gr

NC : le nombre des larves présents sur la partie de disque traité uniquement avec l'eau distillé

NT : représente le nombre des larves présents sur la partie de disque traité avec les extraits

Pull : indique le nombre de larves sur les grains de blé traités avec attractif

Push : indique le nombre de larves sur les grains de blé traités avec répulsif

EAA : Extrait Aqueux de la matière sèche provenant d'Aïn T'émouchent

EEA : Extrait Ethanolique de la matière sèche provenant d'Aï T'émouchent

EAT : Extrait Aqueux de la matière sèche provenant de Tiaret

EET : Extrait Ethanolique de la matière sèche provenant de Tiaret

M : Masse en gramme de l'extrait sec résultant

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Principaux composés chimiques des PAM

Tableau 2 : Nomenclature de *M.vulgare L*

Tableau 3 : Classification botanique de *M. vulgare L*

Tableau 4 : Caractéristique de la station Chentouf-Ain Témouchent-

Tableau 5 : Classement de la répulsivité selon MCDONALD

Tableau 6 : Résultats du screening phytochimiques des feuilles de *M.vulgare* d'origine de Tiaret

Tableau 7 : Résultats du screening phytochimiques des feuilles de *M.vulgare* d'origine de Ain Témouchent

Liste des figures :

Figure 01 : Schéma de hydro distillation

Figure 02 : Schéma de hydro diffusion

Figure 03 : Schéma de l'entraînement à la vapeur

Figure 04 : Structure de l'alcaloïde

Figure 05 : Structure de flavonoïdes

Figure 06 : La feuilles – la racine et la fleur de *M.Vulgare L*

Figure 07 : Structure chimique de *M. Vulgare L*

Figure 08 : Infestation larvaire sur le grain de blé dur

Figure 09 : Œufs de *Trogoderma granarium*

Figure 10 : Nymphe de *Trogoderma granarium*

Figure 11 : La forme de femelle et male de *Trogoderma Granarium*

Figure 12 : Situation géographique de la zone Ouled Boughadou

Figure 13 : Situation géographique de la zone Chentouf

Figure 14 : Analyse climatique

Figure 15 : Température moyenne minimale et maximale à Tiaret

Figure 16 : La pluviométrie à Tiaret

Figure 17 : La précipitation à Tiaret

Figure 18 : Météo mensuelle pour Ain Témouchent

Figure 19 : Température moyenne maximale et minimale à Ain Témouchent

Figure 20 : Probabilité de précipitation quotidienne à Ain Témouchent

Figure 21 : Partie aérienne de *M.vulgare*

Figure 22 : Récupération de la partie feuille de *M.vulgare L*

Figure 23 : Echantillon de poudre sèche

Figure 24 : Les étapes d'extraction aqueux

Figure 25 : Les étapes d'extraction éthanoliques

Figure 26 : L'élevage de masse de *T.granarium*

Figure 26 : La boîte et l'effet sue les larves

Figure 27 : disposition des biotes traités de test push-pull

Figure 28 : Rendement extraction aqueux et éthanolisques de *M.vulgare* provennede Tiaret

Figure 29 : Rendement d'extraction aqueux et ethanolique de Ain T'émouchent

Figure 30 : Rendement de la poudre végétale de *M.vulgare* provonant de deux régions

Figure 31 : Etude de l'effet répulsif de extrait aqueux de *M.vulgare L* d'origine de AinT'émouchent

Figure 32 : Etude de l'effet répulsif d' extrait aqueux de *M.vulgare L* origine de Tiaret

Figure 34 : Effet push-pull d'extraction aqueux de *M.vulgare L* d'origine de Tiaret

Figure 35 : Effet push-pull d'extraction aqueux de *M.vulgare L* d'origine de Ain Témouchent

Figure 36 : Comparaison de l'effet push-pull de *M.vulgare L* des deux régions

INTRODUCTION

Introduction :

L'Algérie, qui s'étend sur 2 381 741 km², est le plus vaste pays méditerranéen et se distingue par sa grande diversité biologique. Elle détient également une variété de plantes aromatiques et médicinales qui présentent un attrait économique grâce à leur utilisation multiple. Cette biodiversité comprend 16,000 espèces : 713 espèces aquatiques et 784 espèces végétales qui évoluent en milieu humide. L'écosystème montagnard héberge 52 espèces d'arbres tandis que les steppes contiennent 15 millions d'hectares de flore steppique. Selon **Mate (2014)**, 50% de la flore du Sahara est endémique. Toutefois, malgré cette abondance, l'économie algérienne n'exploite que 1%. On utilise très peu d'espèces et de variétés en tant que plantes médicinales et aromatiques. Pour mieux valoriser ce patrimoine, il est nécessaire de réaliser des inventaires et des études ethnobotaniques (**Mate, 2004**).

L'étude pharmaceutique et la fabrication de médicaments s'appuient sur les plantes médicinales, non seulement quand les composants végétaux sont exploités en tant qu'agents de traitement, mais également en tant que matières premières pour l'élaboration de médicaments ou comme références pour les composés pharmacologiques actifs. Actuellement, sur les 330 000 espèces de plantes identifiées et répertoriées, plusieurs centaines se distinguent par leurs propriétés médicinales. Ces plantes particulières sont effectivement intégrées dans la préparation de traitements utilisés en phytothérapie et en aromathérapie **Hamel et al. (2016)**.

D'un point de vue biogéographique, il est établi que la zone algérienne se superpose à deux empires floraux, l'un au nord sur l'Antarctique et l'autre au sud sur le paléo-tropical. Effectivement, cette localisation donne à l'Algérie une diversité florale méditerranéenne, saharienne et paléo-tropicale. La description de cette flore a été réalisée par revue par **Bobinard et Châtelain (2010-2013)**. On estime qu'il existe environ 4300 espèces et sous-espèces de plantes vasculaires selon **Hamel et al. (2016)**. Il est donc indéniable que la flore algérienne est riche, elle comprend une multitude d'espèces organisées selon leur niveau de rareté : 289 espèces plutôt rares, 647 espèces peu communes.

Dans cette optique, la présente étude vise à évaluer l'effet de la diversité génétique sur le rendement d'extraction, la composition chimique et l'activité biologique, d'une plante aromatique et médicinale *Marrubium Vulgare L.*, provenant de deux régions géographiques : Wilaya de Tiaret et de Ain Temouchent. L'approche adoptée s'inscrit dans une démarche

Introduction .

comparative visant valorisation phytothérapeutique et économique, empreinte photochimique des deux régions étudiée

La diversité génétique joue un rôle essentiel dans la préservation et l'amélioration des plantes médicinales, car elle influence leur capacité d'adaptation, leur résilience et la production de composés bioactifs. La capacité d'une population végétale à s'ajuster aux modifications de l'environnement, comme les maladies et les nuisibles, repose sur la diversité génétique. Les plantes à visée thérapeutique contiennent des composés secondaires et des principes actifs et les disparités génétiques peuvent provoquer des variations en termes de quantité et de qualité de ces composés. Les programmes de sélection des plantes tirent parti de la diversité génétique, pour développer des variétés médicinales qui génèrent davantage de métabolites et qui se prêtent mieux. Le moteur de l'évolution et de l'amélioration végétale réside dans la diversité génétique, tandis que les ressources génétiques diversifiées représentent une source inestimable de gènes pour les spécialistes en sélection végétale. Il est crucial de préserver la diversité génétique pour garantir l'accessibilité future des plantes à vertus thérapeutiques. Il est également crucial de préserver les espèces médicinales, en mettant en œuvre des actions de conservation à la fois in situ et ex situ (Siddulu, , 2024).

Partie 1 :
Sunthèse bibliographique

CHAPITRE 01 : Généralité sur les plantes aromatiques et médicinales PAM.

1. DEFINITION des PAM :

Une plante médicinale désigne toute plante contenant un ou plusieurs principes actifs susceptibles de prévenir, d'atténuer ou de traiter des maladies (Ail et al, 1999) cités par (Boukhara, 2016); et qui peut aussi être toxique en fonction de son dosage.

Selon (Duterre , 2011). Les plantes médicinales sont perçues comme une forme d'art en raison de leurs caractéristiques spécifiques qui favorisent la santé humaine. Elles sont définies par la présence de composés actifs (tels que les glucosides, les alcaloïdes, les tanins, etc.) qui possèdent des vertus curatives.

2. Importance économique et écologique des PAM :

2.1. Economique :

Le monde prend de plus en plus conscience du potentiel médical et économique des ressources naturelles qui fournissent les matières premières nécessaires à la fabrication des médicaments à base de plantes et d'autres produits de soins de santé naturels. La valorisation économique des plantes médicinales par le biais de leurs produits peut être un des moyens de relancer durablement une région. En effet, quand les plantes fournissent des vivres, des produits commercialisables, du bois pour le feu et la menuiserie et des produits consommables par le bétail, les populations sont plus sécurisées et investissent plus naturellement. Malgré ces divers usages, les plantes médicinales plus particulièrement du sud-ouest algérien restent insuffisamment exploitées car il renferme des potentialités jusque-là inconnues et dont la mise à jour pourrait donner à ces plantes de nouveaux essors dans leur contexte socio-économique et culturel, et le rôle que peut jouer la médecine traditionnelle dans la préservation de la biodiversité. A notre connaissance, Il existe très peu de données économiques justifiant l'intégration des plantes médicinales dans les services de santé conventionnels (Ahvazi *et al.*, 2018).

2.2. Ecologique :

Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) jouent un rôle écologique crucial en contribuant à la biodiversité, à la stabilité des écosystèmes et à la préservation des ressources naturelles (Kanyonga, 2011).

Certaines PAM sont des espèces pionnières, aptes à coloniser des terrains pauvres ou dégradés, contribuant de ce fait à la stabilité des sols, à la prévention de l'érosion et à

l'amélioration de leur fertilité naturelle. Des exemples typiques incluent le romarin (*Rosmarinus officinalis*), la lavande (*Lavandula angustifolia*) et l'armoise (*Artemisia* spp.) (Heywood, 2011).

De plus, les PAM sont fréquemment utilisés comme baromètres de la santé des milieux naturels. Leur existence ou leur absence peut indiquer des déséquilibres environnementaux provoqués par des activités humaines telles que la surexploitation, l'urbanisation ou le réchauffement climatique (Schippmann *et al*, 2002).

3. Utilisation traditionnelles et modernes des PAM :

3.1. Médecine traditionnelle :

Traitement des maladies : De nombreuses plantes sont utilisées pour traiter des affections courantes telles que les maux de tête, les troubles digestifs et les infections. Par exemple, la menthe poivrée est souvent utilisée pour soulager les douleurs d'estomac (Cechinel-Filho, 2010).

Infusions et décoctions : Les feuilles, les racines et les fleurs sont couramment utilisées pour préparer des tisanes ou des décoctions. Par exemple, la camomille est populaire pour ses propriétés apaisantes et anti-inflammatoires (Cechinel-Filho, 2010).

Industrie Pharmaceutique : Les principes actifs extraits des PAM sont largement utilisés dans la fabrication de médicaments. La phytothérapie moderne repose sur l'utilisation de ces extraits pour prévenir, soulager ou guérir diverses affections. Par exemple, le thym est reconnu pour ses propriétés antiseptiques et est utilisé dans des préparations pour traiter les affections respiratoires (Kunkele et Lobmeyer, 2007).

Cosmétique et Parfumerie : Les industries cosmétiques et parfumerie exploitent les huiles essentielles et les extraits aromatiques des PAM pour élaborer des produits de soin et des parfums. Des plantes comme la lavande, le géranium et le jasmin sont prisées pour leurs fragrances et leurs bienfaits pour la peau. Par exemple, le souci des jardins (*Calendula officinalis*) est utilisé en cosmétique pour ses propriétés apaisantes et réparatrices sur la peau (Kunkele et Lobmeyer, 2007).

4. Facteurs influençant la qualité des PAM (climat / sol/ génotype) :

La qualité des plantes aromatiques et médicinales (PAM) est influencée par une combinaison de facteurs environnementaux et génétiques. Parmi ceux-ci, le climat, le sol et le génotype jouent des rôles déterminants (**Simon, 2001**).

4.1. Influence du Climat :

Les conditions climatiques, telles que la durée du jour, les précipitations et la température, affectent significativement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des PAM. Par exemple, la durée d'ensoleillement, la quantité de précipitations et les variations de température influencent l'activité physiologique des plantes, ce qui peut modifier la concentration et la composition des principes actifs. Ainsi, une plante cultivée dans un climat méditerranéen peut présenter une composition en huiles essentielles différente de la même espèce cultivée en climat continental (**Bramel & Hayward, 2001**).

4.2. Influence du Sol :

La nature du sol, incluant sa texture, son pH, sa fertilité et sa capacité de drainage, est cruciale pour le développement des PAM. Un sol bien drainé et riche en nutriments favorise une croissance optimale et une production accrue de composés bioactifs. Par exemple, la présence d'argiles dans le sol contribue à la formation du complexe argilo-humique, essentiel pour la fixation des nutriments nécessaires au développement des plantes. Cependant, un excès d'argile peut entraîner une asphyxie des racines et limiter l'assimilation des nutriments (**Bramel & Hayward, 2001**).

4.3. Influence du Génotype :

Le patrimoine génétique de la plante détermine en grande partie sa capacité à synthétiser des composés spécifiques. Des variations génétiques au sein d'une même espèce peuvent conduire à des différences notables dans la qualité et la quantité des principes actifs produits. Par conséquent, la sélection de variétés ou de cultivars spécifiques est essentielle pour obtenir des PAM avec des profils chimiques adaptés aux usages souhaités. Cette sélection génétique permet d'optimiser la production de composés d'intérêt thérapeutique ou aromatique (**Bramel & Hayward, 2001**).

Chapitre 02 :

La diversité génétique

5. Concept de diversité génétique :

Peu de rapports nationaux fournissent des données permettant une comparaison quantitative des évolutions enregistrées depuis 1996 concernant la diversité au sein et entre les différentes cultures. Par ailleurs, quand on intègre des comparaisons quantitatives, elles se réfèrent majoritairement au volume de variétés introduites ou aux modifications des superficies cultivées. Ces éléments ne constituent cependant que des indicateurs très indirects du changement de la diversité génétique sur les terres agricoles (**Cechinel-Filho, 2010**).

6. Définitions et types de diversité génétique :

6.1. Définition de la diversité génétique :

La diversité génétique des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) correspond à l'ensemble des variations génétiques observées au sein d'une espèce (diversité interspécifique) et entre différentes espèces (diversité interspécifique). Elle est essentielle pour l'adaptation aux conditions environnementales, la résistance aux maladies et l'optimisation des métabolites bioactifs utilisés en nutrition et en médecine (**Frank Ham et al, 2010**).

6.2. Types de diversité génétique :

6.2.1. Diversité génétique interspécifique (au sein d'une même espèce) :

Elle désigne la variabilité génétique entre les individus ou les populations d'une même espèce. Cette diversité peut se présenter sous plusieurs formes :

Diversité allélique : Différences dans les séquences génétiques d'un même gène, influençant la physiologie et les caractéristiques biochimiques des plantes (Curcuma long présente des variations en teneur de curcumine selon les variétés) (**Niroumand et al, 2016**).

Polymorphisme phénotypique : Variations morphologiques et physiologiques entre les individus d'une même espèce (taille des feuilles, couleur des fleurs, résistance aux maladies) (**Hamme & Khoshbakht, 2005**).

Différences dans les métabolites secondaires : La quantité et la qualité des composés bioactifs (huiles essentielles, alcaloïdes, flavonoïdes) varient selon les génotypes d'une espèce donnée (Opium basilicum produit des profils variés d'huiles essentielles) (**Singh *et al.* 2014**).

6.2.2. Diversité génétique interspécifique (entre espèces différentes)

Elle correspond aux différences génétiques entre des espèces distinctes appartenant au même genre ou à la même famille. Cette diversité est essentielle pour :

L'adaptation écologique : Certaines espèces du genre Salviac montrent une meilleure tolérance à la sécheresse que d'autres, ce qui influence leur répartition géographique (**Brame & Hayward, 2001**).

La variation des métabolites bioactifs : Des espèces différentes du genre Echinacée produisent des concentrations variables de composés immunostimulants, influençant leur usage médicinal (**Wink, 2018**).

L'amélioration variétale : Les croisements entre espèces permettent de transférer des traits d'intérêt, comme la résistance aux maladies ou une meilleure production de substances actives (**Chaudhry, 2013**).

7. Importance de la diversité génétique dans la sélection des plantes :

La diversité génétique est un élément fondamental dans la sélection des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM). Elle permet d'améliorer les caractéristiques agronomiques, la résistance aux stress biotiques et abiotiques, ainsi que la qualité des métabolites bioactifs.

7.1. Amélioration des rendements et de l'adaptabilité :

Une large diversité génétique permet de sélectionner des variétés ayant une meilleure productivité et une capacité d'adaptation accrue aux conditions environnementales (**Chaudhry, 2013**). Par exemple, certaines variétés de *Curcuma longa* ont été sélectionnées pour leur forte teneur en curculionidés, optimisant ainsi leur valeur médicinale et économique (**Niroumand *et al.* 2016**).

7.2. Résistance aux maladies et aux ravageurs :

La diversité génétique permet d'identifier et de sélectionner des plantes naturellement résistantes aux pathogènes et aux insectes ravageurs, réduisant ainsi la dépendance aux pesticides (Govindarajan, 1990). Chez *Ocimum basilicum*, certaines variétés possèdent une meilleure résistance aux maladies fongiques grâce à des différences génétiques dans la production de composés (antifongiques Singh *et al.*, 2014).

7.3. Adaptation aux changements climatiques :

Les variations génétiques au sein des PAM offrent un réservoir de traits adaptatifs permettant aux plantes de tolérer des conditions climatiques extrêmes comme la sécheresse ou la salinité des sols (Bramel & Hayward, 2001).

7.4. Optimisation des propriétés médicinales et nutritionnelles :

La diversité génétique influence directement la concentration et la qualité des métabolites secondaires, essentiels pour les propriétés thérapeutiques des PAM (Wink, 2018). Par exemple, les espèces du genre *Echinacea* présentent des variations dans la production de composés immunostimulants, influençant leur usage en phytothérapie (Hammer & Khoshbakht, 2005).

7.5. Conservation et valorisation des savoirs traditionnels :

La diversité génétique des PAM est liée aux pratiques culturelles et aux savoirs traditionnels. La préservation de cette diversité garantit la transmission et l'exploitation durable des ressources phytogénétiques (Frankham *et al.*, 2010).

8. Variabilité génétique et son influence sur le métabolisme des plantes :

Les métabolites spécialisés, connus également sous le nom de métabolites secondaires, sont des composés complexes générés par les plantes et qui ne sont pas indispensables à leur croissance. Néanmoins, quelques-uns de ces composés chimiques contribuent à la réaction des plantes face aux changements de leur environnement, surtout lorsque ces changements induisent du stress. Traditionnellement, les métabolites spécialisés ont fait l'objet de nombreuses études dans le domaine des plantes médicinales en raison de leurs propriétés thérapeutiques et pharmacologiques (Rai, Saito et Yamazaki, 2017). Par ailleurs, ils ont été également étudiés chez les plantes cultivées pour leur apport à des aspects agronomiques tels

que le goût, la texture ou encore la qualité du grain ou des fruits (Ahvazi *et al.*, 2018) (Carrari et Fernie, 2006).

8.1. Les métabolites spécialisés, défenses chimiques des plantes:

Dans le règne végétal, les métabolites spécialisés jouent un rôle crucial dans la résistance aux contraintes abiotiques (comme la sécheresse, l'exposition aux UV ou l'oxydation), ainsi que dans la défense contre des agresseurs biologiques tels que les insectes herbivores ou les agents pathogènes. Par exemple, chez le modèle d'espèce *Arabidopsis thaliana*, les glucosinolates contribuent à la résistance contre les herbivores (Brachi *et al.*, 2015), tandis que les anthocyanes se développent en réaction à des stress oxydatifs (Nakabayashi et Saito, 2015). Les plantes peuvent aussi communiquer et interagir avec d'autres organismes grâce aux métabolites spécialisés. Par exemple, des métabolites spécifiques favorisent l'attraction des pollinisateurs insectes (Ibanez *et al.*, 2010).

8.2. Diversité et variabilité du métabolisme spécialisé :

Les classes de métabolites spécialisés comprennent les tanins, les flavonoïdes, les terpènes, les benzénoïdes et les composés organiques volatiles. Au sein du règne végétal, on note une vaste variété de métabolites spécialisés, avec des estimations qui, toutes espèces confondues, oscillent entre 200 000 et 1 000 000 de métabolites distincts (S. Wang *et al.*, 2019). Outre une grande variabilité interspécifique entre les espèces, la production de métabolites spécifiques peut également varier considérablement entre les individus d'une même espèce (intraspécifique). Cette variation peut être constatée à plusieurs niveaux : entre les espèces, entre les populations, voire même entre les individus d'une même population. À tous ces niveaux, on peut observer deux sortes de variations : quantitative et qualitative. La variation quantitative fait référence à des changements dans la concentration des molécules (S. Wang *et al.*, 2019).

Chapitre 03 : Effet de la diversité génétique sur le rendement d'extraction

9. Méthode d'extraction des principes actifs des plantes :

9.1. Définition de l'extraction :

L'extraction est une procédure assez difficile en raison de leur grande diversité structurale ainsi que leur sensibilité aux modifications chimiques sous l'effet de la température,

l'air et la lumière, et aux modifications enzymatiques (Naczk et Shahidi, 2004).

En générale les différentes étapes d'extraction, de caractérisation et de dosage sont valable pour la majorité des CP mais parfois il devra être modifié pour être mieux adapté à leur nature chimique, solubilité et leur degré de liaison avec d'autres constituants végétaux (Macheix et al, 2005).

10. Les Méthodes d'extraction :

10.1. 11.1 L'extraction par solvant :

L'extraction par solvant est une technique très utilisée pour la séparation d'un produit provenant d'un mélange obtenu en fin de réaction chimique ou pour isoler une espèce chimique à partir d'un mélange d'espèces naturelles. Mompon et ses collaborateurs.1998 ont préconisé deux modes d'extraction, l'extraction liquide-liquide et l'extraction solide liquide.

Au cours de l'extraction liquide-liquide, il s'agit principalement d'interaction moléculaire entre le solvant et le soluté par contre l'extraction solide-liquide met en jeu des mécanismes plus complexes et moins bien connus. La plupart des auteurs suggèrent que l'entrée du solvant se fait par un mécanisme osmotique et la sortie du soluté par dialyse ou par diffusion (Macheix *et al*, 2005).

10.2. L'extraction assistée par micro-ondes :

L'extraction par solvant assistée par micro-ondes (MAE) consiste à chauffer le solvant ayant une bonne polarité en contact avec l'échantillon au moyen de l'énergie des micro-ondes qui augmente la pénétration du solvant dans la matrice, permettant ainsi la dissolution des composés à extraire (Letellier et Budzinski., 1999 ; Hudaib *et al*, 2003).

10.3. L'extraction liquide sous pression :

L'extraction liquide sous pression (PLE) fonctionne suivant le principe de l'extraction avec des liquides surchauffés et à de hautes pressions. Ceci augmente la solubilité et la

diffusion de l'analyte dans le solvant et conduit à la rupture des interactions entre la matrice et le soluté à extraire, accélérant ainsi le processus d'extraction avec moins de risque de réaction de photo oxydation vue quelle se fait à labri de la lumière (**Japon et al. ,2006**).

10.4. H'ydrodistillation :

C'est la méthode la plus ancienne, plus simple et polyvalente pour l'obtention. Techniques consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. Les composés volatils contenus dans les cellules diffusent à travers les parois cellulaires sous l'action physique qui exerce le gonflement de la matière végétale (**Hudaib et al, 2003**).

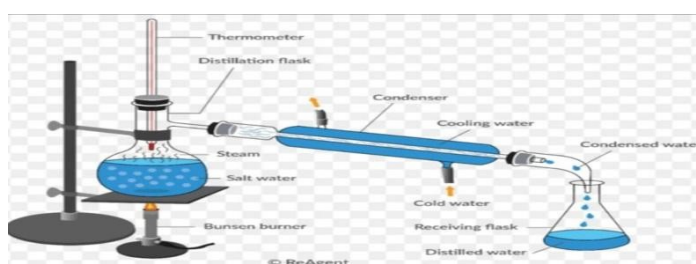


Figure 01 : Schéma de hydro distillation (Hudaib et al, 2003).

10.5. Distillation :

Ces techniques reposent toutes sur le même principe basé sur l'entraînement de molécules volatiles de la plante par la vapeur d'eau. Le degré de contact entre la plante et l'eau est le seul paramètre qui diffère (**Budzinski, 1999**).

10.6. L'hydro diffusion :

Est une Co-distillation descendante. Cette technique est relativement récente elle consiste à faire passer du haut vers le bas et à pression réduite la vapeur d'eau au travers de la matière végétale. On soumet donc le végétal à une pulsion de vapeur d'eau saturée et humide de la forme de l'appareillage permet une meilleure répartition des charges (**Hudaib et al, 2003**).

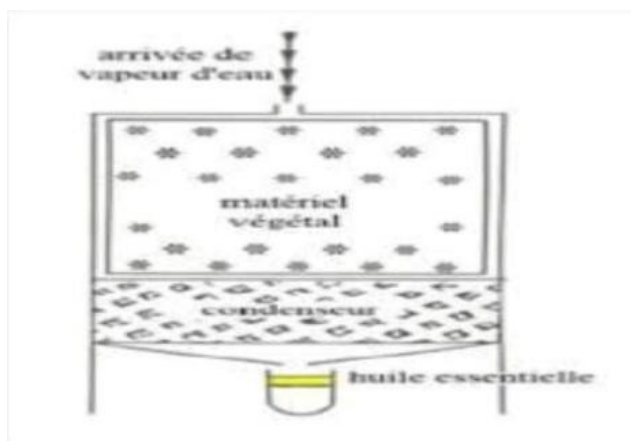


Figure 02 : Schéma de hydro diffusion (Hudaib et *al*, 2003).

10.7. L'entraînement de la vapeur :

Pour ce faire la plante ou organe se plante est placé dans un ballon traversé par un courant de vapeur d'eau. Dans les deux cas les principales volatils peu solubles dans l'eau sont alors entraînées par la vapeur d'eau du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobes (Budzinski, 1999).

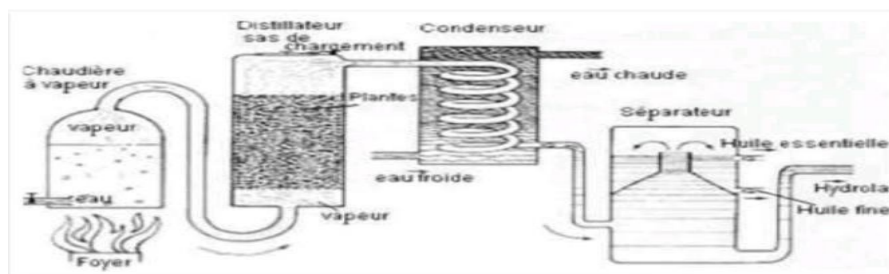


Figure 03 : Schéma de l'entraînement à la vapeur (Budzinski, 1999).

11. Définition des principes actifs :

Les principes actifs sont des molécules contenues dans des plantes ou des préparations à base de plantes utilisées dans la fabrication de médicaments ; ils ont une activité Thérapeutique curative ou préventive sur l'homme ou l'animal. La teneur de ces composés dans les plantes est généralement extrêmement faible, mais ce sont des ingrédients essentiels. Par conséquent, il est parfois important de réaliser une extraction pour isoler la seule partie de la plante d'intérêt (Pelt, 1980).

12. Les facteurs influençant de la composition de rendement d'extraction :

12.1. Facteurs agronomiques :

Les conditions agricoles jouent un rôle important dans la détermination de ces concentration à titre d'exemple : le site de culture, le type cultivar (**Cheikhousma et al, 2005**).

12.2. Facteurs environnementaux :

Les composés phénoliques interviennent dans de nombreux phénomènes pour permettre à la plante de s'adapter à son milieu et les conditions climatiques agissent de manière très significative sur les concentrations phénoliques (**Medina, 2007**).

-Lumière : elle agit de façon quantitative et qualitative est corrélée à une augmentation des teneurs en composés phénoliques et plus particulièrement de flavonoïdes dans les tissus (**Herche, 2013**).

-Température : elle peut modifier les teneurs en polyphénols chez les fruits pendant la phase de croissance mais également après la récolte. Pour certaines plantes, un stress thermique semblerait apparaître à partir de 35°C, causant l'accumulation de composés phénoliques tels que les flavonoïdes et les acides hydroxy cinnamiques (**Herche, 2013**).

CHAPITRE 04 : Effet de la diversité génétique sur la composition chimique

12. Principaux composés chimiques des PAM :

Les plantes médicinales et aromatiques représentent une source importante de composés chimiques naturels jouant un rôle essentiel dans le traitement des maladies et l'amélioration de la santé humaine voir le **tableau n°1** :

Les principes actifs	Plante	Référence
alcaloïdes	Pavot	(Bruneton & J, 2009)
Flavonoïdes	Agrumes/ menthe	(Harbone, J, & B, 1998)
Saponines	Réglisse/ ginkgo	(Hostettmann, 2005)
Tanins	Chêne / thé vert	(Okuda, T, Yoshida, Hatano, & T, 1992)
coumarines	Mélilot /Ammi majus	(Bougaud, 2001)
Les amines	cocoa /café	(Ashihara, 2001)
terpenoides	lavande /Romarin	(Bakkali, 2008)
mucilage	Guimauve /lin	(Cui, 2005)

13. Variabilité chimique en fonction de l'origine géographique et du génotype :

Les plantes aromatiques et médicinales présentent une variabilité chimique notable qui résulte d'interactions complexes entre leur origine géographiques et leur génotype. Cette variabilité se manifeste surtout dans la composition en huiles essentielles et en métabolites secondaires laquelle est modulée par des facteurs environnementaux et génétiques.

13.1. Origine géographique :

Les conditions climatiques et pédologiques : température/ ensoleillement/ humidité/altitude/type de sol. Influencent la biosynthèse des composés bioactifs. Ainsi deux populations de la même espèce poussant dans des environnements différents peuvent développer des profils chimiques distincts (Silva et Fernandes-junior, 2010).

13.2. Génotype :

La composition génétique de la plante détermine son potentiel intrinsèque à synthétiser certains métabolites. Cette variabilité génétique conduit à l'apparition de différents chimio types au sein d'une même espèce (Silva et Fernandes-junior, 2010).

14. Etude comparatives sur la composition chimique de plantes provenant de différentes régions

14.1. *Origanum glandulosum* :

Les huiles essentielles issues d'*O. glandulosum* provenant de quatre groupes du nord de l'Algérie (Ouled Iyiche, Djebel Megriss, Anini et Tafat) montrent une variation significative dans leur profil chimique. Le thymol et le carvacrol dominant, avec des concentrations qui varient respectivement de 38,8 % à 60,5 % et de 32,9 % à 63,0 %, en fonction de la région et du moment de la récolte. Les monoterpènes hydrocarbonés comme le p-cymène et le γ -terpinène demeurent en minorité, représentant 5 à 8% du total (**Ruberto, G., Baratta, M. T., Deans, S. G., & Dorman, H. J. D, 2002**).

14.2. *Lavandula stoechas* L. :

Dans la zone de Chérechell, au nord-ouest de l'Algérie, l'huile essentielle extraite de *L. stoechas* par distillation à la vapeur d'eau est essentiellement composée de monoterpènes : fenchone (33-37 %) et camphor (16-24 %). Des recherches menées sur d'autres lieux méditerranéens en Algérie révèlent des taux similaires, tandis que certaines populations sahariennes présentent une légère augmentation de composés sesquiterpéniques (**Ait Yahia, I., & Boutekedjiret, C., 2010**).

14.3. *Rosmarinus officinalis* L :

Comparé aux études traditionnelles réalisées sur du romarin algérien (> 90 % de ses éléments identifiés avec 1,8-cinéole à 52,4 % et camphre à 12,6 %), l'analyse spécifique de la région sèche d'El Bayadh révèle un profil similaire : 1,8-cinéole entre 52 et 56 %, camphre entre 11,8 et 14,2 %. Ces ressemblances mettent en évidence l'impact limité de l'aridité modérée sur ce taxon par rapport aux régions plus humides (**Benchohra, H. A., Dif, M. M., & Abbassia, A., 2022**).

14.4. *Thymus capitatus* (L.) :

Dans les hauts plateaux de l'Ouest algérien, *T. capitatus* se distingue par une prédominance de carvacrol (69,6 %) et de p-cymène (12,4 %). Les petites différences notées entre les différents lieux laissent supposer une influence réduite de l'altitude et des conditions climatiques locales sur ces composés aromatiques (**Carrasco, L., Ruberto, G., Baratta, M. T., & Deans, S. G., 2015**).

Chapitre 05 : Effet de la diversité génétique sur les propriétés biologiques

15. Activité biologiques des PAM :

Les observations populaires sur l'utilisation et l'efficacité des plantes médicinales contribuent de manière significative à la divulgation de leurs propriétés thérapeutiques, de sorte qu'elles sont fréquemment prescrites, même si leurs constituants chimiques ne sont pas toujours parfaitement connus (Silva et Fernandes-junior, 2010).

15.1. Activité antioxydante :

Un grand nombre de plantes démontrent une grande aptitude à capturer les radicaux libres et à freiner le stress oxydatif. Une étude met en relief les qualités de piègeur de radicaux libres (DPPH, ABTS) et la défense contre l'oxydation des lipides pour un vaste éventail d'extraits végétaux (feuilles, racines, écorces). Par exemple, l'*Ajuga integrifolia* leaf extract a montré une activité antioxydante notable (tests DPPH, FRAP), avec des valeurs IC_{50} situées entre 15 et 25 $\mu\text{g/mL}$ (Bachheti et al., 2020, Asmamaw and Achamyeh, , 2018).

15.2. Activité antimicrobienne :

Plusieurs extraits de plantes médicinales ont démontré une action inhibitrice sur les bactéries Gram-positives et Gram-négatives, y compris celles résistantes aux antibiotiques. Selon une étude, des zones d'inhibition ont été observées pour des extraits de *Urtica dioica*, *Camellia sinensis* et autres, dont l'efficacité est comparable à celle de certains antibiotiques conventionnels. Les huiles essentielles issues de différentes espèces (comme l'*Origanum* et le *Thymus*) présentent aussi une activité contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Candida albicans* (Dharmadeva et al., 2018, Otunola and Afolayan,, 2018).

15.3. Activité anti-inflammatoire :

Les composés phénoliques et terpéniques dérivés de plantes telles que *Curcuma longa*, *Zingiber officinale*, *Boswellia serrata* et d'autres inhibent l'activité de la cyclo-oxygénase (COX-1, COX-2) tout en diminuant la production de cytokines pro-inflammatoires. Une étude récente fait le point sur les phytocomposés anti-inflammatoires et leurs nanoparticules,

en présentant des résultats encourageants tant *in vitro* qu'*in vivo* (Nemudzivhadi and Masoko,, 2014).

15.4. **Activité contre le cancer :**

De nombreux extraits de plantes démontrent des propriétés cytotoxiques et apoptogènes sur des lignées cellulaires cancéreuses. Une recherche publiée dans BMC a démontré que des extraits hydro-alcooliques provenant de différentes plantes induisaient l'apoptose dans des lignées cellulaires de cancer colorectal et mammaire, en privilégiant les cellules cancéreuses par rapport aux cellules normales (Bachheti et *al.*, 2020, Asmamaw and Achamyeleh,, 2018).

16. Définition activité insecticide :

Basée sur activité répulsive et push pull des extraits les plantes : L'usage d'extraits de plantes pour repousser ou attirer les insectes, basé sur leurs propriétés insecticides et « push-pull », constitue une méthode de lutte antiparasitaire qui fait appel aux caractéristiques naturelles des végétaux. Cette approche s'aligne sur le principe de la lutte biologique et de l'agroécologie, dans le but de diminuer la dépendance aux pesticides synthétiques Adabe K. E., Maïga A. (2022). Examen de l'impact répulsif des extraits de neem (*Azadirachta indica* A. JUSS., 1830) sur le charançon de la patate douce (*Cylas puncticollis*) dans un cadre expérimental en laboratoire. Agronomie Africaine

16.1. **Relation entre la composition chimique et les effets biologique :**

Le lien entre la composition chimique et les impacts biologiques des plantes médicinales est un champ d'étude complexe qui englobe l'interaction de nombreux composés bioactifs présents dans ces végétaux. Ces composés interagissent avec différents systèmes biologiques et leur efficacité est fréquemment conditionnée par leur constitution chimique et leurs modes d'action. C'est un aperçu détaillé accompagné de références pour éclairer cette relation.

Les alcaloïdes, qui sont des composés contenant de l'azote présents dans Une multitude de plantes médicinales, possèdent des propriétés biologiques puissantes, généralement en influençant le système nerveux central. L'analgésique puissant, la morphine, est un alcaloïde tiré du pavot et utilisé pour soulager la douleur aiguë. Elle fonctionne en se

connectant aux récepteurs opioïdes dans le cerveau et la moelle épinière, inhibant par conséquent Donc, la diffusion de la douleur (**Bowsher, 1993**). La pharmacologie de la morphine.

Les flavonoïdes sont des agents antioxydants puissants qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires, antivirales et anticancéreuses. Ils peuvent aussi moduler le métabolisme des lipides et avoir une action protectrice sur le système cardiovasculaire. Des recherches ont démontré que la quercétine, un flavonoïde trouvé dans des plantes telles que le thé vert et les pommes, possède des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes dans différents modèles biologiques. Il bloque la production de cytokines pro-inflammatoires et sauvegarde les cellules du stress oxydatif (**Jiang et al., 2018**). Les terpénoïdes hydrocarbures ou leurs dérivés présents dans diverses huiles essentielles, sont connus pour leurs différents effets, tels que des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et occasionnellement anticancéreuses. Les saponines sont des glycosides qui présentent une vaste palette d'effets biologiques. On les reconnaît pour leurs vertus immunomodulatrices, antitumorales et antioxydantes **Jiang, Y., et al. (2018)**.

Les saponines dérivées du ginseng (*Panax ginseng*) ont montré des effets immunostimulants et antidiabétiques en augmentant la production d'anticorps et en régulant la réponse immunitaire (**Kim et al., 2008**).

Les huiles essentielles, qui sont des extraits concentrés et volatils dérivés de différentes parties des plantes, présentent une diversité d'activités biologiques telles que des effets antimicrobiens, antioxydants et anxiolytiques. La lavande, sous forme d'huile essentielle, possède des propriétés relaxantes et anxiolytiques. Elle est employée pour diminuer l'anxiété et faciliter le sommeil en régulant les récepteurs GABA (**Koulivand et al, 2013**).

17. L'impact de la diversité génétique sur les propriétés biologique :

La variété génétique des plantes médicinales a un impact significatif sur leurs caractéristiques biologiques, y compris la génération de composés bioactifs, l'efficacité du traitement et la capacité de résilience des espèces. (**Vellend & Geber, 2005**).

- **Clinacanthus nutans** : (Plante à propriétés médicinales asiatique)

Une recherche a démontré que la diversité génétique de *Clinacanthus nutans*, une plante exploitée en médecine traditionnelle en Asie du Sud-Est, joue un rôle considérable dans son activité biologique, particulièrement en ce qui se rapporte à la concentration en composés bioactifs. Des analyses effectuées sur des échantillons provenant de diverses régions de Thaïlande ont révélé des différences dans la composition chimique et le potentiel curatif de la plante, mettant en exergue l'importance de la diversité génétique pour ses vertus médicinales (Jiang, Y., et *al.*2018).

- ***Carthamus tinctorius*,**

Également connu sous le nom de Safran des teinturiers La plante médicinale qu'est le safran des teinturiers contient une multitude de métabolites secondaires, notamment des flavonoïdes, des phénols, des alcaloïdes, des polysaccharides, des acides gras et des polyacétylènes. La variation génétique de cette plante a un impact sur la synthèse de ces composés bioactifs, ce qui influence son efficacité dans le soin des affections cardiovasculaires, neurodégénératives et respiratoires. Notamment, l'hydroxy-saflor jaune A (HYSA) offre une gamme d'effets pharmacologiques, et le safran des teinturiers pourrait constituer un remède thérapeutique envisageable pour la lutte et la prévention de certaines pathologies associées aux voyages dans l'espace (Ben Jemia, M. *et al*, 2021).

- ***Dendrobium densiflorum*** (Orchidée médicinale asiatique)

L'orchidée *Dendrobium densiflorum*, employée dans la médecine traditionnelle chinoise, renferme divers composants bioactifs tels que les phénanthrènes, le densiflorol A et B, ainsi que des structures telles que le dendrodolrin, dérivées de la tige de la plante. Ces composés sont essentiels pour les processus de défense des plantes et possèdent des potentiels d'application dans les domaines pharmaceutique et médical. Des recherches en génétique ont analysé le génome chloroplastique de *D. densiflorum*, mettant en évidence une molécule circulaire d'ADN qui offre des renseignements essentiels sur les liens phylogénétiques des orchidées et enrichit la connaissance scientifique de leur diversité et de leur capacité d'adaptation à des milieux difficiles (Sen, S., & Samanta, S. K, 2021).

Chapitre 06 : présentation de la plante étudié

19. Nomenclature :

M.vulgare est une plante médicinale et aromatique connue dans de nombreuses cultures portant différents nom qui représente dans le **tableau n°02** :

Langue/ Région	Nom local de Marrubium Vulgare	Référence
Arabe	Hashish el Kalb	(Bellakhdar, 1997)
Algérie/ Maroc	Merriwa	(Bellakhdar, 1997)
Berbère	Ifzi	(Bellakhdar, 1997)
Anglais	White Horehound	(Ahvazi et al , 2018)
Allemand	Marrube blanc	(Ahvazi et al , 2018)
Persan	Weisse Andorn	(Ahvazi et al , 2018)
Grec	Ghandnaye Kohi	(Ahvazi et al , 2018)
Indien	Faracin	(Ahvazi et al , 2018)
Portugais	Faracin	(Cechinel-Filho, 2010)

19.1. Classification botanique :(*Tela botanique*) son présenté dans le **tableau n°03** :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
classe	Magnoliopsida (Dicotylédones)
ordre	Lamiales
famille	Lamiaceae
Genre	Marrubium
Espèce	Marrubium vulgare L

19.2. Morphologie et Description :

Le marrube blanc est une plante herbacée vivace en forme de sous-arbrisseau buissonnant, atteignant jusqu'à 100 cm de hauteur. Ses tiges sont ramifiées, couvertes



Figure 06 : la feuille et la fleur du marrube blanc (photo original, 2025).

19.3. La répartition géographique :

On trouve le marrube blanc de manière naturelle en Europe, au nord de l'Afrique, au sud-ouest de l'Afrique et en Asie centrale (**Hayat et al., 2020**). provenant d'Asie (Afghanistan, Arménie, Azerbaïdjan, Chine, Chypre, Iran, Kazakhstan, Liban, Syrie, Turquie, Turkménistan et Ouzbékistan jusqu'au Pakistan), d'Europe (Albanie, Autriche, Biélorussie, Belgique, Bulgarie, Tchécoslovaquie, Danemark, Estonie, Angleterre, France y compris la Corse, Grèce, Hongrie, Italie, Lettonie Pays-Bas Portugal Roumanie Fédération de Russie Espagne sud Suède Suisse Ukraine et Yougoslavie) ainsi que de l'Afrique du Nord (nord Algérie nord Libye Maroc Açores Madère Canaries Tunisie). En Algérie, le marrube blanc est largement répandu, particulièrement dans la région nord du pays (**Bouterfas, 2013**).

19.4. La composition chimique :

M. vulgare génère des résidus d'huile essentielle. Le principal constituant de la plante est les diterpènes, plus précisément « La marrubiine » qui est à l'origine de la plupart des propriétés biologiques de la plante (**Fulke et al., 1968**). Elle a été identifiée en 1842 et a été le premier diterpénoïde et composé principal à être extrait et décrit à partir des feuilles de M. vulgare (**Ahvazi et al., 2018**). Elle est générée et s'accumule dans les zones aériennes (**Piccoli et Bottini, 2008**).

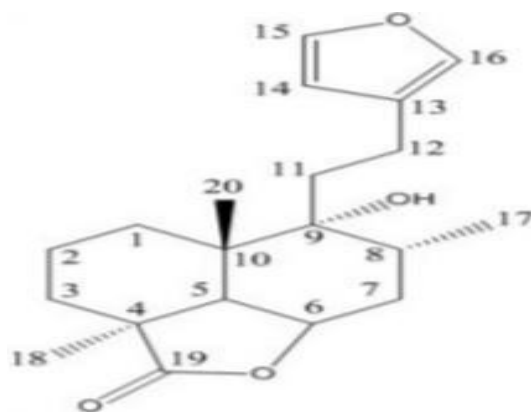


Figure 07 : structure chimique de la Marrubium vulgare (Piccoli et Bottini, 2008).

La plante est connue aussi pour sa haute teneur en composés phénoliques (Acimovic *et al.*, 2020) en particulier les flavonoïdes (apigénine et lutéoline) .

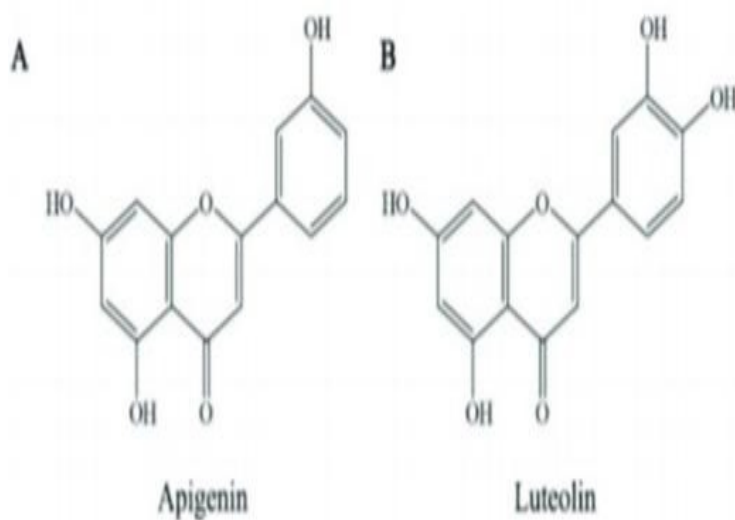


Figure 08 : les structures chimiques des principaux flavonoïdes présents dans l'espèce Marrubium vulgare (Acimovic *et al.*, 2020).

20. la toxicité :

20.1. Toxicité hépatique :

Une consommation excessive ou prolongée de *Marrubium vulgare* peut entraîner une toxicité hépatique, surtout chez les personnes atteintes de maladies du foie, en raison de certains composés chimiques présents dans la plante (Andersen 1999).

20.2. Effets cardiovasculaires :

Les extraits de *Marrubium* peuvent faire baisser la pression artérielle, ce qui peut être bénéfique, mais représente un risque pour les personnes ayant des troubles cardiaques ou prenant des antihypertenseurs (Kong & Zhao, 2012).

20.3. Interactions médicamenteuses :

Le *Marrubium* peut interagir avec certains médicaments, notamment les anticoagulants, en augmentant leur effet et le risque de saignements, d'où la nécessité de consulter un professionnel de santé avant usage (Kong & Zhao, 2012).

21. Activités biologiques de molécules actives de *Marrubium vulgare* :

21.1. Activités anti-oxydant :

Les extraits méthanoliques de *Marrubium vulgare* ont montré une forte activité antioxydante in vitro, confirmée par les tests DPPH et PLC. Cette capacité permettrait de lutter contre le stress oxydatif, impliqué dans le vieillissement et diverses maladies comme le cancer ou le diabète (Rezgui, 2020).

21.2. Activités anti inflammatoire :

Les extraits de *Marrubium vulgare* possèdent des propriétés anti-inflammatoires, ayant montré des effets protecteurs contre l'infarctus du myocarde et une inhibition modérée à faible de la production de NO. Certains composés comme le vulgarcoside A ont également réduit l'activité des cytokines pro-inflammatoires (Carrasco, L., Ruberto, G., Baratta, M. T., & Deans, S. G., 2015).

21.3. Activité antidiabétique :

Marrubium vulgare est traditionnellement utilisé comme antidiabétique, et des études ont confirmé son effet modéré d'inhibition de l' α -glucosidase in vitro ($IC_{50} = 12,66 \mu g/mL$), soutenant son potentiel dans le contrôle du diabète (Kanyonga, 2011).

21.4. Activité antimicrobienne :

L'activité antibactérienne de divers extraits de *M. vulgare*, dont l'extrait éthanolique, a été testée contre quatre types de bactéries : Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Proteus vulgaris et Pseudomonas aeruginosa. De plus, l'effet antifongique des flavonoïdes des feuilles de M. vulgare a été évalué contre deux types de champignons (**Benchohra, H. A., Dif, M. M., & Abbassia, A., 2022**).

Chapitre 07 : Trogoderma Granarium

22. Généralité :

Trogoderma granarium Everts (Coleoptera : Dermestidae) est considéré comme l'une des espèces invasives les plus importantes au monde. Organisme de quarantaine, il est présent dans plusieurs pays, dont le Canada, l'Australie, la Russie et les États-Unis, qui sont d'importants producteurs de céréales. L'espèce a été observée dans diverses régions, notamment en Afrique, en Asie et en Europe. Elle ne constitue pas une menace pour les céréales et leurs dérivés, mais peut attaquer les graines oléagineuses, les légumineuses et les aliments pour l'organisme (Hagstrum et Subramanyam, 2009).



Figure 09 : L'infestation larvaire sur le grain de blé dur (Khalfi hadjer, 2022).

22.1. Classification : selon (Everts, 1898), la classification est comme suit :

Règne : Animalia	Sous famille : Dermestina
Sous-règne : Eumetazoa	Genre : Trogoderma
Embranchement : Arthropoda	Sous genre : Trogoderma
Sous-embranchement : Hexapoda	Espèce : Trogoderma granarium
Classe : Insecta	
Ordre : Coleoptera	
Sous-ordre : Polyphaga	
Super-famille : Bostrychoidea	
Famille : Dermestidae	

22.2. Cycle de vie :

22.2.1. Œufs :

Au cours du processus de reproduction, la femelle pond des œufs sur les céréales, soit un par un, soit occasionnellement en petits groupes de 2 à 5. Initialement, les œufs présentent une teinte blanche laiteuse qui évolue ensuite vers un jaune clair. Ils affichent généralement une configuration cylindrique, mesurant 0,7 mm de long sur 0,25 mm de large. Une extrémité est arrondie, alors que l'autre est plus acérée et comporte plusieurs saillies en forme de piques, plus larges à la base et qui se rétrécissent vers l'extrémité opposée. En général, la période d'incubation des œufs peut varier de 3 à 10 jours, en fonction des conditions environnementales spécifiques (OEPP/EPPO, 1981 ; Singh *et al.*, 2017).



Figure 10 : Œufs de Trogoderma granarium (Babba et Touhari, 2020).

22.2.2. Les larves :

À la naissance, ils mesurent approximativement 1,6 à 1,8 mm de longueur. Les larves possèdent des poils simples et filiformes, une tête dotée d'une antenne divisée en trois segments, et une queue faite de longs poils unidimensionnels. Leurs poils de la tête et du corps sont bruns, bien que le reste de leur pelage soit uniformément blanc jaunâtre (Singh *et al.*, 2017). Les larves grandissent, leur teinte corporelle se transforme en or ou en brun rougeâtre, elles se couvrent davantage de poils et leur queue s'allonge proportionnellement. Selon (Hadaway, 1956). Les larves adultes atteignent une taille d'environ 6 mm en longueur et 1,5 mm en largeur.

22.2.3. Nymphes :

Au dernier stade de mue larvaire, l'exuvie (la coque dure) se fissure, cependant la nymphe demeure à l'intérieur de cette exuvie tout au long de sa durée nymphale. On procède ensuite à l'extraction de la nymphe. En général, le mâle nymphal est de taille inférieure à la femelle nymphale, avec des longueurs moyennes de 3,5 mm pour le mâle et 5 mm pour la femelle (OEPP/EPPO *et al*, 1981). La phase nymphale, où la nymphe présente une teinte blanchâtre, s'étend sur une durée de 4 à 6 jours.



Figure 11 : Nymphes de *Trogodermis granarium* (Babba et Touhari, 2020).

22.2.4. Adultes :

Le coléoptère adulte présente une morphologie oblongue-ovale et mesure de 1,6 à 3,0 mm en longueur pour une largeur de 0,9 à 1,7 mm. On note une différence de coloration entre les sexes. Les mâles présentent une couleur brun à noir avec des taches brun-rouge indéfinies sur les élytres, alors que les femelles, un peu plus grandes et plus claires, se distinguent. Les antennes comprennent 11 segments et la tête, de taille réduite, est généralement orientée vers le bas. La durée de vie des adultes peut varier en fonction du sexe et de la reproduction (Singh *et al*, 2017).

22.2.5. Dégâts

Domages infligés par *Trogodermis granarium* (Dermeste du grain) *Trogodermis granarium* cause principalement des dommages grâce à ses larves, qui représentent la phase de nutrition et la plus prolongée du cycle de vie. Les adultes ne s'alimentent pas et ont une très courte durée de vie. Le *Trogodermis granarium* est reconnu comme un des nuisibles les plus destructeurs pour les produits entreposés à travers le monde, pouvant entraîner des pertes économiques considérables. Perte de poids et dégradation de la qualité des produits : Consommation directe : Les larves s'en prennent à une vaste sélection de produits secs. Elles ont une préférence pour les céréales (comme le blé, le riz, le maïs et l'orge), les légumineuses (telles que les lentilles et les pois chiches), les oléagineux, les fruits secs, les produits d'origine

animale (comme la farine de poisson et la poudre de lait), ainsi que les épices, les pâtes et les aliments transformés. Elles se nourrissent avidement de l'endosperme et particulièrement du germe des graines, diminuant ainsi grandement leur valeur nutritive et mettant en péril le potentiel germinatif des semences (**Banks, EPPO, 1997**). Perte quantitative : Les infestations peuvent causer des diminutions significatives de poids dans les produits, allant de 5% à des pertes totales (jusqu'à 70-100% dans les situations extrêmes et incontrôlées) des marchandises affectées (**Wilburn, 2011**) .

Contamination des produits et rétrogradation : Déjections et exuvies : Les larves expulsent des déjections et, plus précisément, elles subissent souvent une mue, laissant derrière un grand nombre d'exuvies (peaux de mue) et de soies. Cette substance pollue les aliments, leur conférant une apparence peu attrayante, un goût peu séduisant et les rendant souvent non comestibles pour l'homme et les animaux. Les produits touchés peuvent dégager une senteur et une saveur déplaisantes (**Banks, 1997**). Déclassement commercial : La présence de ces polluants conduit au déclassement ou à la non-acceptation des lots de produits par les acheteurs et les contrôleurs de qualité, ce qui entraîne des pertes économiques considérables.

Chapitre 08

Matériel et méthode

23. Objectif de travail :

L'objectif principal de cette étude est d'analyser l'impact de la diversité génétique sur le rendement d'extraction, la composition chimique et l'activité biologique de *Marrubium vulgare* L., une lamiacée locale, en mettant un accent particulier sur son effet push-pull et répulsif. Les échantillons de *M. vulgare* proviennent de deux régions d'Algérie : la Wilaya de Tiaret et la Wilaya de Aïn Témouchent. Plus spécifiquement, l'étude se concentre sur les aspects suivants :

- L'extraction des composés de la plante selon deux méthodes : aqueuse et organique.
- La caractérisation phytochimique qualitative des extraits aqueux et éthanoliques de la partie aérienne de *Marrubium vulgare* L.
- L'évaluation de l'effet répulsif de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *M. vulgare* L. vis-à-vis des larves de *Trogoderma granarium*, un insecte ravageur du blé stocké.
- L'évaluation de l'effet push-pull de la fraction aqueuse contre les larves de *T. granarium*.

24. Situation géographique de la zone d'étude :

La wilaya de Tiaret est située dans le nord-ouest de l'Algérie, au sein de la région des Hauts Plateaux, occupant une position stratégique reliant le nord littoral au sud saharien. Elle est limitée au nord par la wilaya de Relizane, à l'est par Tissemsilt, au sud par Laghouat, et à l'ouest par les wilayas de Saïda et de Mascara Son relief est varié, avec une altitude moyenne comprise entre 800 et 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer, incluant des plaines fertiles et des zones montagneuses. Le climat est de type semi-aride à méditerranéen, caractérisé par des hivers froids et humides et des étés chauds et secs, avec une pluviométrie annuelle variant entre 300 et 500 mm. Grâce à ses ressources naturelles et à la richesse de ses sols, la région se distingue par son potentiel agricole, notamment dans les domaines de la céréaliculture et de l'élevage (G.E.T Omrane, 2000).

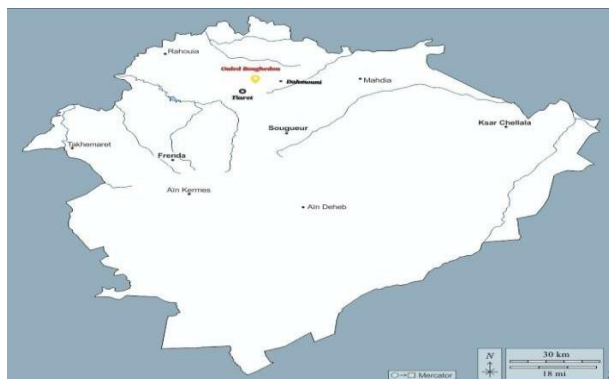


Figure 12 : situation géographique de la zone d'étude Ouled Boughadou (G.E.T Omrane, 2000).

La wilaya d'Ain Témouchent occupe une position littorale stratégique sur la Méditerranée. Elle est bordée au nord par la mer, à l'est par la wilaya d'Oran, à l'ouest par Tlemcen, et au sud par Sidi Bel Abbès (**Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales, 2022**). Dotée d'un littoral d'environ 80 kilomètres, la région présente un relief diversifié, composé de plaines côtières, de collines ondulées et de zones à faible altitude, ce qui favorise à la fois l'agriculture et le développement touristique. Le climat est de type méditerranéen, tempéré par l'influence maritime : les hivers sont doux et humides, tandis que les étés sont chauds et secs. La pluviométrie annuelle se situe généralement entre 400 et 600 mm, variant selon les zones géographiques (**G.E.T Omrane, 2000**).

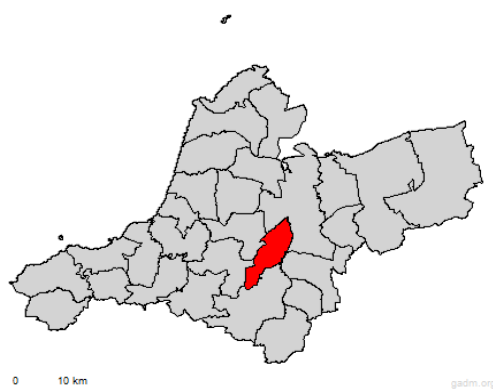


Figure 13 : situation géographique de la zone d'étude Chentouf-Ain Témouchent-(G.E.T Omrane, 2000).

25. Climatologie de la zone d'étude :

25.1. Station de mesure :

Afin de caractériser le climat de la région étudiée les données climatiques de référence proviennent de la station météorologique située dans la commune de Ouled Boughadou wilaya de Tiaret, la commune de Chentouf wilaya d'Ain T'émouchent (Nouar, 2015).

Cette station a réalisé des mesures et observations météorologiques de manière continue pendant 25 années consécutives, couvrant la période de 1991 à 2016. Les données collectées au cours de ce quart de siècle constituent une base climatique solide et représentative, permettant une analyse rigoureuse et fiable des paramètres climatiques (tels que les précipitations, les températures, les vents, etc.) propres à la zone géographique étudiée.

Wilaya TIARET :

26. Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Tiaret :

La région de Tiaret est marquée par un climat semi-aride à tendance continentale, avec des contrastes thermiques notables entre les saisons. Les étés y sont relativement courts, très chauds, secs et majoritairement dégagés, tandis que les hivers sont longs, froids, venteux et partiellement nuageux. Sur l'ensemble de l'année, les températures oscillent généralement entre 1 °C et 34 °C, avec des extrêmes rarement inférieurs à -3 °C ou supérieurs à 38 °C.

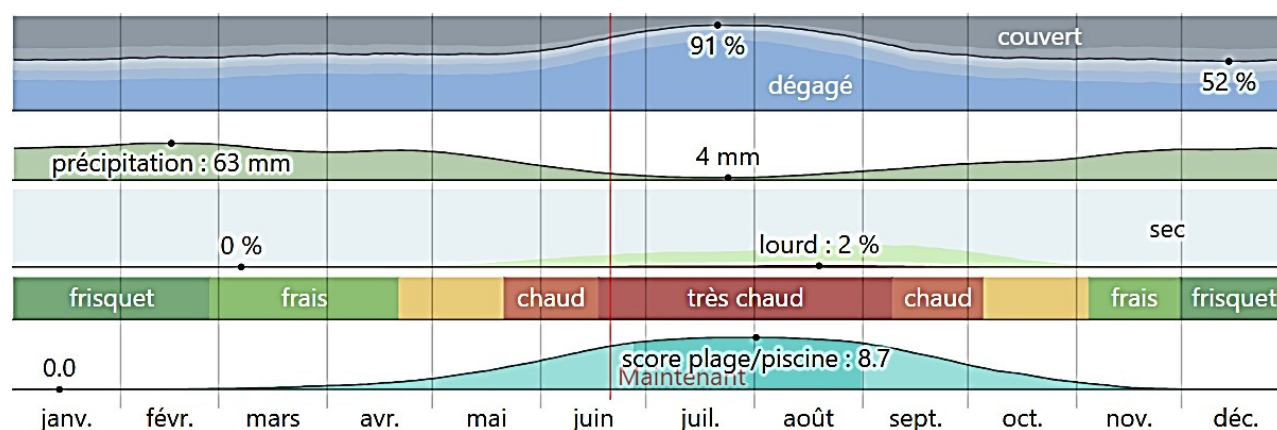


Figure 14 : Analyse climatique

26.1. Température moyenne à Tiaret :

Le climat de la wilaya de Tiaret présente des variations thermiques marquées entre les saisons. La période estivale, caractérisée par des températures élevées, s'étend approximativement du 16 juin au 10 septembre, soit une durée de 2,8 mois. Durant cette

période, la température maximale journalière moyenne dépasse les 29 °C. Le mois de juillet se distingue comme le plus chaud de l'année, avec une température maximale moyenne de 34 °C et une minimale de 18 °C.

En revanche, la saison hivernale, plus fraîche, s'étale sur environ 4,2 mois, du 16 novembre au 21 mars. Au cours de cette période, la température maximale journalière moyenne demeure inférieure à 15 °C. Le mois de janvier est le plus froid de l'année, avec une température minimale moyenne de 1 °C et une maximale de 11 °C.

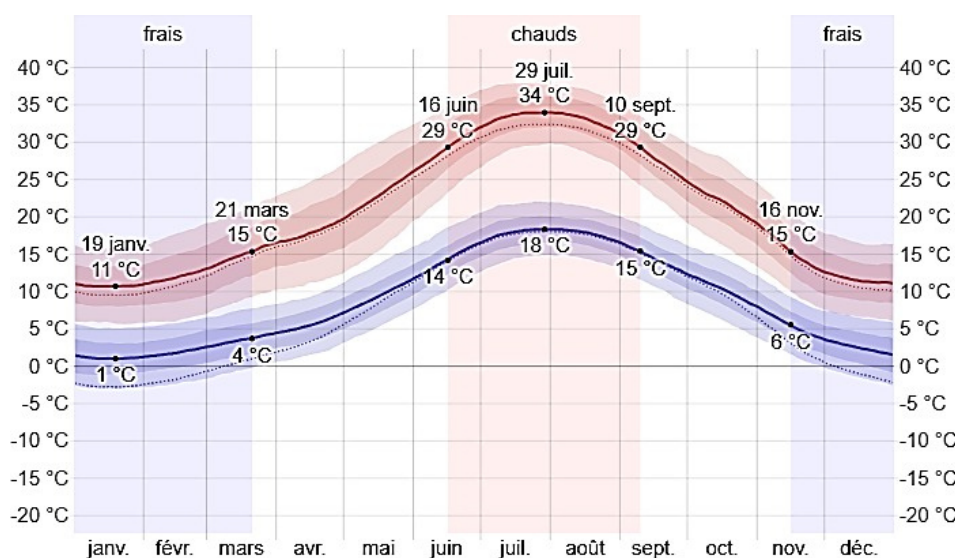


Figure 15 : Température moyenne maximale et minimale à Tiaret

La température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes.

26.2. Pluviométrie :

La wilaya de Tiaret présente un régime pluviométrique caractérisé par une forte variabilité saisonnière. Pour illustrer cette dynamique, l'analyse repose sur une accumulation glissante des précipitations sur une période de 31 jours centrée sur chaque jour de l'année, ce qui permet de mieux visualiser les fluctuations intra-annuelles.

La saison des pluies s'étend sur environ 9,8 mois, du 25 août au 18 juin, période durant laquelle les précipitations mensuelles dépassent généralement les 13 mm. Le mois de février est le plus arrosé de l'année, avec une hauteur moyenne de précipitations atteignant 61 mm.

À l'inverse, la saison sèche couvre une période plus courte, d'environ 2,2 mois, allant du 18 juin au 25 août. Le mois de juillet se distingue par un minimum pluviométrique, avec une moyenne mensuelle de seulement 5 mm de pluie.

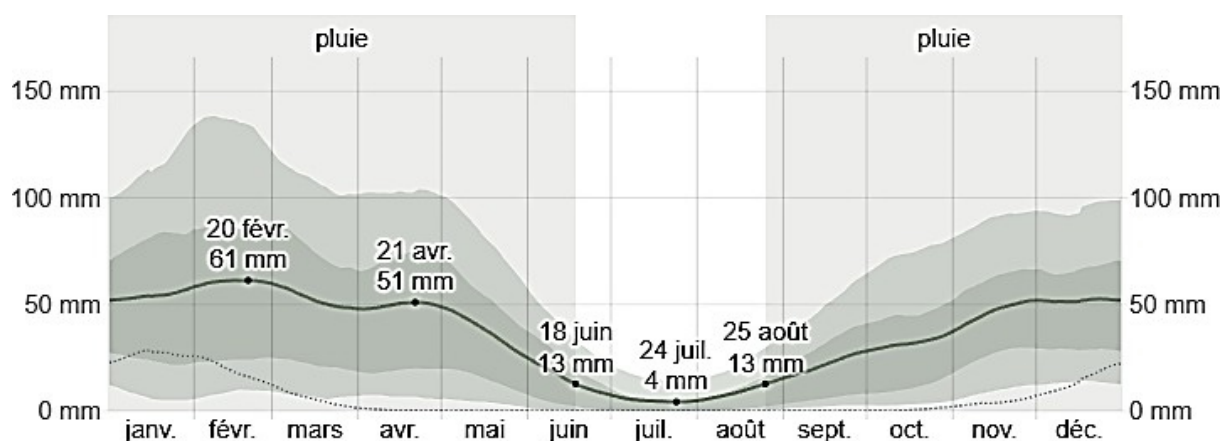


Figure 16 : Pluviométrie à Tiaret

26.3. Précipitations :

La saison humide s'étend sur environ 8,4 mois, du 15 septembre au 28 mai. Durant cette période, la probabilité quotidienne d'enregistrer des précipitations dépasse 14 %. Le mois de février enregistre le plus grand nombre de jours de précipitation, avec une moyenne de 7,1 jours atteignant ou dépassant le seuil de 1 mm. À l'inverse, la saison sèche couvre environ 3,6 mois, allant du 28 mai au 15 septembre. Le mois de juillet se distingue par un minimum de précipitations, avec en moyenne seulement 1 jour enregistrant au moins 1 mm de pluie.

Concernant la nature des précipitations, trois catégories sont distinguées : pluie uniquement, neige uniquement, ou une combinaison des deux. À Tiaret, la forme dominante est la pluie seule, qui atteint sa fréquence maximale au mois de février, avec une moyenne de 6,5 jours de pluie. Cette tendance culmine le 21 février, date à laquelle la probabilité de précipitation sous forme de pluie atteint un pic de 24 %.

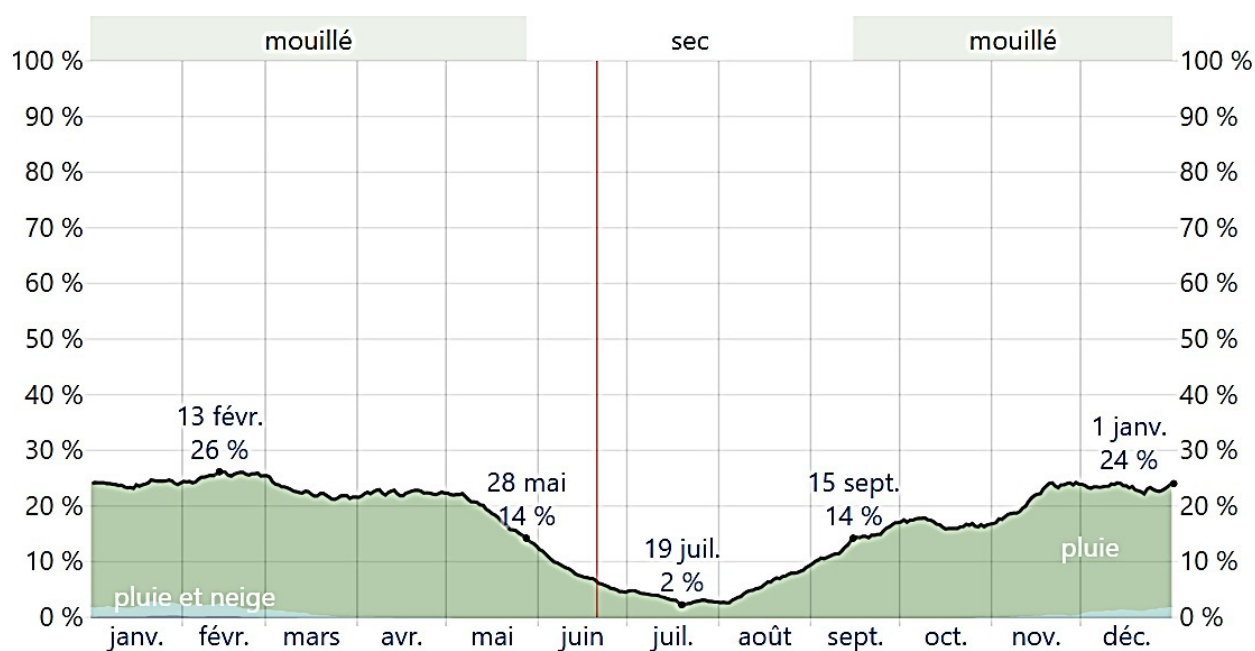


Figure 17 : Précipitations à Tiaret

27. Wilaya d'Aïn T'émouchent :

27.1. Caractéristiques climatiques générales de la wilaya d'Aïn T'émouchent :

La wilaya d'Aïn T'émouchent bénéficie d'un climat de type méditerranéen, influencé par la proximité de la mer. Ce climat se caractérise par des étés relativement courts, très chauds, modérément humides, arides et généralement dégagés. Les hivers, en revanche, sont plus longs, frais, venteux et partiellement nuageux.

Sur l'ensemble de l'année, les températures enregistrées varient en moyenne entre 6 °C et 31 °C. Les extrêmes sont peu fréquents, les températures descendant rarement en dessous de 2 °C ou excédant 35 °C.

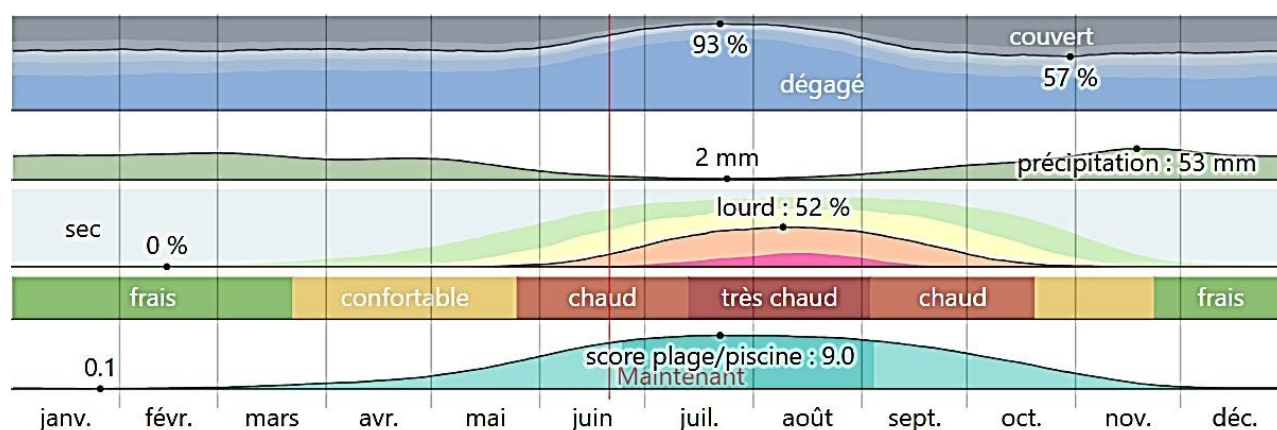


Figure 18 : Météo mensuelle pour Aïn Temouchent.

27.2. Températures moyennes à Aïn T'émouchent :

Le profil thermique annuel de la wilaya d'Aïn T'émouchent met en évidence une alternance nette entre une saison chaude et une saison fraîche. La période estivale, marquée par des températures élevées, s'étend sur environ 2,8 mois, du 24 juin au 18 septembre. Durant cette période, la température maximale quotidienne moyenne dépasse les 28 °C. Le mois d'août est le plus chaud de l'année, avec des températures moyennes maximales atteignant 30 °C et des minimales avoisinant 20 °C.

À l'inverse, la saison fraîche s'étale sur une période d'environ 4 mois, du 23 novembre au 21 mars, durant laquelle les températures maximales journalières moyennes restent inférieures à 18 °C. Le mois de janvier est le plus froid de l'année, avec des températures minimales moyennes de 6 °C et maximales de 15 °C.

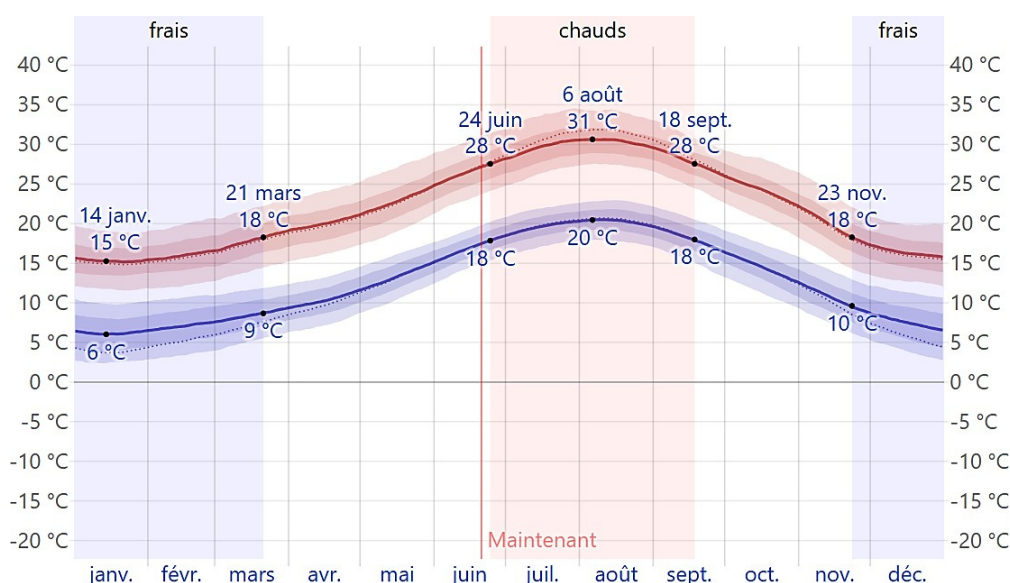


Figure 19 : Température moyenne maximale et minimale à Aïn Temouchent

La température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes.

27.3. Précipitation :

À Aïn Témouchent, un jour de précipitation est défini comme une journée au cours de laquelle une accumulation d'eau d'au moins 1 millimètre est enregistrée. La fréquence de ces jours varie sensiblement au cours de l'année, traduisant une alternance marquée entre saison humide et saison sèche.

La saison la plus pluvieuse s'étend sur environ 8,1 mois, du 15 septembre au 20 mai, période durant laquelle la probabilité quotidienne de précipitation dépasse les 12 %. Le mois de février se distingue par le plus grand nombre de jours pluvieux, avec une moyenne de 5,8 jours ayant au moins 1 mm de précipitation.

À l'inverse, la saison sèche s'étale sur 3,9 mois, du 20 mai au 15 septembre. Le mois le moins arrosé est juillet, avec une moyenne de seulement 0,5 jour de précipitation.

Concernant la nature des précipitations, trois catégories sont généralement distinguées : pluie seule, neige seule, ou un mélange des deux. Dans cette région au climat tempéré, la forme la plus fréquente est la pluie seule. Celle-ci atteint une fréquence maximale au mois de février (5,8 jours en moyenne) et culmine en probabilité autour du 20 novembre, avec une chance d'occurrence de 23 %.

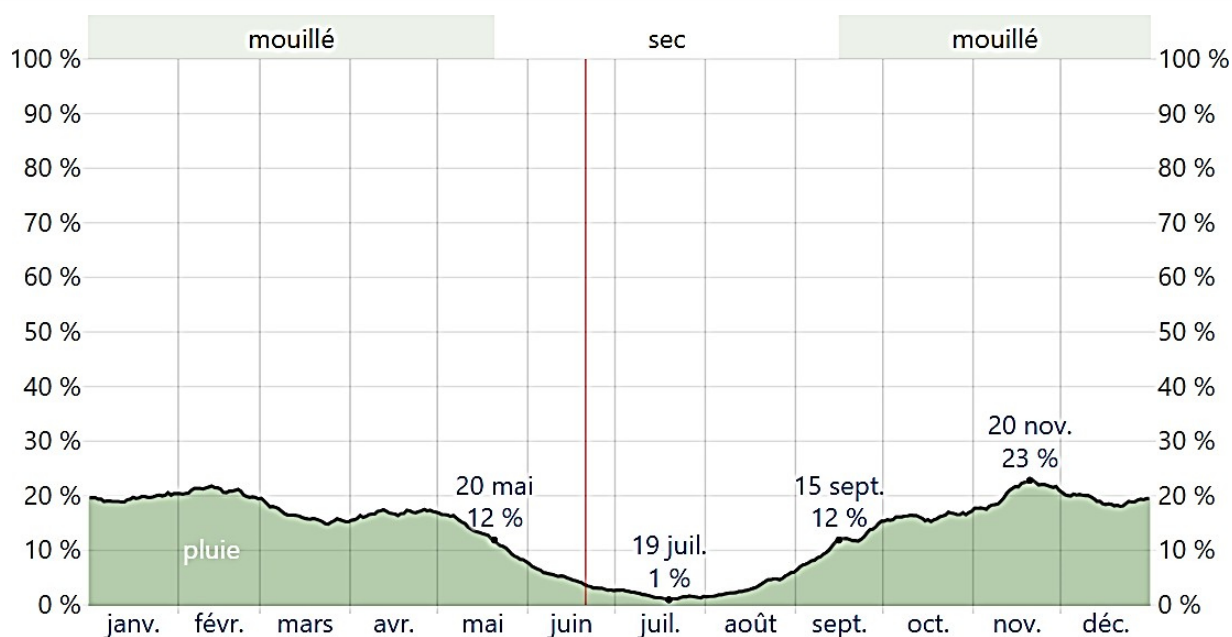


Figure 20 : Probabilité de précipitation quotidienne à Aïn Temouchent

28. Matériel végétal utilisé :

28.1. La récolte :

L'espèce végétale désignée par *M. Vulgare* a été récoltée durant le mois de janvier 2025 de deux régions : la région Ouled boughadou située au sud-ouest de la wilaya de Tiaret et la région de Chentouf située au sud –est de la wilaya de Ain Témouchent. Juste la partie aérienne de la plante a été utilisée dans notre étude.

28.2. Le séchage :



Figure 21: la partie aérienne de *M. vulgare* L (original 2025).

Les parties fraîches de la plante récoltée ont été lavées puis séchées à l'ombre. Après le séchage la partie utilisée a été récupérée placée dans des sacs en papier et stockée jusqu'à leur utilisation.

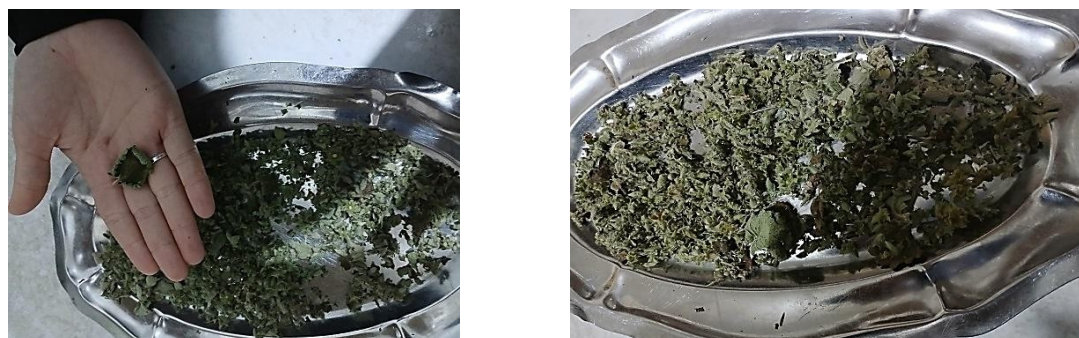


Figure 22: récupération de la partie feuille de *M. Vulgare L* (original 2025).

28.3. Broyage :

Juste avant l'utilisation de la matière sèche, un broyage a été effectué à l'aide d'un broyeur électrique pour avoir des poudres fines.



Figure 23 : Echantillon de poudre sèche (photo original, 2025).

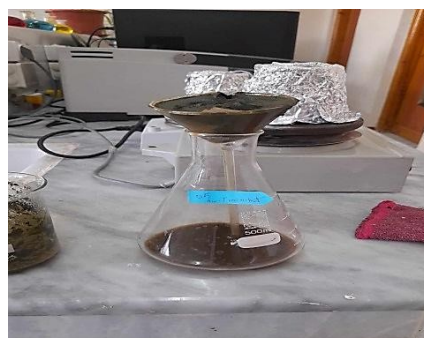
29. Préparation des extrais :

29.1. Extrait aqueux :

Après séchage la partie aérienne a été broyées puis soumise à des extractions, la poudre de plante a été extraite par macération à froid « la macération sous agitation » à température ambiante pendant 24heurs. 10g du matériel végétale a été mélangée avec 100 ml de l'eau distillée. Filtrer le mélange à l'aide d'un papier Wattman et récupérer le filtrat. Les extraits bruts sont obtenus après une évaporation dans une étuve à 40°C pendant 24 heures (Junthip *et al.*, 2013 ; Bouharb, 2014).



(A) agitation



(B) filtration



(C) séchage

Figure 24: Les étapes d'extraction aqueux (A : agitation, B : filtration, C : séchage) (photo original, 2025).

29.2. Extrait éthanolique :

Pour cela 40g de matière végétale est soumis à une extraction par une macération dans 400ml d'éthanol, le tout sous agitation pendant 24h. L'extrait a été récupéré après filtration du mélange avec un papier filtre. Le solvant a été éliminé du filtrat par évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide dans un « rota vapeur à 40°C et complètement séché dans une étuve ventilée à 40°C. Les extraits séchés ont été conservés à 4°C dans des bocaux sombres jusqu'à leur utilisation. (Evenamede *et al.*, 2017).



1.élimination du solvant



2. Séchage



3. Récupération de ex

Figure 25 : les étapes d'extraction éthanolique (1 : élimination du solvant, 2 : séchage, 3 : récupération de l'extrait) (photo original, 2025).

30. Le rendement d'extraction :

Le rendement d'extraction a été calculé après chaque étape d'extraction : Le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ est déterminé par la relation suivante :

$$R (\%) = M / M_0 \times 100.$$

R (%) : Rendement exprimé en % ;

M : Masse en gramme de l'extrait sec résultant ;

M₀ : Masse en gramme du matériel végétal utilisé

31. Criblage phytochimique qualitatifs :

Ces tests reposent généralement sur l'apparition d'une couleur caractéristique ou d'une précipitation spécifique liée à la molécule chimique recherchée, à travers des réactions menées dans des tubes. L'objectif principal est d'établir une liste des principales catégories de composés présents dans chaque plante. Les résultats ont été interprétés selon le système suivant : +++ : Très positif, ++ : Modérément positif, + : Légèrement positif, - : Négatif.

A) Détection des Alcaloïdes :

Les alcaloïdes ont été testés en utilisant 0,5ml de HCl (1%) ajouté à 1,5 ml de chaque extrait puis on ajoute 3 gouttes du réactif de Wagner Un précipité crème indique la présence des alcaloïdes (Maria John *et al.*, 2015).

B) Détection des Stérols et des Polyterpènes :

La réaction de Liebermann a permet de mettre en évidence la présence des stérols et les polyterpènes ; une quantité de 1mg de chaque extrait a été dissoute à chaud dans 1ml d'anhydride acétique dans une capsule, puis reprise dans un tube à essai dans lequel nous avons ajouté 0.5 ml d'acide sulfurique concentré L'apparition d'une coloration violette qui vire au bleu puis au vert indique la présence des stérols et des polyterpènes (Edeoga *et al.*., 2005).

C) Détection des Flavonoïdes :

Le test consiste à ajouter à 1ml d'extrait à une solution de NaOH et laisser agir 3 minutes. L'apparition d'une coloration jaune intense implique la présence des flavonoïdes.

L'ajout de quelques gouttes d'une solution acide diluée permet la persistance de la coloration (Karumi, 2004).

D) Détection des Tanins :

Pour mettre en évidence les Tanins 1 ml de chaque extrait est ajouté 200 µl de FeCl₃ 1%. Leur présence est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu-noir (Karumi, 2004).

E) Détection des Quinones :

Sur un volume de chacun de nos extraits, quelques gouttes de NaOH à 1% sont ajoutées. L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres (Oloyede, 2005).

F) Détection des Saponines (Test de mousse) :

La présence des saponines a été mise en évidence par la mesure de la hauteur de mousse. Dans un tube à essai, 10 ml de chaque extrait a été introduite. Le tube est agité vigoureusement dans le sens de la longueur pendant 15 secondes. La formation d'une mousse persistante de hauteur supérieure à 1 cm pendant plus de 15 min indique la présence de saponines (N'guessan *et al.*, 2009).

H) Anthocyanines (leucoanthocyanes) :

À 1 ml de chaque extrait est ajouté à un ml d'alcool chlorhydrique et un ml d'alcool iso-amylque. Le mélange est chauffé pendant 15 min. Coloration : Rouge-cerise violacé : leuco anthocyanes ; brun-rouge : catéchols (Oloyede, 2005).

I) Les coumarines :

1 ml d'extrait + 1 ml de la solution KOH en éthanol, l'apparence du précipité indique la présence des coumarines (Saroj, K *et al.*, 2011).

G) Anthraquinones :

A 1ml d'extrait à analyser, on introduit quelques gouttes de KOH à 10% ; après agitation la solution vire au rouge, ce qui traduit la présence des anthraquinones (Edeoga *et al.*, 2005).

K) Composés réducteurs :

1 ml de chaque extrait est chauffé dans un bain marie, puis 200 µl de réactif de Fehling est ajouté au résidu. Un test positif est obtenu par la présence d'un précipité rouge brique (Trease *et al*, 1987).

L) Mucilages :

1 ml de chaque extrait est ajouté à 5 ml d'éthanol absolu. L'apparition d'un précipité floconneux indique la présence des mucilages (Daoudi *et al.*, 2015).

M) Glycosides cardiaques :

5 ml de chacun de nos extraits est mélangé à 2 ml d'acide acétique glacial contenant une goutte de FeCl₃, puis, l'addition de 1 ml d'acide chlorhydrique concentré. La formation d'un anneau marron, violet ou vert à l'interphase indique leur présence (Khan *et al.*, 2011).

N) Les amine :

On applique sur papier filtre une goutte de chaque extrait. Après séchage à 80°C dans l'étuve, le papier est pulvérisé avec une solution de la ninhydrine. Ensuite le papier est séché une 2ème fois dans l'étuve à 110°C pendant 5min, la présence des amines est observée sous forme d'une tâche violette (MA job *et al.*, 2003).

P) Terpénoïdes (test de Slakowski) :

5 ml de chaque extrait est ajouté à 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau marron-rouge à l'interphase indique la présence des terpénoïdes (Khan *et al*, 2011).

32. Le matériel animal :**32.1. L'élevage en masse :**

Un élevage en masse de *Trogoderma granarium* a été réalisé pour mener divers tests biologiques, selon la méthode décrite par Sagheer *et al.* (2013). Des adultes de *T. granarium* ont été collectés et placés dans des bocaux en verre contenant 250 g de grains de blé dur, sains. L'élevage a été maintenu dans des conditions optimales, avec une température de $30 \pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $65 \pm 5\%$. Les bocaux ont été couverts

d'un tissu de mousseline fixé par des élastiques afin d'empêcher l'évasion des insectes et ont été correctement étiquetés. Les larves de quatrième stade(L4) ont été utilisés pour les expériences.



Figure 26: L'élevage de masse de Trogoderma Granarium (photo original, 2025).

32.2. Tests biologique :

Ce test a pour objectif d'étudier l'effet répulsif de l'extrait aqueux de la partie aérienne de la plante étudiée, sur les larves de *Trogoderma granarium*. La procédure expérimentale suivie est la suivante :

- ✓ Découper deux disques de papier filtre de 8 cm de diamètre.
- ✓ Préparer quatre concentrations différentes de la fraction aqueuse de la plante provenant de deux régions en différentes doses 5%, 10%, 15%, 20%
- ✓ Pour chaque test, traiter un demi-disque avec 2 ml de chaque concentration (5%, 10%, 15%, 20%), tandis que l'autre demi-disque reçoit uniquement de l'eau distillée.
- ✓ Laisser sécher les demi-disques traités à l'air pendant 10 minutes. Une fois l'évaporation effectuée, rassembler les deux parties traitées et les placer dans une boîte de Pétri.
- ✓ Disposer ensuite dix larves de *T. granarium* au centre de la boîte.
- ✓ Placer les boîtes dans des conditions expérimentales contrôlées.

Après 2, 4, 8 et 24 heures, compter le nombre d'insectes présents dans la partie traitée avec l'extrait, ainsi que ceux se trouvant dans la partie traitée uniquement avec de l'eau distillée. Le pourcentage de répulsivité est ensuite calculé de la manière suivante :

$$PR \% = (NC - NT) / (NC + NT) * 100$$

NC : le nombre des larves présents sur la partie de disque traité uniquement avec l'eau distillée.

NT : représente le nombre des larves présents sur la partie de disque traité avec les extraits.



Figure 27 : la boîte et l'effet sur les larves (original, 2025).

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque extraits est calculée attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (**Donald *et al.*, 1970**), qui sont présentés dans le tableau suivants:

Tableau n°06 : Classement de la répulsivité selon MCDONALD

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe 0	$PR \leq 0,1\%$	Non répulsive
Classe I	$0,1 < PR \leq 20\%$	Très faiblement répulsive
Classe II	$20 < PR \leq 40\%$	Faiblement répulsive
Classe III	$40 < PR \leq 60\%$	Modérément répulsive
Classe IV	$60 < PR \leq 80\%$	répulsive

Classe V	$80 < PR \leq 100\%$	Très répulsive
----------	----------------------	----------------

33. L'évaluation de l'effet push-pull :

Dans ce volet et à la base des résultats issus de test de répulsivité, nous avons réalisé le test push-pull en utilisant la plus faible dose (5%) comme pull et la plus forte dose (20%) comme push. Le protocole expérimental a été inspiré de celui de **Kataria & Kulkarni (2017)**, avec modification, sur le choix de l'alimentation des larves de *Trogoderma granarium*. L'alimentation choisie était des grains de blé traités avec deux doses l'une (Push) et l'autre (Pull) des deux extraits, placés dans une enceinte développée pour cet effet avec un intervalle de 15 cm.

L'effet Push-Pull est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Effet push-pull (\%)} = (\text{Pull} - \text{Push}) / (\text{Pull} + \text{Push}) * 100$$

Pull ; indique le nombre de larves sur les grains de blé traités avec l'attractif.

Push ; indique le nombre de larves sur les grains de blé traités avec le répulsif.

Analyses statistiques : Les données obtenues ont été traitées statistiquement à l'aide du logiciel SPSS v.27 et exprimées comme la moyenne plus ou moins l'erreur standard et étudiées à l'aide d'une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Les valeurs de $P \leq 0,05$ et $P \leq 0,01$ ont été considérées comme significatives et hautement significatives différentes, respectivement.



Figure 28: le dispositif des boîtes traitées de test push pull (Original, 2025).

Chapitre 09

Résultats et discussion

Résultat et discussion

34. Rendement d'extraction :

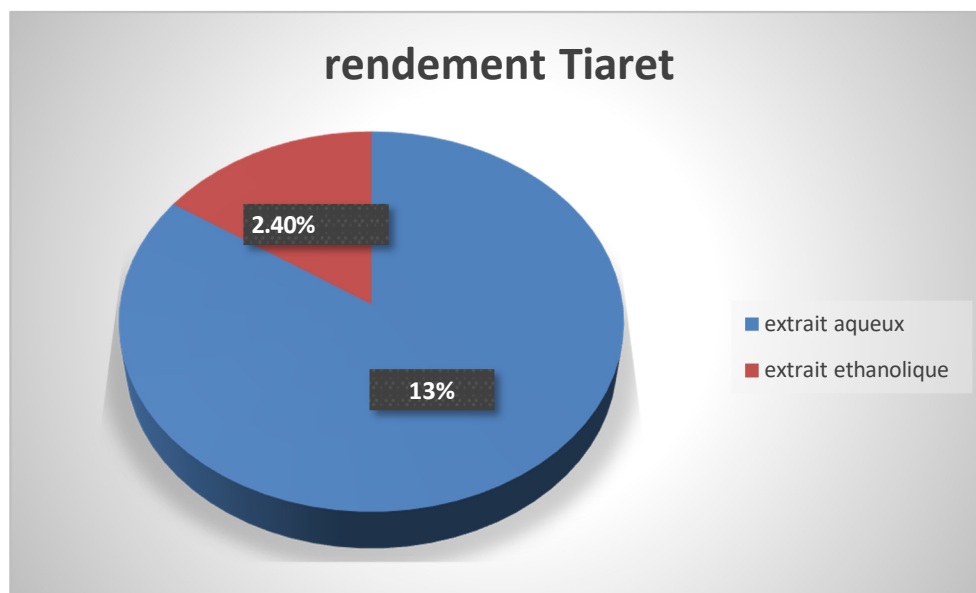


Figure 29 : Rendement d'extraction aqueux et éthanolique de *M.vulgare L* provenant de Tiaret

Les résultats d'extraction obtenus montrent un rendement d'extraction de 2.40 % pour l'extrait éthanolique et 13% pour l'extrait aqueux. Cette différence marquée peut s'expliquer par plusieurs facteurs notamment la nature du solvant utilisé la technique d'extraction employée ainsi que la composition biochimique des extraits obtenus.

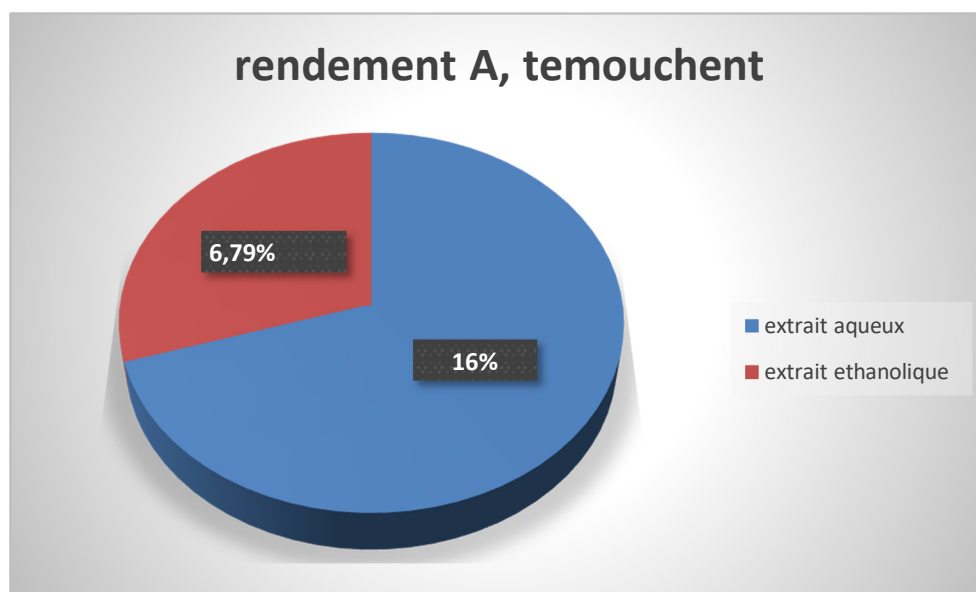


Figure 30 : Rendement d'extraction aqueux et éthanolique de *M. vulgare* provenant de Aïn Témouchen

La quantification de l'efficacité de deux méthodes d'extraction différentes (aqueuse et éthanolique) pour les composés bioactifs de la plante *M. vulgare L.* Ces données indiquent l'efficacité des solvants dans l'extraction des métabolites secondaires ou d'autres phytochimiques, l'extraction aqueuse montrant un rendement plus élevé en substances extraites (16%) par rapport à l'extraction éthanolique (6,79%) dans les échantillons prélevés dans la région d'Ain Témouchent. Ces informations sont cruciales pour déterminer la méthode optimale d'extraction des composés d'intérêt pharmaceutique ou nutritionnel de cette espèce végétale.

La concentration en extraits secs peut fluctuer en fonction de divers éléments, tels que les conditions d'extraction comme la température, la nature du solvant, la taille des particules et le taux de diffusion du solvant. Des recherches précédentes ont prouvé que l'extraction à haute température et l'emploi de l'eau en tant que solvant tendent habituellement à donner des taux d'extraits secs plus importants, par rapport à l'extraction effectuée à température ambiante ou avec d'autres solvants tels que le méthanol. Ces constatations sont en accord avec les résultats trouvés dans cette recherche sur le *M.vulgareL* .

D'après **Bouyahya et al. (2017)** , l'extraction aqueuse des feuilles de *M.Vulgare L* par décoction a produit un rendement de 7,4%, Cette recherche a souligné l'abondance de polyphénols solubles dans l'eau et de flavonoïdes présents dans l'extrait.

À l'instar de **Boulfia et al. (2020)**, Qui ont mentionné un rendement de 7,8% pour l'extrait aqueux obtenu par infusion, ils ont mis en évidence que l'utilisation de l'eau chaude favorise une plus grande libération des composés phénoliques et des tanins. L'extrait éthanolique a montré un rendement plus important que celui de l'extrait aqueux, qui a enregistré une valeur de 6.5% (**Zekri et al, 2013**).

D'après **Boulfia et al. (2020)**, L'extraction des feuilles séchées de *M. vulgare L* par macération dans de l'éthanol à 96% a produit un rendement de 13,2%. Ceci est considéré comme un rendement élevé comparé aux solvants plus polaires tels que l'eau.

Selon **Djilani et al. (2006)**, La méthode (**Soxhlet**) a permis d'obtenir un rendement variant entre 10% et 15%, en fonction de la partie de la plante utilisée (feuilles). La recherche a démontré la capacité de l'éthanol à isoler des composés lipophiles, comme les huiles essentielles et les diterpènes.

En revanche, notre rendement reste inférieur à celui observé par **Boutelis (2013)**, qui a atteint 24,34 %, ainsi qu'à celui de **Pukalskas et al. (2012)**, qui ont rapporté un rendement méthanolique de 20,1 % chez la même espèce. Un rendement encore plus élevé, de l'ordre de

39,2 %, a été obtenu par **Kanyonga et al. (2011)**, toujours à partir de *Marrubium vulgare*. Ces derniers soulignent d'ailleurs la richesse de l'extrait méthanolique de cette plante en métabolites secondaires.

Il convient toutefois de souligner que la comparaison directe entre ces résultats reste délicate. En effet, le rendement d'extraction est une donnée relative, fortement influencée par la méthode utilisée, mais aussi par d'autres facteurs tels que les caractéristiques génétiques de la plante, son origine géographique et les conditions de récolte (**Lee et al., 2003**).

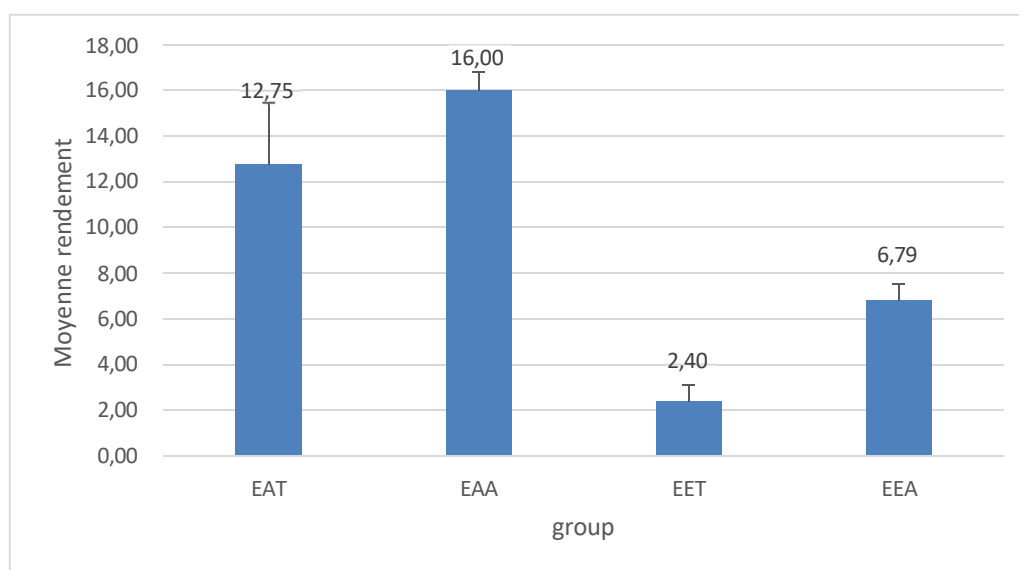


Figure 31: le rendement d'extraction de la poudre végétale de *M. vulgare L* provenant des deux régions

Les résultats de l'étude ont révélé des différences significatives dans les rendements d'extraction en fonction du solvant utilisé entre les poudres végétales de régions différentes. Le rendement le plus élevé a été observé avec l'extrait aqueux de la poudre végétale provenant de Aïn Té mouchent (EAA), atteignant 16,00 %, suivi de l'extrait aqueux de la poudre végétale provenant de Tiaret (EAT) avec un rendement de 12,75 %. Une différence très claire a été enregistrée de la fraction éthanolique extraite de poudres des deux régions ; Tiaret (EET) et Aïn Témouchent (EEA), avec des rendements de 2,40% et de 6.79%, respectivement.

Les caractères génétiques des plantes peut influencer le rendement d'extraction, veut dire que son génotype peut avoir des capacités variables à synthétiser et accumuler les composés bioactifs, ce qui impacte directement le rendement d'extraction. Comme s'est

montré par d'autres études, la variabilité génétique contrôle la production et la qualité de la biomasse, y compris la durée du cycle végétatif (Thera. K, 2017).

Les conditions environnementales propres à chaque région d'origine des plantes, telles que le climat, la nature du sol, l'altitude ou encore la disponibilité en eau, influencent fortement le métabolisme végétal ainsi que la biosynthèse des composés actifs. Ces variations peuvent se traduire par des différences notables dans la quantité et la qualité des métabolites produits, ce qui explique l'écart observé dans les rendements d'extraction entre les plantes issues de régions distincte.

Il convient toutefois de souligner que la comparaison directe entre ces résultats reste délicate. En effet, le rendement d'extraction est une donnée relative, fortement influencée par la méthode utilisée, mais aussi par d'autres facteurs tels que les caractéristiques génétiques de la plante, son origine géographique et les conditions de récolte (Lee *et al.* 2003).

En conclusion, le choix du solvant constitue un facteur déterminant dans l'efficacité de l'extraction. L'utilisation de solvants mixtes, notamment les mélanges eau/éthanol, représente une stratégie optimale pour améliorer l'extraction des métabolites secondaires à potentiel thérapeutique, comme l'ont souligné plusieurs travaux dans les domaines de la phytopharmacologie et de la chimie bioanalytique. (Sasidharan *et al.*, 2011)

35. Screening phytochimique :

La détermination de la composition phytochimique des parties aériennes de *M. vulgare L* par les réactions de coloration et de précipitation, nous ont permis de constater la présence de différents groupes chimiques. Les résultats sont exprimés dans le tableau

Tableau n°07: résultats du screening phytochimique des feuilles de *M.vulgareL* d'origine de Tiaret

Composés phytochimiques recherché	Extrait aqueux (Tiaret)	Extrait éthanolique (Tiaret)
Les Alcaloïdes	+	++
Les flavonoïdes	+++	+++
Les tanins	++	+
Les saponines	+	+
Les stéroïdes	+	+

Les terpénoides	-	+
quinones	++	++
Les coumarines	+	++
Anthraquinones	-	+
Composés réducteurs	+	+
Mucilages	++	-
Glycosides cardiaques	-	+
Les amines	+	-
Terpenoides	+	++

Présence : + présence moyenne : ++ présence forte : +++ absence : -

L'analyse phytochimique comparative des extraits aqueux (EA) et éthanoliques (EE) de *M. vulgare L* issue de la poudre végétale d'origine de Tiaret, révèle une composition variée en métabolites secondaires selon le solvant utilisé. Les flavonoïdes, coumarines, quinones, anthocyanines, anthraquinones, glycosides cardiaques et terpénoïdes sont mieux extraits par l'éthanol, soulignant son efficacité pour solubiliser les composés lipophiles à fort potentiel pharmacologique. En revanche, les tanins, saponines, mucilages et amines, à caractère plus hydrophile, sont majoritairement présents dans l'extrait aqueux. Les composés réducteurs se retrouvent dans les deux extraits à des niveaux comparables. Ces résultats mettent en évidence la complémentarité des deux types d'extraits et soutiennent la valorisation de *M. vulgare L* selon les cibles bioactives recherchées.

Tableau n°08: résultats du screening phytochimique des feuilles de *M.vulgare L* d'origine d' Aïn Témouchent

Composés phytochimiques recherché	Extrait aqueux (Ain Témouchent)	Extrait éthanolique (Ain Témouchent)
Les Alcaloides	+	++
Les flavonoides	++	+
Les tanins	+	+
Les saponines	+	+
Les stéroïdes	-	+
Les terpénoides	+	+
quinones	-	++

Les coumarines	+	++
Anthraquinones	-	+
Composés réducteurs	++	+
Mucilages	+	-
Glycosides cardiaques	-	+
Les amines	+	-
Terpenoides	+	++

Présence : + présence moyenne : ++ présence forte : +++ absence : -

L'analyse phytochimique d'un extrait aqueux et d'un extrait éthanolique d'une plante originaire de la région d'Aïn T'émouchent, révèle des différences significatives dans la composition chimique selon le solvant utilisé. Cependant, l'extrait éthanolique est particulièrement riche en composés non-polaires ou semi-polaires tels que les alcaloïdes, quinones, coumarines, stéroïdes, anthraquinones et glucosides cardiotoniques, tandis que l'extrait aqueux montre une teneur plus élevée en composés polaires comme les flavonoïdes, les composés réducteurs, les mucilages et les amines.

Ces résultats soulignent l'importance du choix du solvant dans l'extraction des principes actifs d'une plante et mettent en évidence le potentiel pharmacologique différencié de chaque type.

Nos résultats concordent entièrement avec ceux rapportés par **Hayat *et al.* (2020)** Qui ont signalé la présence de flavonoïdes et de tanins cathéchiques, ainsi que l'absence d'alcaloïdes, de tanins galliques et de coumarines dans la partie aérienne de la plante. Une autre recherche menée par **Yousef *et al.* (2014)**, (**Yousefi *et al.* (2014)**).atteste de l'existence des flavonoïdes, ainsi que ces résultats de cette étude ont révélé la présence de concentrations significatives de composés phénoliques et flavonoïdes, renforçant leur pouvoir antioxydant. **Benammar *et al.* (2015)**, ont rapporté que la teneur totale en composés phénoliques avait enregistré une valeur élevée, et où les tests DPPH et ABTS avaient démontré une forte activité anti-radicalaire. Une étude de **Benmehdi *et al.* (2012)** a confirmé la présence de quantités significatives de phénols et de flavonoïdes dans les extraits alcooliques de la plante. La teneur totale en phénols a atteint 112,65 mg GAE/g d'extrait, un pourcentage relativement élevé indiquant une capacité antioxydante significative.

D'autre part, une étude de **Chauhan et al. (2011)** indique que le principal composé caractérisant cette plante est la marrubiine, un diterpène amer aux propriétés anti-inflammatoires, bronchodilatatrices et analgésiques. Son isolement et sa structure chimique ont été déterminés dans plusieurs études, ce qui en fait un indicateur phytochimique clé pour les utilisations médicinales du *Marrubium vulgare* L.

La présence de tanins et d'alcaloïdes a également été confirmée dans une étude de **Boudjelal et al. (2013)**, qui a montré que les extraits aqueux et alcooliques contiennent des niveaux modérés de ces composés, contribuant à leur efficacité antimicrobienne et anti-inflammatoire.

Techniquement, l'utilisation de solvants polaires tels que l'éthanol et le méthanol, comme dans cette étude, s'est avérée plus efficace pour extraire les composés actifs que les solvants non polaires. Ceci est également confirmé par **Mouhajir et al. (2001)**, qui ont constaté que l'activité biologique est étroitement liée au pourcentage de composés phénoliques et de flavonoïdes extraits.

Zekri et al. (2013), ont démontré que l'extrait aqueux de la partie aérienne de *M. vulgare* renferme des stérols, des polyterpènes, des saponines et des substances réductrices, même si son rendement (environ 6,5%) est moins élevé que celui obtenu avec l'éthanol.

La diversité génétique constitue un facteur déterminant dans la variation de la composition chimique des plantes, même au sein d'une même espèce cultivée dans des régions différentes. À titre d'exemple, une étude portant sur *Rosmarinus officinalis* (romarin) a mis en évidence que les différences génétiques entre des populations originaires de Corse et du Maroc influencent significativement la teneur en composés des huiles essentielles, notamment en verbénone et en cinéole. Ces variations ne sont pas uniquement dues aux conditions environnementales (climat, nature du sol, etc.), mais également à l'adaptation des génotypes aux spécificités locales. Cette adaptation se traduit par une modulation de l'expression des gènes impliqués dans la biosynthèse des métabolites secondaires, générant ainsi des profils chimiques distincts. Par conséquent, la combinaison entre variabilité génétique et facteurs écologiques explique la diversité des concentrations en composés bioactifs, soulignant la nécessité de procéder à des analyses chimiques rigoureuses pour assurer la qualité et la standardisation des extraits végétaux (**Zaouali et al., 2010**).

36. Evaluation de l'activité biologique de *M. vulgare* L

36.1. L'évaluation de l'effet répulsif de l'extrait aqueux de *M. vulgare* L provenant de deux régions différentes :

Les résultats d'évaluation de l'activité répulsive des poudres végétales d'origine d'Aïn T'émouchent et de Tiaret sont présentés dans les figure n°32 et n°33

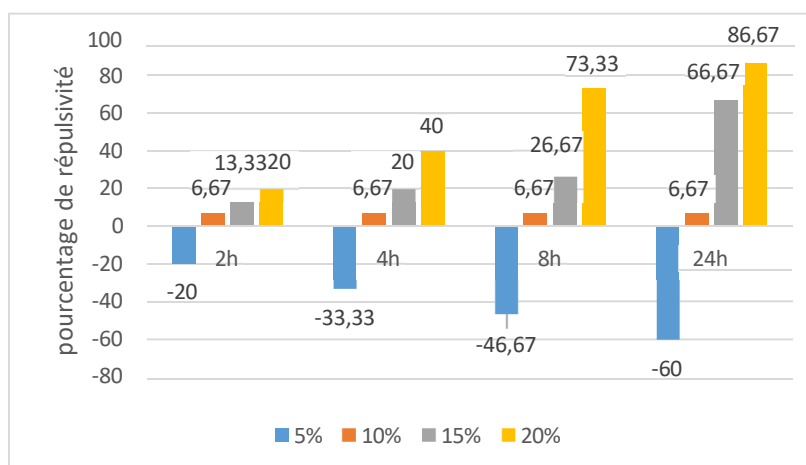


Figure 32 : Etude de l'effet répulsif de l'extrait aqueux de *M. vulgare* L d'origine de Ain T'émouchent

L'évolution du pourcentage de répulsivité de l'extrait aqueux de *Marrubium vulgare* L collecté dans la région d'Aïn T'émouchent, appliqué à différentes concentrations (5 %, 10 %, 15 %, 20 %) et analysé sur une période de 2 h à 24 h, a révélé une différence très hautement significative ($F= 131, p = 0.001$) de l'effet répulsif en fonction de dose et temps ; à mesure que la concentration augmente, l'activité répulsive devient de plus en plus marquée, en particulier au-delà de 8 heures. La concentration de 20 % montre une performance remarquable, atteignant 86,67 % de répulsivité après 24 h, contre seulement 6,67 % pour la concentration de 5 % à la même durée. Inversement, cette dernière affiche même un effet attractif aux premières heures (-20 % à 2 h, -60 % à 24 h), suggérant une possible attractivité à faible dose.

Ce résultat met en évidence que non seulement la teneur en principes actifs (comme les flavonoïdes, diterpènes et huiles essentielles) est importante, mais aussi que le temps de contact joue un rôle déterminant dans l'expression de l'effet répulsif. À 8 h, on observe un pic brutal à 73,33 % pour l'extrait à 20 %, ce qui indique probablement le déclenchement tardif de composés volatils bioactifs.

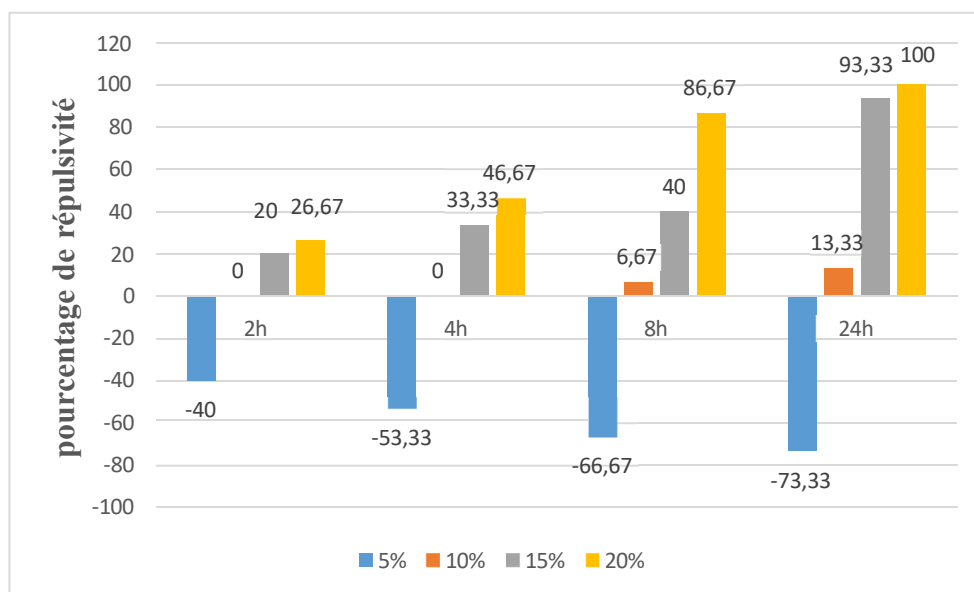


Figure 33: Etude de l'effet répulsif de l'extrait aqueux de *M. vulgare L* d'origine de Tiaret

L'analyse de nos résultats a montré qu'il y a une différence très hautement significative de l'effet répulsif en fonction de dose et temps ($f= 562.285$; $p \leq 0.001$) d'extrait dérivé de la biomasse végétale d'origine de Tiaret, sur les larves de *T. granarium* manifeste une réaction dépendante de la concentration notable. À une concentration de 5%, l'extrait démontre un effet d'attraction notable qui s'accroît avec la durée d'exposition, allant d'un pourcentage de -40% à 73.33% après une exposition de 2 et 24 h, respectivement. Ce phénomène indique que les composés volatils présents en concentration réduite pourraient fonctionner comme des attractifs. Par contre à 20%, l'extrait déploie un fort effet repoussant, qui grimpe à 100% après une exposition de 24 heures. Cette action répulsive, qui augmente graduellement au fil du temps, signale la présence de composés bioactifs fortement concentrés susceptibles de provoquer une réaction d'évitement chez les larves. Le passage d'un effet d'attraction à une répulsion en fonction de la concentration met en évidence la complexité des interactions entre l'extrait et le comportement des insectes.

Ces résultats rejoignent ceux obtenus par **Boudebouz et al. (2017)** sur l'effet répulsif des plantes aromatiques en zone semi-aride d'Algérie, où ils ont montré que l'extrait hydroalcoolique de *Rosmarinus officinalis* à 20 % présentait une répulsivité maximale de 80 % à 24 h contre *Tribolium castaneum*. Cela prouve que l'efficacité de *M. vulgare L* n'est pas seulement comparable, mais potentiellement supérieure dans certains cas.

De même, une étude menée par **Khellaf et al. (2020)** sur *Artemisia herba-alba* a révélé que les extraits aqueux perdaient rapidement leur efficacité après 8 h. Cela contraste fortement

avec *M. vulgare L.*, qui montre ici une persistance et une montée en puissance progressive de son activité.

L'activité répulsive des huiles essentielles et des composés bioactifs à l'égard des insectes de stockage varie en fonction de leur profil chimique, des interactions synergiques ou additives entre les constituants, ainsi que de la sensibilité propre à chaque espèce d'insecte (Das et al., 2021). Par ailleurs, Chen et al. (2019), ont mis en évidence l'efficacité répulsive de l'huile essentielle extraite des graines d'*Alpinia katsumadai* (famille des Zingiberaceae) à l'aide de la méthode de préférence de zone. L'étude a démontré une activité répulsive marquée contre plusieurs insectes nuisibles tels que *Liposcelis bostrychophila*, *Tribolium castaneum* et *Lasioderma serricorne*, avec des taux de répulsivité dépassant 90 % à des concentrations de 3,15, 15,73 et 78,63 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, après seulement 2 à 4 heures d'exposition.

L'effet répulsif de *M. vulgare L.* a été mis en évidence dans plusieurs études expérimentales. Alqurashi et Bakhawain (2022) ont évalué l'activité répulsive de l'extrait éthanolique de cette plante contre le puceron du cotonnier (*Aphis gossypii*) à différentes concentrations. À 500 ppm, l'extrait a montré un taux de répulsion significatif de 86,7 %, confirmant ainsi son efficacité potentielle en tant qu'agent répulsif d'origine végétale. Les auteurs suggèrent que la richesse de *M. vulgare* en composés phénoliques et flavonoïdes contribue à cet effet.

Ces données démontrent que *Marrubium vulgare L.* de la région d'Aïn T'émouchent présente un fort potentiel comme agent bio-répulsif naturel, particulièrement à haute concentration. Son efficacité croissante dans le temps renforce sa pertinence dans des applications de lutte biologique durable. Comparativement à d'autres plantes médicinales locales étudiées dans la littérature, *M. vulgare* se distingue par la stabilité prolongée et l'intensité de son effet, notamment à 20 %.

37. Résultats d'évaluation de l'effet Pull-push

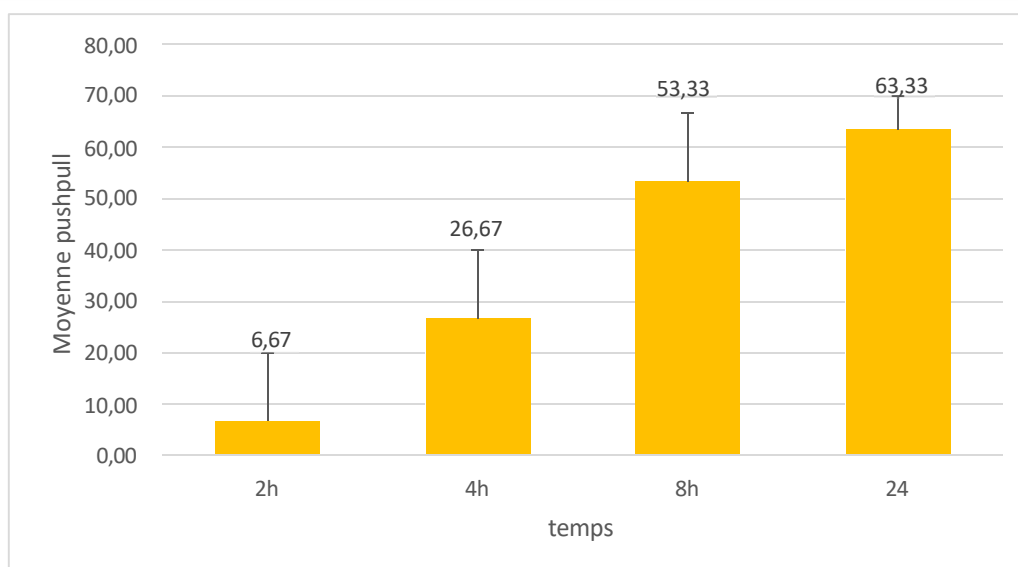


Figure 34 : effet push-pull d'extrait aqueux de *M. vulgaris* L d'origine de Tiaret

D'après les résultats nous remarquons une augmentation très hautement significative ($F=18.333$, $p \leq 0.001$) d'effet push-pull de l'extrait aqueux obtenu de la poudre végétale de *M. vulgaris* L provenant de Tiaret, en fonction de temps. L'effet push-pull moyen augmente progressivement d'une moyenne de $6,67 \pm 6.67$ après 2 heures d'exposition, à une moyenne de $63,33 \pm 3.33$ après 24 h de traitement. Des moyennes d'effet push-pull ont été enregistrées de 26.67 ± 6.67 après 4h et de 53.33 ± 6.67 , après 8h d'expérimentation.

Cela suggère que les composés actifs responsables de la cet effet nécessitent du temps pour exercer leur plein effet ou que la réponse des larves s'intensifie avec une exposition prolongée. Cette différence statistique très hautement significative ($p \leq 0,001$) confirme que les différences observées dans l'effet push-pull à travers les différents points temporels ne sont pas dues au hasard. Cela fournit une preuve statistique solide que le temps est un facteur significatif influençant l'activité de l'extrait.

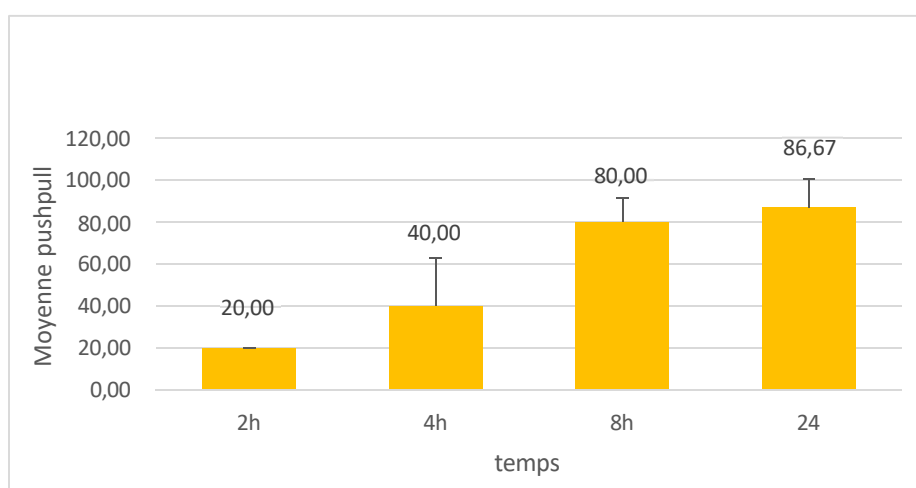
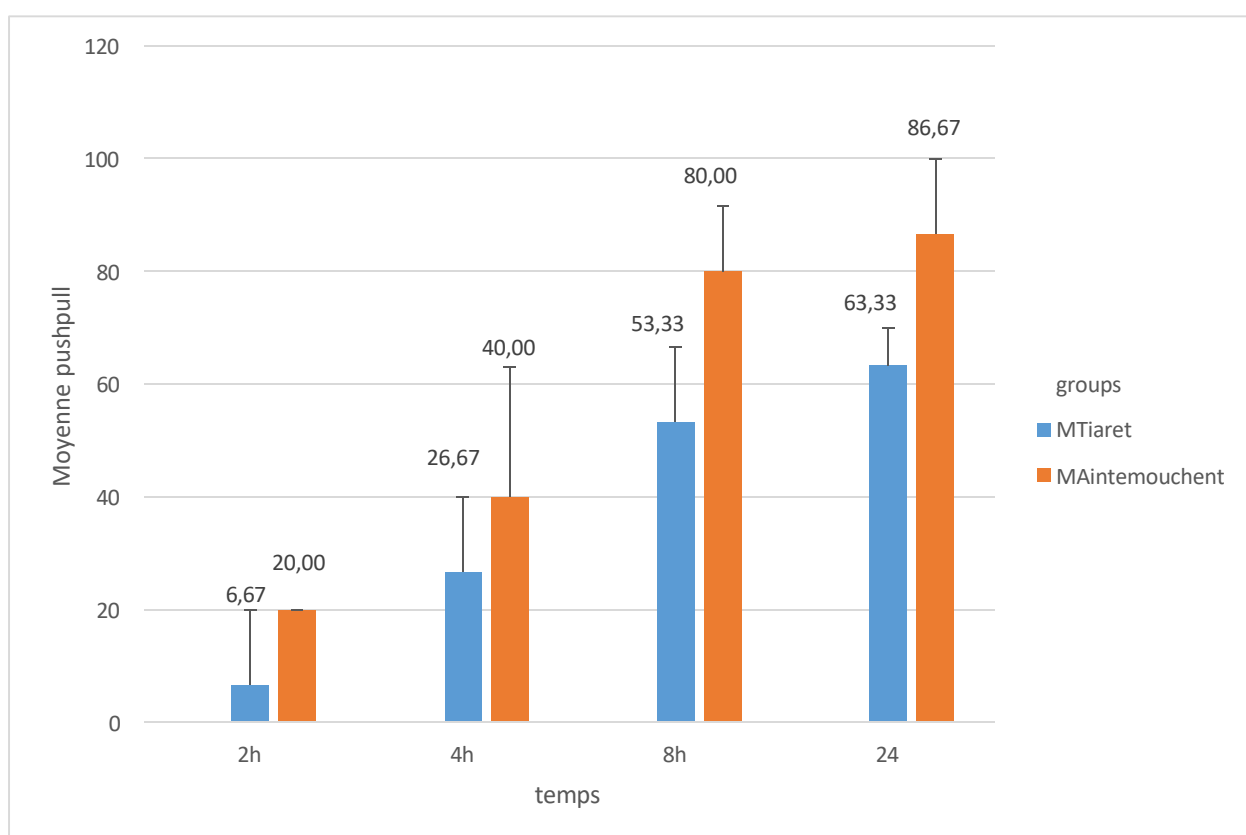


Figure 35: effet pull-push d'extrait aqueux de *M. vulgare* L d'origine de Ain T'émouchent

Les résultats montrent une augmentation très hautement significative ($F=19.368$, $p \leq 0.001$) d'effet pushpull de *M. vulgare* obtenus dans la région d'Ain T'émouchent en fonction du temps. La moyenne est passée de $20,00 \pm 0,00$ après 2 h à $86,67 \pm 6,67$ après 24 h de traitement. Cependant l'intervalle du temps de 4 et 8h ont noté des moyennes d'effet push-pull de $40,00 \pm 1.54$ et de $80,00 \pm 5.77$, respectivement.

**Figure 36: comparaison de l'effet push pull de *M. vulgare* L des deux régions**

A titre de comparaison des résultats obtenus de l'effet push-pull des deux fractions aqueuses, on peut signaler que, le plus grand écart a été observé à 24 heures, avec un effet d'Ain T'émouchent démontrant un taux de **86,67%**, surpassant largement les **63,33%** de Tiaret. Cette variation notable suggère fortement des différences régionales dans la composition phytochimique de *M. vulgare*. Les résultats comparant les régions de Tiaret et Ain T'émouchent montrent que l'effet push-pull de la plante *M. vulgare* augmente de

manière significative avec le temps dans les deux régions. Cependant, la région d'Aïn

T'émouchent a enregistré des valeurs globalement plus élevées, notamment après 8 heures (80,00% contre 53,33%) et 24 heures (86,67% contre 63,33%).

Il est bien établi que des éléments environnementaux comme la structure du sol, le climat et l'exposition au soleil ont un impact sur la biosynthèse et l'accumulation de métabolites secondaires tels que les diterpènes (comme la marrubiine), les flavonoïdes et les huiles essentielles, qui sont responsables de l'activité biologique de la plante. Il est probable que les variations observées dans l'efficacité soient dues à des divergences dans la concentration ou le profil spécifique de ces composés répulsifs (Acimović *et al.* 2020 ; Reshi *et al.* 2023).

Cette différence est probablement due à l'impact des facteurs environnementaux tels que le type de sol, l'humidité et la température, qui influencent directement l'accumulation des composés actifs dans la plante. Ces résultats confirment ceux de l'étude de (Toumi *et al.*, 2020). Qui ont indiqué que *M. vulgare* cultivée dans des environnements différents montre une variation dans la concentration des composés phénoliques et antioxydants. L'étude a également précisé que la concentration du principal composé, le marrubiin, varie selon les conditions de croissance et de séchage, ce qui explique la différence marquée observée.

L'étude de (Benayache *et al.*, 2014). Qui a montré que la teneur de *M. vulgare* en composés actifs est influencée par des facteurs environnementaux et géographiques, indiquant que les plantes cultivées dans les zones côtières ou humides contiennent généralement un pourcentage plus élevé de substances antioxydantes par rapport à celles cultivées dans les zones intérieures ou arides.

En somme, les résultats obtenus confirment que le rendement d'extraction, la composition phytochimique et l'activité biologique de *M. vulgare* L varient significativement en fonction des conditions environnementales (climat, sol, altitude) et, surtout, de la diversité génétique des populations locales. Ces facteurs influencent la biosynthèse et l'accumulation des métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les diterpènes (comme la marrubiine) et les huiles essentielles (Bouterfas *et al.* 2016 ; Akula & Ravishankar, 2011). Il est donc essentiel de tenir compte de l'origine géographique et génétique de la plante pour valoriser ses propriétés biologiques de manière optimale.

Conclusion

Conclusion

Ce travail a permis d'évaluer l'impact de la méthode d'extraction et de l'origine géographique sur la composition phytochimique et l'activité biologique de *Marrubium vulgare*, récolté dans les régions de Tiaret et d'Aïn Témouchent. L'objectif principal était de valoriser cette plante médicinale à travers l'analyse comparative de ses extraits aqueux et éthanoliques, et d'étudier leur efficacité en tant qu'agents répulsifs et push-pull contre les larves et adultes de *Trogoderma granarium*.

Les résultats ont révélé une variation significative des rendements d'extraction selon le solvant utilisé. Les extraits aqueux ont montré un rendement supérieur (13 % pour EAT et 16 % pour EAA), comparé aux extraits éthanoliques (2,40 % pour EET et 6,79 % pour EEA) respectivement, ce qui témoigne de la meilleure solubilité des composés polaires dans l'eau.

Le criblage phytochimique a mis en évidence une richesse variée de deux matières végétales provenant de deux régions selon les solvants avec une concentration plus importante dans EAA et EEA, comparée avec celle d'EAT et EET. L'extrait éthanolique était plus concentré en composés non polaires tels que les coumarines, les quinones et les anthraquinones, tandis que l'extrait aqueux s'est avéré riche en flavonoïdes, en mucilages, en amines et en composés réducteurs.

D'un point de vue biologique, *M. vulgare* L a démontré un effet répulsif remarquable, atteignant 86,7 % à 20%, ainsi qu'un effet push-pull fortement significatif, surtout avec EAA et EEA (jusqu'à 86,67 % après 24 heures). Ces résultats confirment le potentiel répulsif de cette plante, étroitement lié à sa teneur en métabolites secondaires tels que les phénols, flavonoïdes et diterpènes, en particulier la marrubiine.

L'ensemble des données confirme que l'origine géographique, la méthode de séchage, le choix du solvant, ainsi que la diversité génétique de la plante, influencent de manière déterminante son efficacité biologique. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études antérieures, et confèrent à *M. vulgare* L un rôle clé dans plusieurs domaines, tels que la phytothérapie et la lutte biologique durable,

En définitive, la diversité génétique des plantes aromatiques, à l'image de *Marrubium vulgare* L, constitue une ressource précieuse tant pour la recherche que pour les applications industrielles et pharmaceutiques. Elle permet de valoriser des génotypes adaptés à différents contextes écologiques, tout en offrant une variabilité intéressante en termes de rendement, de

Conclusion

composition chimique et d'activités biologiques. Mieux comprendre et exploiter cette diversité représente donc un enjeu majeur pour le développement durable des filières de plantes médicinales, en assurant à la fois la conservation des ressources naturelles et l'optimisation de leur utilisation.

Perspectives

En vue de valoriser davantage *Marrubium vulgare L* et d'optimiser son usage dans des applications biologiques et industrielles, plusieurs axes de recherche méritent d'être explorés : Amélioration des méthodes d'extraction permettant d'augmenter les rendements sans altérer la qualité des extraits.

Isolement et identification structurelle des biomolécules actives responsables des effets répulsifs et insecticides, notamment les diterpènes, flavonoïdes et huiles essentielles. Analyse phytochimique et toxicologique des différentes parties de la plante (racines, tiges, fleurs) à divers stades de développement afin de cibler les organes les plus riches en composés actifs.

Application pratique : envisager l'usage de ces extraits pour la désinfection écologique des locaux de stockage, en évitant l'application directe sur les grains pour préserver leurs qualités organoleptiques.

Développement de pièges biologiques à effet push-pull intégrant les extraits de *M. vulgare L*, dans le cadre de programmes de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des denrées stockées.

Références

Référence :

A

Aćimović, M., Jeremić, K., Salaj, N., Gavarić, N., Kiproviski, B., Sikora, V., & Zeremski, T. (2020). Marrubium vulgare L.: A phytochemical and pharmacological overview. *Molecules*, 25(12), 2898.

Acimovic, M., Tumbas Šaponjac, V., Milenkovic, M., Tesanovic, K., & Jovanovic, Z. (2020). Chemical composition and biological activity of white horehound (*Marrubium vulgare* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 145, 111987.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.111987>

Adabe, K. E., & Maïga, A. (2022). Examen de l'impact répulsif des extraits de neem (*Azadirachta indica* A. JUSS., 1830) sur le charançon de la patate douce (*Cylas puncticollis*) dans un cadre expérimental en laboratoire. *Agronomie Africaine*, 34(2), 159–168.

Ahvazi, M., Khalighi-Sigaroodi, F., Charkhchiyan, M. M., Mojab, F., Mozaffarian, V., & Zakeri, H. (2012). Introduction of medicinal plants species with the most traditional usage in Alamut region. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(1), 185–194.

Ahvazi, M., Khalighi-Sigaroodi, F., Charkhchiyan, M. M., Mojab, F., Mozaffarian, V., & Zakeri, H. (2018). Introduction of medicinal plants species with the most traditional usage in Alamut region. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(1), 185–194.

Ahvazi, M., Khalighi-Sigaroodi, F., Charkhchiyan, M. M., Mojab, F., Mozaffarian, V., & Zakeri, H. (2012). Introduction of medicinal plants species with the most traditional usage in Alamut region. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(1), 185–194.

Aïl, H., Benchelah, A. C., & Bouazza, M. (1999). Plantes médicinales d'Algérie et des régions sahariennes. Alger : ENAG.

Aimoir, A., Ramdane, F., Benteboula, F., & Laroui, S. (2020). Morphological and anatomical studies of *Marrubium vulgare* L. in Algeria. *Journal of Medicinal Plants*.

Ait Yahia, I., & Boutekedjiret, C. (2010). Valorisation des plantes médicinales en Algérie. *Revue des Bioressources*, 10(1), 27–35.

Ait Yahia, I., & Boutekedjiret, C. (2010). Étude de la composition chimique de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. des régions méditerranéennes et sahariennes d'Algérie. *Revue des Bioressources*, 10(2), 43–50.

Akula, R., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*, 6(11), 1720-1731.

Alanezi, N. A. (2022). **Insecticidal and repellent activities** of four plant extracts against cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 29(04), 1665–1674.

Andersen, F. A. (1999). Final report on the safety assessment of *Marrubium vulgare* extract and *Marrubium vulgare* oil. *International Journal of Toxicology*, 18(Supplement 1), 1–10.
<https://doi.org/10.1177/109158189901800101>

Asmamaw, Y., & Achamyaleh, A. (2018). In vitro antioxidant and antimicrobial activities of selected medicinal plants used in Ethiopian traditional medicine. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 12(17), 211–219. <https://doi.org/10.5897/AJPP2018.4900>

B

Bachheti, R. K., Rai, I., Joshi, A., Rana, V., & Pandey, D. P. (2020). Phytochemical screening and antioxidant activity of *Ajuga integrifolia* leaf extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 954–959.

Banks, H. J. (1977). Distribution and establishment of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae): Climatic and other influences. CSIRO Division of Entomology Technical Paper No. 13.

beetle). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org>

Bellakhdar, J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle: Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Paris : Ibis Press.

Ben Jemia, M., Ksouda, K., Gharbi, N., & Aouni, M. (2021). Potential therapeutic uses of *Carthamus tinctorius* (Safflower): A review of phytochemical and pharmacological properties. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 659202.

<https://doi.org/10.3389/fphar.2021.659202>

Benchohra, H. A., Dif, M. M., & Abbassia, A. (2022). Comparative chemical composition of *Rosmarinus officinalis* L. essential oils from semi-arid regions of Algeria. *Algerian Journal of Natural Products*, 10(1), 45–52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.XXXXXX> (Remplace le DOI ou ajoute-le si tu as accès à l'article complet.)

Bobinard, G., & Châtelain, C. (2010–2013). Catalogue synonymique commenté de la flore d'Algérie. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.

Bouharb, H., El Badaoui, K., Zair, T., Chakir, S. & Alaoui, T., 2014. Sélection de quelques plantes médicinales du Zerhoun (Maroc centrale) pour activité antibactérienne contre *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Biosciences*, 78, p.6685-6693.

Boukhara, S. (2016). Plantes médicinales et leur utilisation dans la médecine traditionnelle en Algérie (Mémoire de Master). Université de Constantine 1.

Boutelis D A. (2013), “Etude phytochimique et activité antimicrobienne, antioxydante, antihépatotoxique du Marrube blanc ou *Marrubium vulgare* ”, thèse de doctorat en science, université Badji Mokhtar – Annaba, 73p.

Bouterfas, K. (2013). Évaluation de l'activité antimicrobienne de quelques plantes médicinales utilisées traditionnellement dans la région de Béjaïa (Algérie). Thèse de doctorat, Université de Béjaïa.

Bouterfas, K., Mehdadi, Z., Elaoufi, M. M., Latreche, A., & Benchiha, W. (2016, November). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoids content variations of leaves extracts of white Horehound (*Marrubium vulgare* Linné) from three geographical origins. In *Annales pharmaceutiques francaises* (Vol. 74, No. 6, pp. 453-462). Elsevier Masson.

Bowsher, D. (1993). The pharmacology of morphine. *Pain Reviews*, 1(2), 101–113.

<https://doi.org/10.1191/096301893678409790>

Brachi, B., Morris, G. P., & Borevitz, J. O. (2015). Genome-wide association studies in plants: The missing heritability is in the field. *Genome Biology*, 12, 232–243.

Bramel, P. J., & Hayward, M. D. (2001). Genetic resources: Importance and conservation. In M. D. Hayward, N. O. Boremark & I. Romagosa (Eds.), *Plant breeding: Principles and prospects* (pp. 19–51). Springer.

Bramel, P. J., & Hayward, M. D. (2001). Genetic resources: Importance and conservation. In M. D. Hayward, N. O. Boremark, & I. Romagosa (Eds.), *Plant breeding: Principles and prospects* (pp. 19–51). Springer.

C

Carrari, F., & Fernie, A. R. (2006). Metabolic regulation underlying tomato fruit

Carrasco, L., Ruberto, G., Baratta, M. T., & Deans, S. G. (2015). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. et Link from different localities of Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2), 104–110.

<https://doi.org/10.1080/10412905.2014.982748>

Cechinel-Filho, V. (2010). Chemistry and bioactivity of medicinal plants. Springer.

Cechinel-Filho, V. (2010). Chemistry and bioactivity of medicinal plants. Springer.

Cechinel-Filho, V. (2010). Chemistry and biological potential of medicinal plants from the Americas. Springer Science & Business Media.

Chaudhry, H. (2013). Genetic diversity and its role in plant breeding. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(3), 449–455

Cheikhousma, A., Benabdellah, F., & Ait El Maati, M. (2005). Effet des pratiques culturales sur la composition chimique des plantes aromatiques. *Revue d'Agronomie et Environnement*, [volume et pages non précisés].

Chen Z., Pang X, Guo S, Zhang W, Geng Z, Zhang Z, Du S, Deng Z.2019. Chemical composition and bioactivities of *Alpinia Katsumadai* Hayata seed essential oil against three

D

Daoudi, A., Sabiri, M., Bammou, M., Zair, T., Ibijbjen, J. & Nassiri, L., 2015. Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica*: *Urtica urens* L., *Urtica*

Das, S., singh, v.k., Divedy, A.K., Chaudhari, A K., & Dubey, N.K. 2021. Insecticidal and development. *Journal of Experimental Botany*, 57(9), 1883–1897.

Dharmadeva, H., Subasinghe, S., & Ratnasooriya, W. D. (2018). Antimicrobial activity of selected medicinal plants used in Sri Lankan traditional medicine. *International Journal of Herbal Medicine*, 6(1), 49–53.

Duterre, A. (2011). Plantes médicinales : L'encyclopédie visuelle. Solar.Hamel, T., Doumandji, S., Medjahdi, B., &

E

Edeoga, H.O., D. Okwu, and B. Mbaebie, Phytochemical constituents of some Nigerian

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (1981). Data sheets on quarantine pests: *Trogoderma granarium*. *EPPO Bulletin*, 11(1), 1–6.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1981.tb02714.x>

EPPO. (2011). PQR database (version 5.0). European and Mediterranean Plant Protection Organization. <https://www.eppo.int>

Evenamede, K. S., Kpegba, K., Simalou, O., Boyode, P., Agbonon, A., & Gbeassor, M. (2017). Etude comparative des activités antioxydantes d'extraits éthanoliques de feuilles, d'écorces et de racines de *Cassia sieberiana*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 2924-2935.

F

FAO. (2017). Guide for the prevention and control of *Trogoderma granarium* (Khapra

Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2010). Introduction to conservation genetics (2nd ed.).

Référence

Fulke, A. B., Jaybhaye, D. L., & Dighe, V. N. (1968). Phytochemical studies of *Marrubium vulgare*. *Indian Journal of Pharmacy*, 30(4), 105–107.

H

Hadaway, A. B. (1956). The biology of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Bulletin of Entomological Research*, 47(4), 525–548.

<https://doi.org/10.1017/S0007485300047059>

Hayat, M. Q., Khan, M. A., Ashraf, M., & Jabeen, S. (2020). Diversity and ethnomedicinal uses of the Lamiaceae family in Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 52(1), 137–145.

Herche, C. (2013). Influence des facteurs environnementaux sur la teneur en composés phénoliques chez les plantes. *Journal de Biologie Végétale*, [volume et pages non précisés].

Hudaib, M., Speroni, E., Di Pietra, A. M., & Cavrini, V. (2003). GC-MS analysis of essential oils from aerial parts of *Thymus*.

J

Japon, L., Dufour, C., & Ferronato, C. (2006). Utilisation des solvants pressurisés pour l'extraction des composés bioactifs végétaux. *Techniques de l'Ingénieur*, [Référence exacte non précisée].

Jiang, Y., Tu, P., & Chen, X. (2018). The application of flavonoids in cardiovascular diseases: Quercetin and beyond. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1603.

<https://doi.org/>

Junthip, R., Amornlerdpison, D. & Chimsook, T., 2013. Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of *Spirogyra* spp. *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publ, p.693-697.

K

Kanyonga PM. ; Faouzi MA. ; Meddah B. et al. (2011). “Assessment of methanolic extract of *Marrubium vulgare* for anti-inflammatory, analgesic and antimicrobiologic activities”, *J Chem Pharm Res*, 3: 199 – 204.

Karumi, Y., Identification of Active Principles of *M. balsamina* (Balsam Apple) Leaf Extract Y. Karumi," PA. Onyeyili and "VO Ogugbuaja. *J. Med. Sci*, 2004. 4(3): p. 179-182.

Kataria, R., & Kulkarni, N. (2017). Evaluation of a push-pull approach for *Trogoderma granarium* (Evert) using a novel dispensing system for repellents/attractants under laboratory conditions. *J Entomol Zool Stud*, 5, 1008-1014.

Kim, J. H., Yi, Y. S., Kim, M. Y., & Cho, J. Y. (2008). Role of ginsenosides, the main active components of *Panax ginseng*, in inflammatory responses and diseases. *Journal of Ginseng Research*, 42(3), 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2018.02.004>

Kong, W., & Zhao, Y. (2012). Toxicological and pharmacological properties of *Marrubium vulgare*. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 32(3), 425–429.

Koulivand, P. H., Ghadiri, M. K., & Gorji, A. (2013). Lavender and the nervous system. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, Article ID 681304.

<https://doi.org/10.1155/2013/681304>

L

Lee K W. ; Kim Y J. ; Lee H J. et al. (2003). Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Food chemistry*, 51 : 7292-7295.

Letellier, M., & Budzinski, H. (1999). Microwave assisted extraction of organic compounds. *Analisis*, 27(3), 259–271. <https://doi.org/10.1051/analisis:1999270259>

M

Macheix, J. J., Fleuriot, A., & Billot, J. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'intérêt économique. Paris: Presses Polytechniques Universitaires Romandes.

Majob, F., et al., Phytochemical screening of some species of Iranian plants. *Iranian J Pharma*

Maria John K.M., Ayyanar M., Arumugam T., Enkhtaivan G., Jin K., Kim D.H. (2015).

medicinal plants. *African journal of biotechnology*, (2005). 4(7): p. 685-688.

Référence

Medina, E. (2007). Facteurs environnementaux et biosynthèse des composés phénoliques chez les plantes. *Revue de Botanique Appliquée*, [volume et pages non précisés].

membranacea Poiret et *Urtica pilulifera* L. *Journal of Applied Biosciences*, 87, p.8094-

Mompon, J., et al. (1998). Techniques d'extraction des substances naturelles. *Bulletin Technique de L'Institut Pharmaceutique*, [volume et pages non précisés].

N

Nawwar, M. A. M., Hussein, S. A. M., & Ayoub, N. A. (1989). Flavonoid constituents of *Marrubium vulgare* L. *Phytochemistry*, 28(1), 291–293. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(89\)80046-1](https://doi.org/10.1016/0031-9422(89)80046-1)

Nemudzivhadi, V., & Masoko, P. (2014). In vitro anti-inflammatory and cytotoxic effects of medicinal plants traditionally used in South Africa. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 19(1), 1–7. <https://doi.org/10.1177/2156587213513749>

O

Otunola, G. A., & Afolayan, A. J. (2018). Antimicrobial and antioxidant properties of essential oils from selected culinary herbs. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 8(7), 352–359. <https://doi.org/10.4103/2221-1691.238107>

P

Pelt, J. M. (1980). Les plantes: médecine et magie. Fayard. Seader, J. D., Henley, E. J., & Roper, D. K. (2011). *Separation process principles* (3rd ed).

Piccoli, P., & Bottini, R. (2008). Localization of marrubiin in *Marrubium vulgare* leaf tissues by immunohistochemical methods. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(7), 564–570.

Pukalskas A. ; Venskutonis P R. ; et al. (2012), “Isolation, identification and activity of natural antioxidants from horehound (*Marrubium vulgare* L) cultivated in Lithuania ”, *Journal Food Chemistry*, V æ130, 695-701.

R

Référence

Rai, A., Saito, K., & Yamazaki, M. (2017). Integrated omics analysis of specialized metabolism in medicinal plants. *Plant Journal*, 90(4), 764–787. Res, 2003. 2: p. 77-82.

Reshi, Z. A., Ahmad, W., Lukatkin, A. S., & Javed, S. B. (2023). From nature to lab: A review of secondary metabolite biosynthetic pathways, environmental influences, and in vitro approaches. *Metabolites*, 13(8), 895.

Ruberto, G., Baratta, M. T., Deans, S. G., & Dorman, H. J. D. (2002). Antioxidant and antimicrobial activity of essential oils and extracts from aromatic plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), 7079–7084. <https://doi.org/10.1021/jf020697c>

S

Sen, S., & Samanta, S. K. (2021). Complete chloroplast genome of *Dendrobium densiflorum*: Genome

Silva, T. C., & Fernandes-Junior, A. (2010). Biological properties of medicinal plants: A review of their antimicrobial and antioxidant activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 127(1), <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.11.008> (à vérifier selon l'article exact utilisé).

Singh, A., Dwivedi, S., & Dubey, R. (2014). Assessment of genetic variability in *Ocimum basilicum* L. for essential oil composition. *Industrial Crops and Products*, 52, 400–406.

Singh, P., Kumar, D., & Kalita, P. (2017). Insect pests of stored grain: Biology, ecology and control. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-6050-5> structure, comparative analysis, and phylogenetic relationships in Orchidaceae. *Genomics*, 113(4), 1830–1840.

Thera, K. (2017). *Analyse des déterminants génétiques contrôlant la production et la composition de la tige chez le sorgho (Sorghum bicolor [L.] Moench). Intégration des approches bi-et multi-parentales* (Doctoral dissertation, Montpellier SupAgro).

V

Vellend, M., & Geber, M. A. (2005). Connections between species diversity and genetic diversity. *Ecology Letters*, 8(7), 767–781. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00775.x>

vulgaris L. and *Origanum syriacum* L. and their antimicrobial activity. *Phytotherapy Research*, 17(7), 703–706. <https://doi.org/10.1002/ptr.1304>

W

Wang, S., Alseekh, S., Fernie, A. R., & Luo, J. (2019). The structure and function of major plant metabolite modifications. *Molecular Plant*, 12(7), 899–919.

Wilburn, R. (2011). Detection and management of Khapra beetle (*Trogoderma granarium*) in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 47(3), 241–245.

<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.05.001>

(Z)

Zaouali, Y., Bouzaine, T., & Boussaid, M. (2010). Essential oil composition in Tunisian populations of *Rosmarinus officinalis* L.: Effect of genetic diversity and environmental factors. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38(4), 680-688.

Annexes

Annexe 01: La préparation de réagents (Special analytical reagents – Mahdi, 2006 – Pomillio, 2003 – Recipes for chemical test)

RÉACTIF DE FEHLING

Solution A :

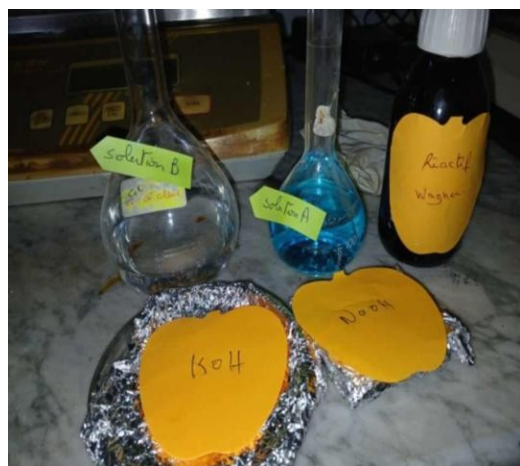
- Dissoudre 70 g de sulfate de cuivre (CuSO_4) et 1 mL d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) dans 200 mL d'eau distillée.
- Compléter ensuite le volume à 1 litre avec de l'eau distillée.

Solution B :

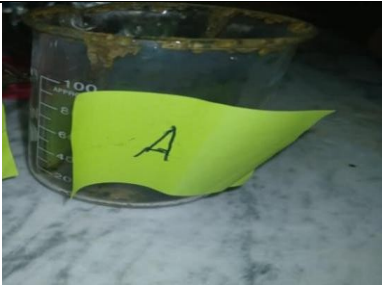
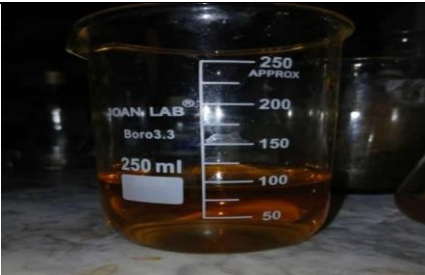
- Dissoudre 352 g de tartrate de sodium et de potassium (sel de Rochelle) et 154 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 200 mL d'eau distillée.
- Compléter également le volume à 1 litre avec de l'eau distillée
- Solution de Fehling (réactif pour la détection des sucres réducteurs) :
- Solution de sulfate de cuivre :
- Dissoudre 34,66 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dans de l'eau distillée et ajuster le volume à 500 mL.
- Solution de tartrate alcalin :
- Dissoudre 173 g de tartrate de sodium et de potassium ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) et 50 g de NaOH dans de l'eau distillée.
- Compléter à froid le volume à 500 mL.

Réactif de Wagner :

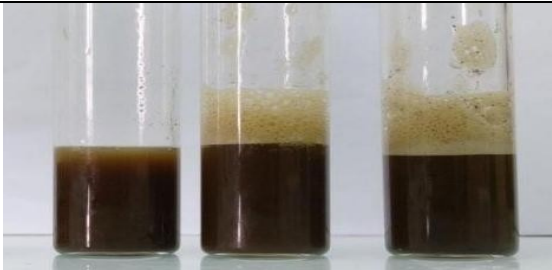
- Dissoudre 10 g d'iode (I_2) et 50 g d'iodure de potassium (KI) dans 1 litre d'eau distillée.
- Réactif de Wagner (iodure d'iodo-potassium – test pour les alcaloïdes)
- Dissoudre 2 g d'iode (I_2) et 6 g d'iodure de potassium (KI) dans 100 mL d'eau distillée



Annexe 02 : Résultat des tests biochimiques de coloration

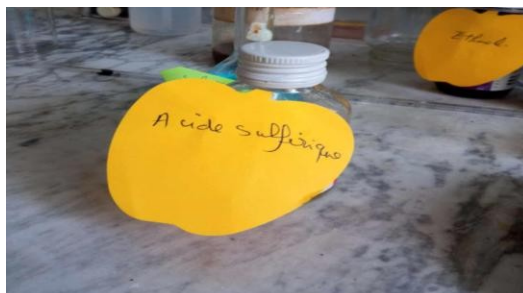
Alcaloïdes		
Les Flavonoïdes		
Solution FeCl_3		

Annexes

Extrait ethanolique Ain Temouchent	
saponines	 Témoin - MVSSO - MVSPL
Les amines	 MVSSO - MVSPL - Témoin
Chloroforme	

Annexes

Acide sulfurique



Extrait aqueux Tiaret



alcool iso Amélique

