

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

UNIVERSITE DE BLIDA1

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département de biotechnologie et agro-écologie

Laboratoire de biotechnologie des productions végétales

THESE DE DOCTORAT TROISIEME CYCLE LMD

En sciences agronomiques

Spécialité : Système de production agro-écologique

VALORISATION ET ETUDE PHYTOCHIMIQUE DU
CAPRIER : *Capparis spinosa* L. EN ALGERIE

Par

Nesrine BENKESSIRAT

Devant le jury composé de :

C.CHAOUIA	C	Professeur, U. Blida1	Présidente
Y. MOUAS	MCA	U.Blida 1	Directrice de thèse
F.Z. OUKARA	MRB	INRF Médéa	Co-directrice de thèse
H. MOSTEFAOUI	MCA	U.Médéa	Examinatrice
Y.HAMIDI	MCA	U.Blida1	Examineur

Blida, 2025

Résumé :

Le câprier «*Capparis spinosa*» est une plante spontanée, médicinale largement répandue dans le bassin méditerranéen. L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'activité antimicrobienne in vitro des extraits éthanoliques des organes du câprier (feuilles, boutons floraux et fruits) issus de deux sites d'études Hammam Melouane (Blida) et El-Hamdania (Médéa) sur trois souches bactériennes et une souche fongique (type ATCC), avec identification de la composition chimique de ces extraits et la quantification des polyphénols et flavonoïdes totaux. Une étude moléculaire de six provenances du câprier : Hammam Melouane (Blida), El-Hamdania et Ain Boucif (Médéa), Hadjout et Cherchell (Tipaza) et Cap carbon (Béjaia) a été réalisée.

Le pouvoir antimicrobien montre que toutes les souches testées sont sensibles aux extraits éthanoliques excepté pour la souche *Candida albicans* qui s'est avérée résistante aux extraits éthanoliques issues du site d'El-Hamdania. Notons que les extraits éthanoliques des boutons floraux et fruits issus respectivement de Hammam Melouane et El-Hamdania présentent un pouvoir antibactérien plus marqué sur *Pseudomonas aeruginosa* avec un diamètre d'inhibition de 12.66 mm. Les analyses de la composition chimique par HPLC ont montré la présence de la rutine dans tous les extraits testés. En outre, la teneur en polyphénols et flavonoïdes totaux la plus élevée est enregistrée chez l'extrait éthanolique issu des feuilles de deux sites d'études Hammam Melouane (Blida) et El-Hamdania (Médéa). Il ressort de cette étude que les extraits éthanoliques des organes du câprier possèdent des composés phénoliques qui ont un pouvoir antimicrobien sur l'ensemble des souches testées. L'identification moléculaire a révélé que tous les échantillons étudiés appartiennent à la même espèce « *Capparis spinosa* » et proche aux deux variétés *aegyptia* et *canescence* selon l'amorce « Rps12-rpl20 et ndhF ».

Mots clé : *Capparis spinosa*, extrait éthanolique, polyphénols, flavonoïdes, activité antimicrobienne, identification moléculaire.

Valorization and phytochemical studies of the caper plant: *Capparis spinosa* L. in Algeria.

Abstract:

The caper plant "*Capparis spinosa*", is a wild medicinal species widely distributed throughout the Mediterranean basin. The aim of this study is to evaluate the in vitro antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from different organs of the caper plant (leaves, flower buds and fruits) collected from two study sites Hammam Melouane (Blida) and El-Hamdania (Médéa). The extracts were tested against three bacterial strains and one fungal strain (ATCC type). In addition, the chemical composition of these extracts was identified, and their total polyphenol and flavonoid contents were quantified. A molecular study was also conducted on six caper plant provenances: Hammam Melouane (Blida), El-Hamdania, Ain Boucif (Médéa), Hadjout and Chercell (Tipaza) and Cap Carbon (Béjaia).

The antimicrobial activity results show that all tested strains were sensitive to the ethanolic extracts, except for the *Candida albicans* strain, which was resistant to the ethanolic extracts obtained from the El-Hamdania site. Notably, the ethanolic extracts from the flower buds and fruits collected from Hammam Melouane and El-Hamdania respectively, exhibited the most pronounced antimicrobial effect against *Pseudomonas aeruginosa*, with an inhibition zone of 12.66 mm. HPLC analysis of the chemical composition revealed the presence of rutin in all tested extracts. Furthermore, the highest total polyphenol and flavonoid content was recorded in the ethanolic extracts of leaves from both study sites Hammam Melouane and El-Hamdania. This study demonstrates that ethanolic extracts from caper organs contain phenolic compounds with antimicrobial activity against all tested strains. Molecular identification revealed that all analyzed samples belong to the same species "*Capparis spinosa*" and are closely related to the *aegyptia* and *canescence* varieties according to the primer « Rps12-rpl20 and ndhF ».

Keywords: *Capparis spinosa*, ethanolic extract, polyphenols, flavonoids, antimicrobial activity, molecular characterization.

الملخص

الكَبَار (*Capparis spinosa*) هو نبات طبي بري واسع الانتشار في حوض البحر الأبيض المتوسط. يهدف هذا العمل إلى تقييم النشاط المضاد للميكروبات في المختبر للمستخلصات الإيثانولية لأجزاء نبات الكَبَار (الأوراق، البراعم الزهرية، والثمار) المأخوذة من موقعين دراسيين : حمام ملوان (البليدة)، والحمدانية (المدية)، ضد ثلاث سلالات بكتيرية وسلالة فطرية مرجعية (ATCC). كما يهدف إلى تحديد التركيب الكيميائي لهذه المستخلصات، وقياس كمية المركبات الفينولية والفلافونويدات الكلية، بالإضافة إلى إجراء دراسة جزيئية لستة مصادر نباتية للكَبَار : حمام ملوان (البليدة)، الحمدانية وعين بوسيف (المدية)، حجوط و شرشال (تيزازة)، كاب كاربون (بجاية).

يُظهر النشاط المضاد للميكروبات أن جميع السلالات المختبرة كانت حساسة للمستخلصات الإيثانولية، باستثناء سلالة *Candida albicans* التي ثبتت مقاومتها للمستخلصات الإيثانولية المستخرجة من موقع الحمدانية . وتجدر الإشارة إلى أن المستخلصات الإيثانولية للبراعم الزهرية والثمار، المأخوذة على التوالي من حمام ملوان والحمدانية، أظهرت أقوى تأثير مضاد للبكتيريا ضد *Pseudomonas aeruginosa*، حيث بلغ قطر منطقة التثبيط 12.66 ملم. أظهرت تحاليل التركيب الكيميائي بتقنية HPLC وجود مادة الروتين في جميع المستخلصات التي تم اختبارها. علاوة على ذلك، تم تسجيل أعلى محتوى من المركبات الفينولية والفلافونويدات الكلية في المستخلصات الإيثانولية للأوراق من الموقعين حمام ملوان (البليدة) والحمدانية (المدية). تُظهر هذه الدراسة أن المستخلصات الإيثانولية لأعضاء نبات الكَبَار تحتوي على مركبات فينولية لها قدرة مضادة للميكروبات ضد جميع السلالات المختبرة.

أظهرت الدراسة الجزيئية لنبات الكَبَار أن جميع العينات المدروسة تنتمي إلى نفس النوع *Capparis spinosa*، وأنها قريبة من الصنفين *aegyptia* و *canescence*، وذلك حسب البادئة المستخدمة في التحليل .

الكلمات المفتاحية : الكَبَار (*Capparis spinosa*)، مستخلصات إيثانولية، مركبات فينولية، فلافونويدات، أنشطة مضادة للميكروبات، تعريفات جزيئية.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience afin d'achever ce travail de recherche.

J'exprime d'abord mes profonds remerciements au Dr MOUAS Y. maître de conférences "A" au département des biotechnologies agro-écologie d'avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité et ses conseils.

Je tiens à exprimer ma très grande considération au co-directrice Dr OUKARA F.Z maître de recherche à l'Institut National de Recherche Forestière (INRF), pour son aide et son énorme soutien concernant la réalisation de ce projet.

J'adresse mes sincères remerciements au Pr. CHAOUIA C. du département des biotechnologies agro-écologie d'avoir accepté de présider le jury.

Je tiens également mes vifs remerciements au Dr MOSTFAOUI H. maître de conférences "A" de l'université de Médéa et Dr. HAMIDI Y. maître de conférence "A" de l'université de Blida1 (faculté SNV), pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'expertiser cette thèse.

Ma gratitude va également à Mr TEFAHI DJ. et au Pr. BOUTOUMI Y. pour leur aide précieuse et leur disponibilité.

Mes sincères remerciements sont adressés au Dr. BOUDCHICHA R. pour son soutien et sa disponibilité, au personnel du groupe SAIDAL et à toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de cette thèse de doctorat.

Dédicace

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes parents pour leur amour inconditionnel, leur patience, leurs sacrifices et leur soutien constant dans chaque étape de ma vie.

A ma sœur jumelle, ma petite sœur et mon frère, merci pour vos encouragements et votre présence dans les moments les plus importants.

RESUME:	2
ABSTRACT:	3
الملخص	4
REMERCIEMENTS	5
DEDICACE	Error! Bookmark not defined.
LISTE DES FIGURES	10
LISTE DES TABLEAUX	12
LISTE DES ABREVIATIONS	13
INTRODUCTION	15
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE CAPRIER.	19
1.1 Etude botanique du <i>Capparis spinosa</i> Linné.....	20
1.2 Classification botanique	21
1.3 Répartition géographique	21
1.4 Ecologie du câprier	24
2 CHAPITRE : COMPOSITION CHIMIQUE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES	
DU CAPRIER.	25
2.1 Composition chimique.....	26
2.1.1 Polyphénols.....	26
2.1.2 Flavonoides	27
2.1.3 Tanins.....	28
2.2 Méthodes d'extractions	30
2.2.1 Infusion.....	30
2.2.2 Décoction	30
2.2.3 Macération.....	30
2.2.4 Extraction par Soxhlet	31
2.3 Méthode de caractérisation des extraits de plantes	33
2.3.1 Chromatographie liquide haute performance (HPLC).....	33
2.3.2 Utilisation et propriétés thérapeutiques et culinaire	33
2.4 Activités biologiques.....	36

2.4.1	Activité antimicrobienne.....	36
3	CHAPITRE : ETUDE MOLECULAIRE DU CAPRIER	37
3.1	Diversité génétique	38
3.2	Méthode d'identification	39
3.2.1	Marqueurs morphologiques.....	39
3.2.2	Marqueurs biochimiques	40
3.2.3	Marqueurs moléculaires et phylogénie	40
4	CHAPITRE : MATERIEL ET METHODES.....	42
4.1	Enquête sur terrain.....	43
4.2	Matériel végétal.....	43
4.3	Caractéristiques des sites d'étude	45
4.4	Synthèse climatique	49
4.4.1	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	49
4.4.2	Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger	54
4.5	Etude phytochimique.....	57
4.5.1	Echantillonnage.....	57
4.5.2	Préparation du matériel végétal.....	57
4.5.3	Préparation des extraits.....	57
4.5.4	Principe de Soxhlet.....	57
4.5.5	Analyses chimiques des extraits éthanoliques du câprier	58
4.6	Activité biologique	60
4.6.1	Repiquage des souches	60
4.6.2	Préparation de l'inoculum	61
4.6.3	Préparation des solutions	61
4.6.4	Préparation des disques.....	61
4.7	3.4. Expression des résultats et analyses statistiques des données.....	62
4.8	Identification moléculaire du câprier	62
4.8.1	Matériel végétal et site d'échantillonnage	62
4.8.2	Extraction de l'ADN	62
4.8.3	Amplification de l'ADN par la technique de la PCR	63
	Visualisation des résultats d'extraction et de PCR	64
5	CHAPITRE : RESULTATS ET DISCUSSIONS	66
5.1	Extraction des composés du câprier	67

5.2	Identification des molécules par HPLC	68
5.2.1	Extrait éthanolique des feuilles	69
5.2.2	Extrait éthanolique des boutons floraux.....	70
5.2.3	Extrait éthanolique des fruits	71
5.2.4	Extrait éthanolique des feuilles	72
5.2.5	Extrait éthanolique des boutons floraux.....	73
5.2.6	Extrait éthanolique des fruits	74
5.3	Analyse quantitative des extraits éthanoliques du caprier.....	76
5.3.1	Teneur en polyphénols totaux	76
5.4	Évaluation de l'activité antimicrobienne	82
5.4.1	Activité antimicrobienne des extraits éthanoliques du câprier de Hammem Melouane (Blida):	82
5.4.2	Activité antimicrobienne des extraits éthanoliques du câprier d'El-Hamdania.....	87
5.5	Identification moléculaire du câprier	92
5.5.1	Résultats du gel d'agarose	92
5.5.2	Identification des échantillons.....	94
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		99
ANNEXES.....		Error! Bookmark not defined.
REFERENCES		102

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition du câprier en Afro-Eurasie	22
Figure 2 : Répartition du Câprier en Algérie	23
Figure 3 : Structure de base des polyphénols.....	26
Figure 4 : Structure de base des flavonoides.....	27
Figure 5 : Appareil de soxhlet.....	32
Figure 6 : Vue générale d'un arbuste de <i>Capparis spinosa</i> L. (Originale).....	44
Figure 7 : Diagramme ombrothermique (2006-2015).....	49
Figure 8 : Diagramme ombrothermique (2006 à 2015)	50
Figure 9 : Diagramme ombrothermique (2006 à 2015)	51
Figure 10 : Diagramme ombrothermique (2005 à 2014)	52
Figure 11 : Diagramme ombrothermique (2004 /2005)	53
Figure 12: Carte climatique d'Ain Boucif	55
Figure 13 : Etages bioclimatiques des sites d'étude	56
Figure 14 : Extrait éthanolique des feuilles du câprier.....	69
Figure 15 : Extrait éthanolique des boutons floraux du câprier.	70
Figure 16 : Extrait éthanolique des fruits du câprier.....	71
Figure 17: Extrait éthanolique des feuilles du câprier.....	72
Figure 18 : Extrait éthanolique des boutons floraux du câprier	73
Figure 19 : Extrait éthanolique des fruits du câprier.....	74
Figure 20 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	76
Figure 21 : Teneur en polyphénols totaux (Hammem Melouane, Blida).	77
Figure 22 : Teneur en polyphénols totaux (El-Hamdania, Médéa).....	78
Figure 23 : Courbe d'étalonnage de quercétine	79

Figure 24 : Teneur en flavonoides (Hammem Melouane, Blida).	80
Figure 25 : Teneur en flavonoides (El-Hamdania, Médéa).....	81
Figure 26 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Hammem Melouane, Blida).	83
Figure 27 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis <i>Candida albicans</i> (Hammem Melouane, Blida).....	84
Figure 28 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis <i>Escherichia coli</i> (Hammem Melouane, Blida).....	85
Figure 29 : Pouvoir antibactérien des extraits vis-à-vis <i>Staphylococcus aureus</i> (Hammem Melouan, Blida).....	86
Figure 30 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (El-Hamdania, Médéa).	87
Figure 31 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis <i>Escherichia coli</i>	88
Figure 32 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis <i>Staphylococcus aureus</i> (El-Hamdania, Médéa).	89
Figure 33 : Electrophorèse sur gel d'agarose à 1% (Echantillons des 6 sites étudiés et les deux amorces rps12-rpl20, ndhF).	93
Figure 34 : Arbre phylogénétique du câprier	96
Figure 35 : Arbre phylogénétique du câprier	97

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition chimique des organes du câprier	29
Tableau 2 : Usages traditionnels des organes du caprier.	35
Tableau 3 : Données génétiques du <i>Capparis spinosa</i> L.....	39
Tableau 4 : Caractéristiques de sites de prélèvement	45
Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles (°C)	47
Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm).....	48
Tableau 7 : Valeurs du quotient pluviométrique.	54
Tableau 8 : Caractéristiques des souches testées.....	60
Tableau 9 : Amorces utilisées.	64
Tableau 10 : Rendement de l'extraction des organes du câprier	67
Tableau 11 : Rendement de l'extraction des organes du câprier	67
Tableau 12 : Résultats des différents échantillons du câprier.	94

LISTE DES ABREVIATIONS

OMS : l'Organisation mondiale de la santé

HPLC : High Performance Liquid Chromatography

PCR : Polymerase Chain Reaction

ADN : Acide désoxyribonucléique

ADNcp : ADN chloroplastique

A : adénine

T : Thymine

C : Cytosine

G : Guanine

M : Température moyenne mensuelle des maximas (°C)

m : Température moyenne mensuelle des minimas (°C)

p : précipitation

Q2 : Quotient d'Emberger

Rdt% : rendement de la matière extraite

M : masse du bécher et extrait

M₀: masse de bécher vide

M_t : masse de la poudre végétale

nm : nanomètre

C18 : colonne

µg EAG/mg d'extrait : microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait

µg EQ/mg d'extrait : microgramme équivalent de quercétine par milligramme d'extrait

ATCC: American type culture collection

DMSO :diméthylesulfoxyde

ng: nano gramme

U : unité

pb : paire de base

SPSS : Statistical package for the social sciences.

ANOVA : Analyse de la variance à 1 seul facteur

TR : temps de rétention

Na₂CO₃ : carbonate de sodium

AlCl_3 : trichlorure d'aluminium

INTRODUCTION

Les plantes médicinales demeurent une source inépuisable de substances biologiquement actives [1]. Elles sont connues depuis les temps les plus anciens par les grandes civilisations (chinoise, égyptienne, grecque, romaine) pour leurs propriétés thérapeutiques, cosmétiques et pharmaceutiques [2]. Dans de nombreuses régions du monde, les plantes médicinales sont utilisées pour leurs activités antibactériennes, antifongiques et antivirales [3].

L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime que 70 % des populations de nombreux pays ont eu recours à la médecine traditionnelle ou populaire pour soigner divers maladies [4].

En raison de l'effet secondaire des produits chimiques antimicrobiens et de la résistance que les micro-organismes pathogènes établissent contre les antibiotiques, beaucoup d'attention a été prêtée aux extraits bruts des plantes qui commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Actuellement, les extraits des plantes font l'objet d'études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour le traitement des maladies infectieuses [5].

L'Algérie est connue parmi les pays ayant une diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques dont la plupart existent à l'état spontané, ainsi que par l'utilisation large des plantes par la population dans l'ensemble des régions du pays [6].

Le câprier « *Capparis spinosa* L. » est l'une des rares espèces arbustives qui présente autant de qualités avec de nombreux usages, notamment son utilisation en médecine traditionnelle. Il s'agit d'une plante spontanée, xérophyte, très répandue dans le bassin méditerranéen [7]. Cette espèce possède de nombreux groupes chimiques biologiquement actifs, notamment les alcaloïdes, les glycosides, les tanins, les phénols, les flavonoïdes, ainsi qu'une large gamme de minéraux [8]. Elle a également de nombreux effets pharmacologiques, notamment, antidiabétiques, anti-inflammatoires, antioxydants et antimicrobiens [9].

Le câprier se développe naturellement dans les régions montagneuses, il s'adapte aux sols pauvres et résiste aux fortes températures et à l'ensoleillement [10].

Ses jeunes boutons floraux sont très appréciés comme condiment, ses fruits sont consommés frais ou marinés [11].

En outre, le câprier présente une grande diversité phénotypique et plusieurs taxons distincts, ce qui rend sa classification très ambiguë [12].

De plus, les marqueurs morphologiques sont influencés par les conditions environnementales et la croissance des plantes, ce qui limite leur utilisation dans les études de la diversité génétique [12]. Plus récemment, d'autres approches, y compris l'application de marqueurs moléculaires appropriés, ont été de plus en plus adoptées pour résoudre les problèmes de taxonomie du câprier [12].

À l'heure actuelle, peu de travaux ont rapporté sur les données moléculaires dans l'étude de la taxonomie du *Capparis* et de son profil génétique [13].

Dans ce contexte notre étude de recherche expérimentale s'inscrit dans une démarche visant en premier lieu :

1/ Valorisation et réalisation d'une étude phytochimique de deux provenances du câprier Hammem Melouane (Blida) et El-Hamdania (Médéa). L'étude a porté sur différentes techniques notamment :

- Préparation des extraits éthanoliques des organes du câprier (feuilles, boutons floraux et fruits) des deux sites étudiés.
- Analyse qualitative des extraits en utilisant l'appareil d'HPLC.
- Analyse quantitative (dosages des polyphénols et flavonoides) des extraits éthanoliques du câprier.

2/ Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits éthanoliques réalisés sur trois souches bactériennes (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923) et une souche fongique (*Candida albicans* ATCC 10231) impliquées dans diverses pathologies.

3/ Identification taxonomique du câprier en utilisant les techniques de la biologie moléculaire où l'étude a porté sur l'identification moléculaire de l'espèce et des variétés du câprier de 6 provenances : Hammeme Melouane (Blida), El-Hamdania et Ain Boucif (Médéa), Hadjout et Cherchell (Tipaza) et Cap carbon (Béjaia). Les techniques de la biologie moléculaire utilisées sont:

- Extraction d'ADN.
- Réaction de polymérisation en chaîne (technique de PCR).
- Séquençage.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE CAPRIER.

1.1 Etude botanique du *Capparis spinosa* Linné

La famille des *Capparaceae* comprend 650 espèces de petits arbres et d'arbustes répartis en 30 genres que l'on trouve principalement dans les régions tropicales et tempérées chaudes [14].

Le câprier (*Capparis spinosa* L.) est une plante arbustive très répandue dans les pays du bassin méditerranéen. Il appartient à la famille des *Capparaceae* originaire de la région méditerranéenne et au genre *Capparis* qui comprend 250 espèces différentes [8] ; [15] ;[16] ;[17].

Quezel et Santa [18] et Moghaddasi Mohammad [19] décrivent les caractères du câprier comme suit :

1/ Il comporte des rameaux décombrant, qui peut atteindre environ 1 m ou plus. Cependant, les plantes du câprier spontanées sont plus souvent suspendues, drapées et étendues.

2/ Les tiges ont de minuscules épines ressemblent à des serpents lorsqu'elles sont jeunes, sèches et cassantes lorsqu'elles sont vieilles.

3/ Les feuilles sont sub-orbiculaires, elles présentent un pétiole avec à la base 2 épines recourbées épiasses, brillantes et de forme ronde à ovale.

4/ Les fleurs sont blanches à 4 sépales très concaves et comportent une grande corolle (4-5 cm) à 4 pétales d'une couleur blanc rosé. Les étamines sont très nombreuses et dépassent le calice.

5/ La baie est ovoïde, rougeâtre à nombreuses graines ces dernières mesurent 3-4 mm de diamètre, elles sont globuleuses, lises et brunes.

1.2 Classification botanique

La classification du câprier est comme suit (**APG IV**):

Règne : Planta

Ordre Capparales

Famille Capparaceae

Genre :Capparis

Espèce :*Capparis spinosa* L.

Les noms vernaculaires du câprier :

Kabbar en arabe, le câprier en français, Caper en Anglais et Capperro en Italien [20].

1.3 Répartition géographique

Le câprier est l'un des plantes aromatiques les plus répandues qui pousse spontanément sur les pentes, les rochers et les pierres, il s'adapte aux zones sèches. Les espèces spontanées de cette plante se trouvent dans les pays méditerranéens jusqu'au grand désert d'Afrique du nord, ainsi que dans les régions sèches de l'est et l'ouest de l'Europe et de l'Asie occidentale et centrale[8]. Son aire de répartition mondiale (Afro-Eurasie) a été précisée par **Jiang et al** [15] (Figure 1).

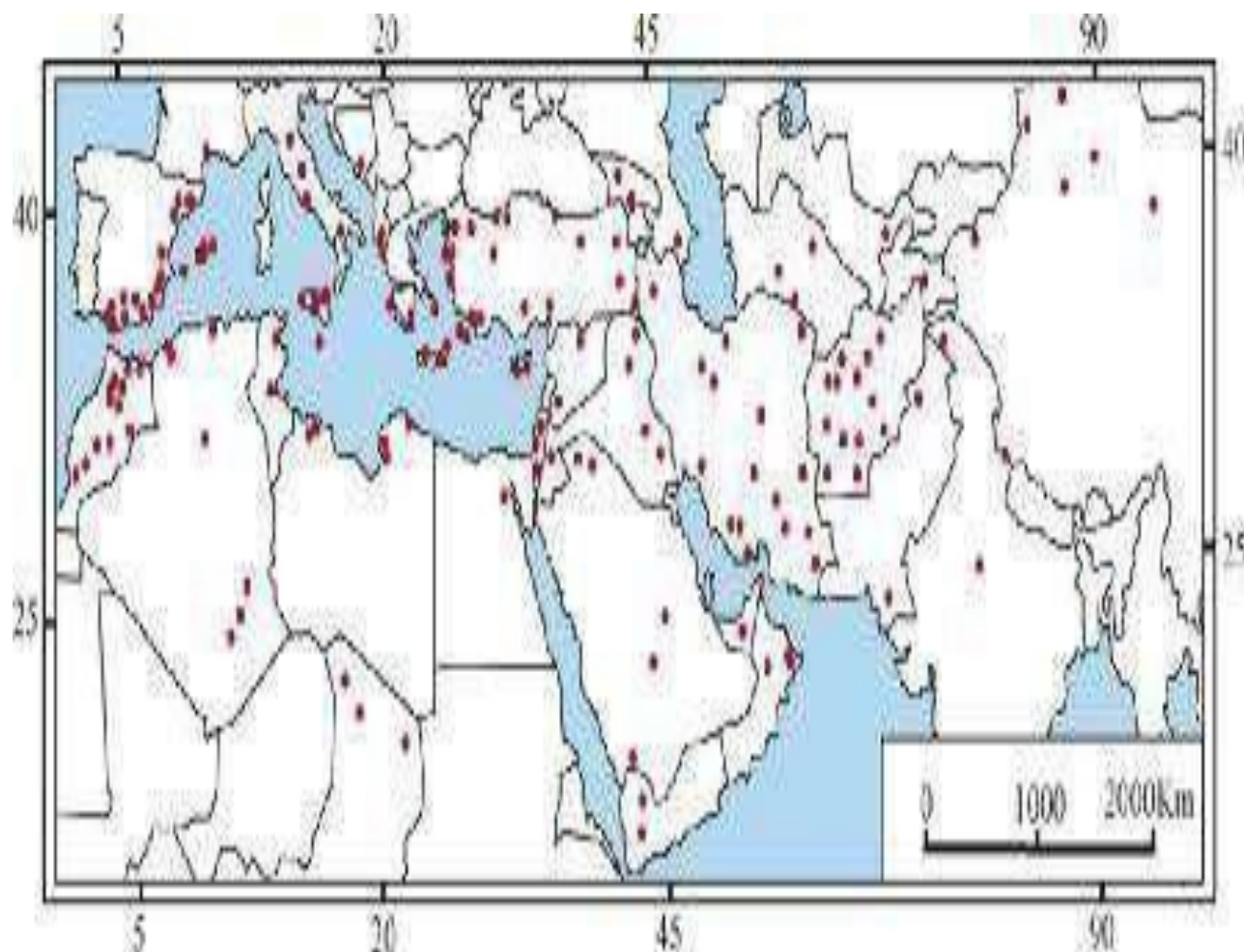


Figure 1 : Répartition du câprier en Afro-Eurasie [15]

* Emplacement de l'étendue du câprier

En Algérie, le câprier couvre de vastes surfaces (Blida, Médéa, Tipaza, Bejaia, Mila, Constantine, Biskra) mais de manière éparse, ce sont des étendues spontanées [7] (figure 2).

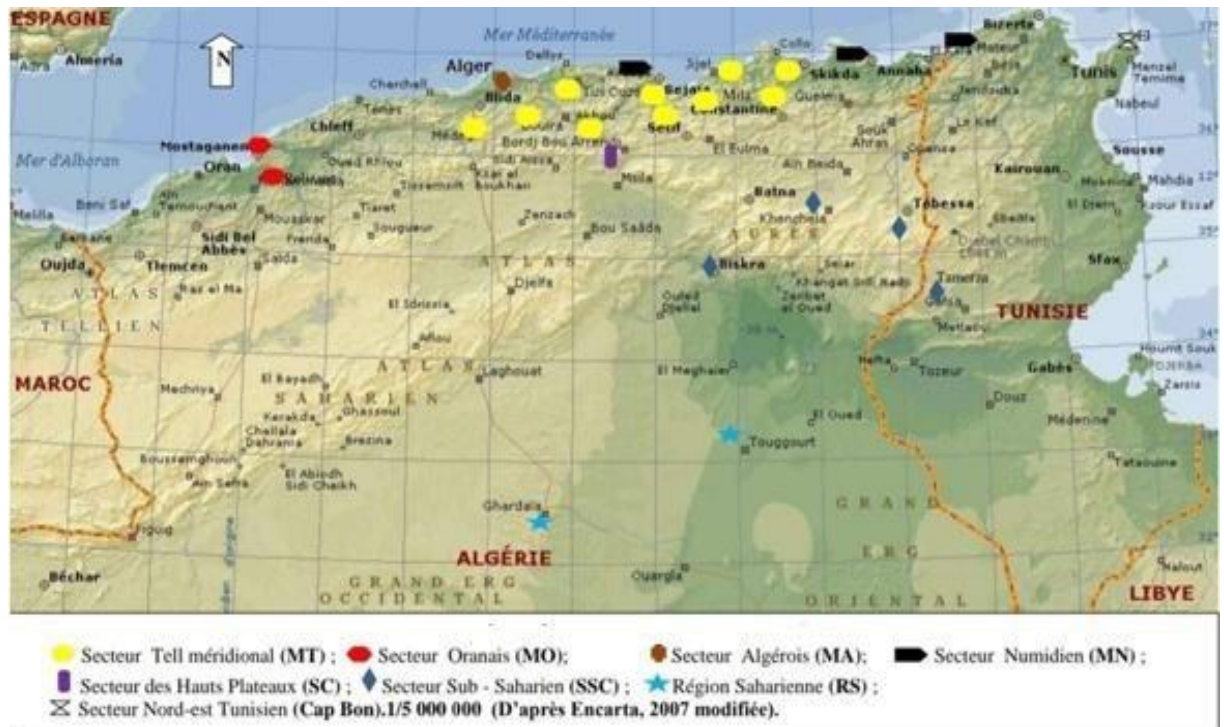


Figure 2 : Répartition du câprier en Algérie [21]

1.4 Ecologie du câprier

Le câprier est une plante spontanée, xérophyte et vivace, très répandue dans le bassin méditerranéen et tolère les conditions climatiques contraignantes des zones arides et semi-arides ainsi que des températures extrêmes. Elle joue un rôle écologique très utile dans les régions pour la protection contre l'érosion [7] ;[22]. Cette plante tolérante à la sécheresse a une influence favorable sur l'environnement et est utilisée pour la réduction de l'érosion le long des autoroutes, les pentes rocheuses et les dunes de sable [9].

Le câprier s'adapte aussi aux sols pauvres, c'est une espèce qui joue un rôle écologique important car elle occupe des sols sur lesquels peu d'espèces végétales peuvent survivre [10].

2 CHAPITRE : COMPOSITION CHIMIQUE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES DU CAPRIER.

2.1 Composition chimique

Les plantes médicinales constituent et restent le moyen le plus utilisé pour résoudre les problèmes de santé humaine, ces dernières contiennent un grand nombre de métabolites qui ont des intérêts multiples mis à profit en pharmacologie, dans l'industrie alimentaire et en cosmétologie [23].

Le câprier est couramment utilisé comme plante médicinale, il contient de nombreux groupes chimiques biologiquement actifs notamment les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins [9].

2.1.1 Polyphénols

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires présents dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits et les graines) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse et la maturation des fruits. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tanins [24].

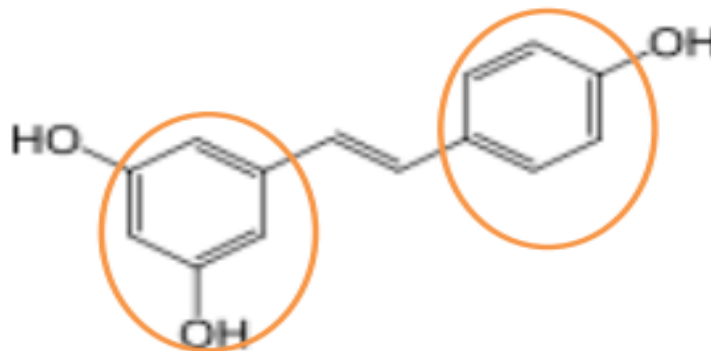


Figure 3 : Structure de base des polyphénols.

2.1.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés poly phénoliques comprenant 15 atomes de carbone formant une structure C6-C3-C6, ils représentent les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils ont des rôles variés dans les plantes en tant que métabolites secondaires, étant impliqués dans les processus de la pigmentation qui contribuent entre autres à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc et la résistance aux maladies [25] [26], [27].

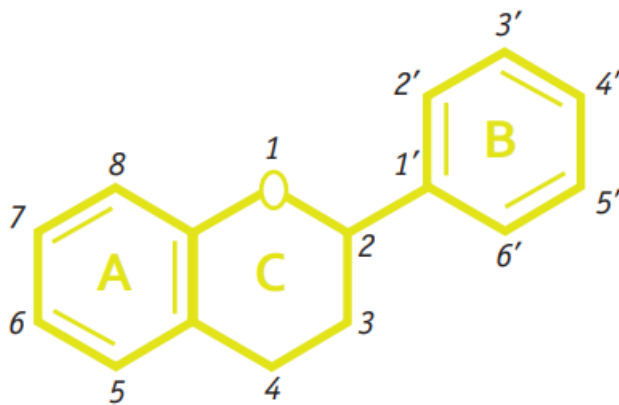


Figure 4 : Structure de base des flavonoïdes.

Les flavonoïdes sont présents dans plusieurs plantes médicinales, des remèdes à base de ces plantes riches en flavonoïdes ont été largement utilisés dans la médecine populaire à travers le monde entier [28].

Les plantes à flavonoïdes ont d'ailleurs montré qu'elles avaient des propriétés biologiques très importantes et très vastes. Ces plantes d'aussi grande importance pour la santé des populations méritent d'être étudiées scientifiquement pour leur meilleure utilisation [29].

2.1.3 Tanins

Les tanins se sont des composants poly phénoliques qui ont des propriétés astringentes prononcées qui hâtent la guérison des blessures. Ils sont utilisés en usage externe pour traiter les hémorroïdes, les brûlures et comme bains de bouche pour le traitement de l'inflammation et des maladies parodontales, en usage interne ils sont utilisés pour traiter la diarrhée et l'hypersécrétion des muqueuses intestinales [30].

Le câprier possède aussi plusieurs constituants notamment les saccharides, les glycosides, les huiles volatiles, les acides gras, les stéroïdes et les saponines mais l'une des classes les plus importantes de composees sont les flavonoïdes en particulier la rutine [31] ;[9].

Des études chimiques antérieures sur *Capparis spinosa* ont montré aussi la présence d'alcaloïdes, de lipides [32] et des éléments minéraux essentiellement le K, Mg, Ca, Na, Fe, P [33] ;[34].

Le tableau 1 résume quelques métabolites bioactives identifiées et isolées du câprier.

Tableau 1 : Composition chimique des organes du câprier

Organe vegetal	Composition biochimique	Référence
Fruits	Rutine OH-indole-2-acetonitrile 3-O-b-glucopyranoside acide tétrahydroquinoléine stachydrine Alcaloïdes Stérol: β -Sitosterol,	[35] [36] [37] [38] [39] [40]
Feuilles	Tocophérols et Caroténoïdes, Rutine	[41] ;[35]
Racines	Alcaloïdes, sucres, Stachydrine	[42] ;[43] [44]
Boutons floraux	Composés Phénoliques Rutine Vitamine C Glucosinolates Tocophérols et Caroténoïdes Quercitine Kaempferole	[41] [45] [46] [41] [19] [47]
Fleurs	Tocophérols et Caroténoïdes	[48]

2.2 Méthodes d'extractions

L'extraction est un procédé, mis au point dans la seconde moitié du XV^e siècle, consiste à traiter la matière première par un solvant, il existe plusieurs méthodes d'extraction :

2.2.1 Infusion

Une infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale, en laissant reposer la mixture pendant 10-15 minutes. Il s'agit d'un procédé semblable à la préparation d'un thé [49].

2.2.2 Décoction

La décoction est proche de l'infusion, elle consiste à utiliser des plantes sèches qui sont mises dans l'eau froide et peu à peu cette eau est portée à ébullition, un couvercle est placé sur le récipient et l'ébullition est maintenue au maximum. La durée de la décoction est variable selon les plantes, elle sera comptée du début de l'ébullition, certaines plantes doivent subir une décoction de 2 minutes de 5, 10, jusqu'à 15 min selon la rugosité de l'organe. Très souvent, on trouve une décoction par exemple, de deux minutes suivie d'une infusion de cinq minutes. On arrête donc l'ébullition au bout de deux minutes et on laisse infuser le reste du temps [50].

2.2.3 Macération

La macération fût utilisée dans la médecine traditionnelle depuis l'antiquité. Le principe est simple, un solvant qui peut être de l'eau, de l'alcool, ou une huile est mis en présence d'une quantité suffisante de feuilles ou de fleurs d'une espèce déterminée. Cette opération se fait à froid, généralement on place une quantité de plantes dans un flacon de verre. Celui-ci est ensuite hermétiquement fermé et conservé à l'abri de la lumière pendant plusieurs jours, de 4 à 15 jours selon les prescriptions. Le solvant va peu à peu se charger des principes actifs de la plante, surtout si celle-ci est finement pulvérisée lors de la préparation. A la fin du temps prescrit, on filtre dans un filtre de papier. La solution retirée est une macération de la plante contenant le principe actif de cette dernière [50].

2.2.4 Extraction par Soxhlet

L'extraction Soxhlet a été largement utilisée pour extraire de précieuses compositions bioactives de diverses sources naturelles, elle est utilisée comme modèle pour la comparaison de nouvelles alternatives d'extraction [51].

L'appareil de Soxhlet se compose de trois parties : le solvant contenu dans le ballon, l'extracteur et le réfrigérant, avec une entrée et une sortie de l'eau de refroidissement. La cartouche en papier filtre Épais (ou carton), contenant l'échantillon de la plante finement divisée (le plus souvent en poudre), est placé dans l'extracteur en verre muni d'un tube capillaire et d'un tube de dérivation.

Le ballon est chauffé grâce à un chauffe-ballon, pour favoriser l'ébullition régulière du solvant.

Lors de l'ébullition les vapeurs passent par le tube de dérivation et se condensent dans le réfrigérant. Le solvant liquide arrive ensuite dans la cartouche et extrait peu à peu les composants solubles, le niveau de liquide s'élève aussi bien dans l'extracteur que dans le tube capillaire, pour arriver au niveau du siphon. Lorsqu'une partie du solvant enrichie par les composants extraits commence à retourner dans le ballon par le tube, une dépression se crée au niveau du tube capillaire, puis tout le liquide contenu dans l'extracteur revient dans le ballon.

A nouveau le solvant bout et contribue à une deuxième extraction suivie par un deuxième siphonage et ainsi de suite. Cette manipulation est menée en continu pendant suffisamment de temps pour que tous les composants à extraire se retrouvent dans le ballon. Il suffit alors de récupérer le contenu du ballon puis d'évaporer le solvant dans un Rotavapor [52] (Figure 5).

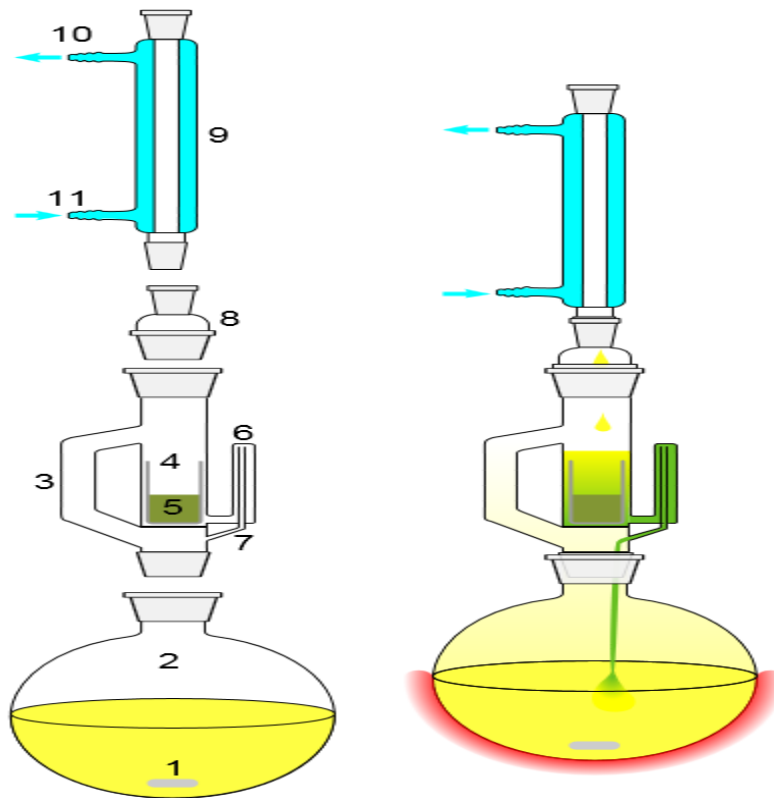


Figure 5 : Appareil de soxhlet.

- 1 : Solvant
- 2 : Ballon
- 3 : Tube de dérivation
- 4 : Extracteur
- 5 : Cartouche en papier filtre
- 6 : Siphon
- 7 : Tube capillaire
- 8 : Adaptateur d'expansion
- 9 : Réfrigérant
- 10 : Entrée d'eau de refroidissement
- 11 : Sortie d'eau de refroidissement

2.3 Méthode de caractérisation des extraits de plantes

La recherche des principes actifs extraits des plantes est d'une importance capitale car elle a permis la mise au point de médicaments essentiels. Aujourd'hui, les plantes sont de plus en plus utilisées par l'industrie pharmaceutique, il est indispensable de connaître la composition des plantes pour comprendre comment elles agissent sur l'organisme [26]. On peut les caractériser en utilisant la chromatographie liquide à haute performance (HPLC).

2.3.1 Chromatographie liquide haute performance (HPLC)

La technique est appelée en anglais *High Performance Liquid Chromatography* ou HPLC, c'est le développement moderne de la chromatographie, elle a été développée pour déterminer les substances poly phénoliques bioactives. La technique peut être simple, rapide et éventuellement sélective [52] ; [53].

2.3.2 Utilisation et propriétés thérapeutiques et culinaire

2.3.2.1 Usage thérapeutique

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne, la phytothérapie offre de multiples avantages car les plantes ont été utilisées pendant des siècles par les populations pour se soigner de maladies bénignes, rhume, la toux, ou plus sérieuses telles que la tuberculose ou la malaria [54] ;[26].

Capparis spinosa est l'une des plantes médicinales employée dans le traitement de plusieurs maladies [55]. Ces différentes parties (Racines, fruits, fleurs, bourgeons et les feuilles) possèdent des propriétés thérapeutiques utilisées à des fins médicinales [56].

Ces boutons floraux ont été employés comme anti-allergique [57], anti-hypertensives [8] et dans le traitement du rhumatisme [58].

Ses racines sont connues pour leurs activités antifongiques et antibactériennes [59] ; [60].

Les fruits de cette plante étaient utilisés depuis des siècles dans la phytothérapie traditionnelle comme antifongique [59] et pour traiter l'arthrite rhumatoïdale et la goutte [61].

L'écorce de racine et les feuilles de câprier peuvent avoir aussi une certaine activité anti-cancérogène [19].

Le câprier présente aussi de nombreux effets pharmacologiques notamment antimicrobiens, [9], anti-inflammatoire [62] [63], Antioxydante [64] ;[65], antihépatotoxique[66], anti-hyperglycémiques [67] et une activité hypolipémiante [68].

Les usages traditionnels rencontrés dans ses différents organes sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Usages traditionnels des organes du caprier.

Indication	Partie utilisée	Mode d'utilisation	References
Rhumatisme, Rhume, migraine	Feuilles et fruits	Decoction, infusion, pomade	[69]
Toux et diabète	Fruits	Décoction	[70]
soigner l'hypertension et le diabète	Fruits secs	Par voie orale	[71]
pour soigner les infections gastro- intestinales, la diarrhée	Bourgeons à fleurs et les jeunes feuilles	Décoction	[71]
Infections d'œil	Boutons floraux	Extérieurement	[71]
Anémie, l'arthrite et la goutte utilisées contre l'hydropisie et rhumatisme	Écorce de racine	Infusion et Décoction,	[71] [65] [13]
Pour le traitement des rhumatismes et des troubles gastriques et	Boutons floraux Racines	Infusion,	[71]
Pour stimuler l'appétit.	Ecorce	Décoction	[71]

2.3.2.2 Usage culinaire

Le câprier est bien connu pour ses propriétés culinaires car ses boutons floraux immatures sont marinés dans du vinaigre ou conservés dans du sel en grains, ils sont utilisés aussi depuis longtemps dans les salades, les pâtes, les sauces et des garnitures pour ajouter une saveur piquante [72].

En outre, les fruits semi-matures et les jeunes pousses peuvent également être marinés pour être utilisés comme condiment [73].

2.4 Activités biologiques

2.4.1 Activité antimicrobienne

Les plantes sont riches en une grande variété de métabolites secondaires, tels que les tanins, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les flavonoïdes, dont les propriétés antimicrobiennes ont été démontrées en in vitro [74].

Ces métabolites secondaires agissent contre les microorganismes selon plusieurs mécanismes d'action principaux :

- Altercation de la membrane cellulaire :

Certains composés notamment les huiles essentielles riches en terpènes, perturbent l'intégrité de la membrane cytoplasmique, provoquant le flux d'ions, entraînant la mort cellulaire [75].

- Inhibition des enzymes essentielles :

Certains flavonoides inhibent des enzymes clés pour la survie bactérienne comme l'ADN-gyrase ce qui bloque la réplication et la réparation de l'ADN [76] .

3 CHAPITRE : ETUDE MOLECULAIRE DU CAPRIER

3.1 Diversité génétique

L'identification taxonomique du câprier a été difficile en raison de sa grande hétérogénéité, de nombreux auteurs sont tombés dans la confusion en raison de la rareté des études génétiques [13]. Certains auteurs confirment que toutes les espèces sont regroupées dans une seule espèce (*Capparis spinosa* L.), avec deux sous-espèces: *Capparis spinosa* subsp. *spinosa* et *Capparis spinosa* subsp. *Rupestris* [77] ; d'autres chercheurs ont subdivisé le genre *Capparis* en 10 espèces en Asie centrale et occidentale, en Afrique du Nord et en Europe. Cinq espèces sont recensées dans la région méditerranéenne, citons le *Capparis spinosa* L., *Capparis sicula* Veill., *Capparis aegyptia* (Lam.) Boiss., *Capparis orientalis* Veill. et *Capparis ovata* Desf. [78] ; [79].

Le câprier présente des variations morphologiques considérables dues à divers facteurs tels que la différenciation écogéographique, les changements de température et les processus d'hybridation qui favorisent la présence de phénotypes intermédiaires. Cette grande variabilité suggère une structure complexe au sein des formes sauvages de *Capparis spinosa*.

Les approches morphologiques pures basées uniquement sur des caractères végétatifs qualitatifs et quantitatifs ont conduit à une grande confusion dans la taxonomie de *Capparis spinosa*, avec une mauvaise identification du taxon et une classification erronée des différentes variétés. C'est pourquoi les recherches portant sur les données moléculaires ont largement complété les classifications morphologiques et contribué à révéler les relations phylogénétiques et les tendances évolutives de cette espèce [13].

Des données génétiques disponibles pour le groupe *Capparis spinosa* L. en Méditerranée et au Proche-Orient sont présent dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Données génétiques du *Capparis spinosa* L.

References	Origine	Marqueures
[80]	Algerie, Italie	EST-SSR
[81]	Chine	ADNcp
[[82]	Chine	ISSR
[[83]	Syrie	IRAP & ISSR
[84]	Sicile- Italie	ISSR
[85]	Turquie	RAPD
[86]	Inde	RAPD and ISSR
[87]	Azerbaïdjan Iran	RAPD
[88]	Maroc	SSR
[89]	Egypte	ISSR
[[79]	Espagne, Maroc, Syrie	AFLP
[90]	Tunisie, Italie Centrale	RAPD

3.2 Méthode d'identification

Les méthodes utilisées pour l'identification des espèces et des variétés sont :

3.2.1 Marqueurs morphologiques

La systématique phénotypique, science uniquement basée sur des critères morphologiques apparents, ne permet pas toujours d'approcher ou d'interpréter des phénomènes évolutifs, surtout quand il s'agit de complexes d'espèces **[91]**.

Ces marqueurs peuvent être influencés par l'environnement **[92]**.

3.2.2 Marqueurs biochimiques

Les enzymes sont les premiers marqueurs moléculaires utilisés pour l'identification des génotypes [93]. Ils sont basés sur la séparation de protéines (représentées par des bandes) par électrophorèse verticale. L'inconvénient majeur de ces marqueurs est la variabilité étudiée qui se trouve limitée par le nombre des systèmes enzymatiques disponibles [94].

3.2.3 Marqueurs moléculaires et phylogénie

L'essor de la biologie moléculaire au cours de ces dernières années, l'amélioration des techniques d'isolement de l'ADN, la généralisation de la PCR et le séquençage ont permis d'analyser l'organisation de l'information génétique au niveau de l'ADN en utilisant des marqueurs moléculaires d'ADN (RAPD, RFLP, AFLP et SSR) qui peuvent être utilisés pour l'analyse de la variation. Les marqueurs peuvent être amplifier des loci anonymes ou caractérisés, [90] ; [95] ; [94].

Les marqueurs moléculaires fonctionnent en mettant en évidence les polymorphismes existants au sein d'une séquence nucléique entre les individus. Ces différences comprennent les insertions, les délétions, les translocations, les duplications et les mutations ponctuelles [94].

L'ADN chloroplastique (ADNcp) demeure le plus largement utilisé pour les études phylogénétiques chez les végétaux, car il possède un mode d'évolution conservateur. Son hérédité le plus souvent monoparentale rend la première approche de la phylogénie plus facile à analyser [62].

Les techniques moléculaires actuelles qui permettent une authentification précise de l'espèce et de la sous-espèce ou de la variété à laquelle appartient un échantillon sont :

3.2.3.1 Technique de PCR (polymerase chain reaction)

Depuis son invention, la PCR est devenue la technique la plus utilisée pour la détection de l'ADN à partir d'une simple copie d'une séquence particulière d'acides nucléiques, cette séquence peut être spécifiquement amplifiée et détectée [63].

C'est une réaction de polymérisation en chaîne qui nécessite plusieurs composants: l'échantillon contenant l'ADN à amplifier, la Taq ADN polymérase, des desoxyribonucleotides libres et des amorces (séquences d'ADN simple brin, courtes, complémentaires des deux extrémités de la séquence à amplifier). L'ensemble de ces composants est soumis à des variations thermiques et cycliques. Ces dernières entraînent une succession de dénaturation-renaturation de l'ADN [96].

Les amorces utilisées sont beaucoup plus courts que les brins d'ADN natif, ils vont s'hybrider de façon préférentielle aux régions flanquant la séquence à amplifier. À partir de ces amorces la Taq ADN polymérase synthétise le brin complémentaire de chaque brin d'ADN. La répétition des cycles permet par duplications successives une augmentation quasi exponentielle de la quantité d'ADN totale [64].

3.2.3.2 Séquençage

La séquence est l'ordre d'enchaînement des éléments qui composent les acides nucléiques ou les protéines avec respectivement nucléotides ou acides aminés. Le séquençage consiste, par des méthodes de la biologie moléculaire à déterminer l'ordre des nucléotides de l'ADN ou des acides aminés des protéines [65] ; [97].

Le séquençage de l'ADN constitue une méthode dont le but est de déterminer la succession linéaire des bases A, C, G et T prenant part à la structure de l'ADN. La lecture de cette séquence permet d'étudier l'information biologique contenue par celle-ci. Étant donné la spécificité de la structure de l'ADN chez chaque individu, permet de nombreuses applications dans le domaine de la médecine comme par exemple les études génétiques, l'étude de paternité et de criminologie [66] ; [98].

4 CHAPITRE : MATERIEL ET METHODES

4.1 Enquête sur terrain

Avant d'entamer notre étude phytochimique et moléculaire de l'espèce choisie le câprier (*Capparis spinosa* L.), nous avons exploré plusieurs sites d'existence de cette espèce grâce à des prospections menées en collaboration avec les chercheurs forestiers. Les sites sélectionnés ont été choisis en fonction de deux principaux critères à savoir :

- 1/ Présence d'un nombre suffisant d'individus.
- 2/ Facilité d'accès aux différents sites.

4.2 Matériel végétal

La récolte des organes du câprier (feuilles, boutons floraux et fruits) s'est effectuée aléatoirement sur environ une quinzaine d'arbustes, dans des étendues éparses spontanées (Figure 6). La cueillette a été effectuée durant les mois de Juillet et Août (2020/2021). Les organes prélevés des sites ont été utilisés pour la préparation des extraits éthanoliques.

D'autres prélèvements exclusivement des feuilles ont eu lieu en 2021/2022 dans 6 sites différents: Hammem Melouane (Blida), El-Hamdania et Ain Boucif (Médéa), Hadjout et Cherchell (Tipaza), Cap carbon (Béjaia), ce deuxième volet de récolte nous a permis de réaliser l'étude moléculaire du câprier.



Figure 6 : Vue générale d'un arbuste de *Capparis spinosa* L. (Originale).

4.3 Caractéristiques des sites d'étude

Tableau 4 : Caractéristiques de sites de prélèvement

Caractère	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6
Wilaya	Blida	Médéa	Médéa	Tipaza	Tipaza	Bejaia
Commune	Hammem Melouen	El-Hamdania	Ain Boucif	Hadjout	Cherchell	Béjaia
Localité	Magtaa Lezreg	El Houachem	Kaf Lakhder	Cherlah	Aizer	Cap carbon
Type forêt	Parc National de Chréa	Parc National de Chréa	Forêt domaniale Kef Lakhder	Forêt domaniale Bouhamo u	Foret domaniale Cherfaoui	Parc national de Gouraya
Coordonnées géographiques	x 3°.01'47,73" y :36°.47'41,49"	36°22'0,84" N 2°45'49,00" E	36°1'33,50"N 3°14'49,30"E	36°25'57,50"N 2° 26' 38,00"E	36°56'85,49"N 2° 20' 67,2"E	06°87'429" N 40°71'281 " E
Altitude (m)	350	343	975 à 1090	298 à 317	308	222
Exposition	Toute exposition	Sud/Sud-Est	Sud-Ouest/ Sud/Sud-Est	Sud/Sud-Est	Ouest	Sud-est
Pente %	0	5-12	5-25	10-15	5-8	40
Elément Floristique	Chêne vert, Caroubier, Olivier, Pin d'alep, lentisque,	Pin d'Alep	Pin d'Alep Chêne vert Calicotome Spinos Cistus	Pin d'Alep- Thuya- Lentisque- Eucalyptus	Pin d'Alep, Lentisque, ciste	Lentisque, Olivier,
Elément Topographique	Talus	Versant-Berges	Versant-Talus	Versant-Talus	Talus	Falaise

La caractérisation climatique des sites étudiés a été réalisée à partir de l'analyse des données recueillies par les stations météorologiques de l'ONM situées dans les zones concernées ou à proximité des sites retenus.

Il est a signalé que les données météorologiques spécifiques au site Ain Boucif ne sont pas disponibles en raison de l'absence d'une station météorologique proche.

Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles (°C)

		Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jull.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Hammem	M	5,8	18,5	21,0	23,7	26,8	30,5	33,8	34,1	31,0	28,3	22,9	19,6
Melouan	m	6,6	6,7	8,4	10,9	13,6	17,0	20,4	21,1	19,0	15,5	11,2	7,5
(Blida)													
El-	M	5, 5	5, 1	8, 9	13,3	17,6	23,4	28,6	28,1	22,4	17,6	10,0	6, 5
Hamdania	m	1,7	0,9	3,6	6,9	10,3	14,8	19,3	18,9	14,5	11,1	5,6	2,5
(Médéa)													
Hadjout	M	16,7	17.2	19.2	21.3	23.7	27.1	30.1	30.8	28.4	26.1	21.1	17.5
(Tipaza)	m	10.5	10.2	11.9	14.2	16.7	19.8	22.7	23.3	21.1	18.3	14.4	11.6
Cherchell	M	16,6	17,1	19,2	21,5	23,9	27,4	30,2	31,0	28,5	26,3	27,4	17,2
(Tipaza)	m	10.2	9.9	11.8	14.1	16.7	19.9	22.6	23	20.9	18.2	14.3	11.4
Cap carbon	M	11.67	11.94	13.52	14.84	17.38	21.15	23.64	24.87	23.26	20.06	15.70	12.62
(Béjaia)	m	4.82	4.88	6.08	7.59	10.78	14.45	17.08	17.63	16.19	12.70	8.62	5.86

M : Température moyenne mensuelle des maximas (°C)

m : Température moyenne mensuelle des minimas (°C)

Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm).

	Janv.	Fer.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jull.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dèc.	Annuelle
Hammem Melouan (Blida)	79,07	95,13	77,44	58,09	50,84	12,01	1,77	15,56	31,36	73,19	132,11	112,62	739,2
El- Hamdania (Médéa)	67,52	87,86	75,26	52,98	52,18	8,87	3,18	6,48	31,57	35,88	74,69	65,5	562
Hadjout (Tipaza)	57.3	66.99	49.2	39.0	37.3	9.3	1.7	8.2	36.2	52.5	123.3	75.6	556.5
Cherchell (Tipaza)	55,9	72,1	50,6	40,2	36,9	8,4	1,7	8,2	36,0	52,7	120,2	86,2	569,7
Cap carbon (Bejaïa)	149.8	118.8	112.7	98.2	57.3	17.9	10.7	13.8	54	101.1	133.9	173.6	1041.8

4.4 Synthèse climatique

Afin de déterminer les bioclimats, deux indices usuellement utilisés, ont été pris en compte : le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, (1953) et le climagramme d'Emberger, (1955).

4.4.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

La courbe ombrothermique permet de distinguer la période sèche et humide de la campagne. Une période est considérée sèche quand $P \text{ (mm)} \leq 2T \text{ (}^{\circ}\text{C)}$ (Bagnouls et Gaussen., 1953).

- Hammem Melouane (Blida)

L'examen du diagramme ombrothermique de la décennie (2006 à 2015) révèle l'existence d'une période sèche qui s'étale de la 2^{ème} quinzaine du mois de Mai jusqu'à la 2^{ème} quinzaine du mois de Septembre (figure 7).

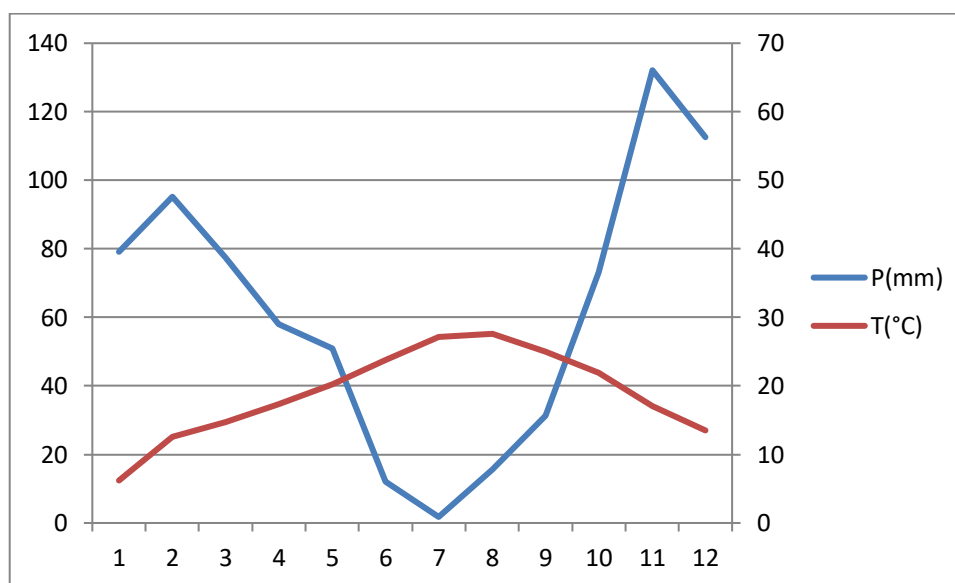


Figure 7 : Diagramme ombrothermique (2006-2015)

(Hammem Melouane, Blida)

- El-Hamdania (Médéa)

L'analyse du diagramme ombrothermique de la décennie (2006/2015) permet de visualiser une période sèche qui s'étend de la 1^{ère} quinzaine de mois de Juin jusqu'à la 2^{ème} quinzaine du mois de Septembre (figure 8).

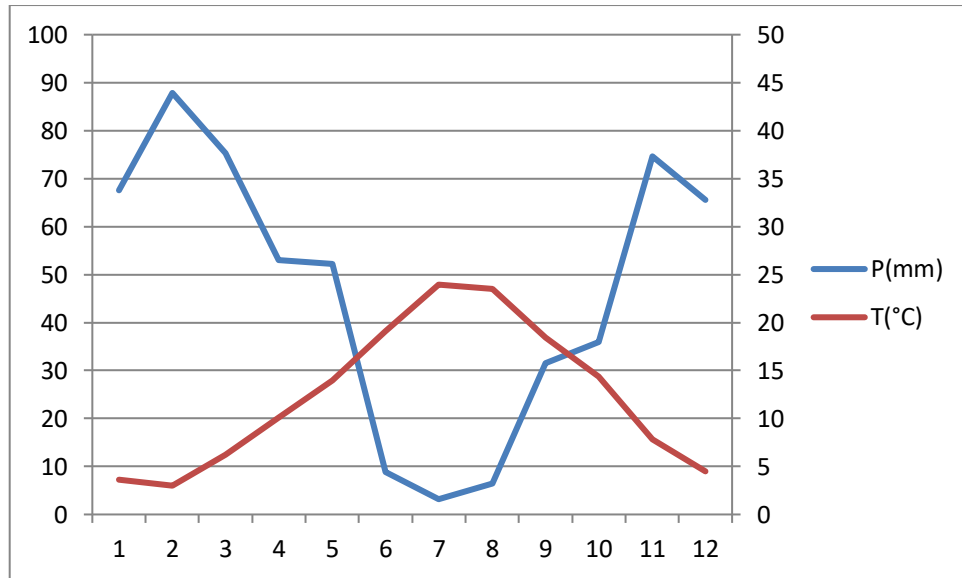


Figure 8 : Diagramme ombrothermique (2006 à 2015)

(El-Hamdania, Médéa).

- Hadjout (Tipaza)

L'analyse du diagramme ombrothermique de la décennie (2006/2015) permet de visualiser une période sèche qui s'étend de la 2^{ème} quinzaine du mois d'Avril jusqu'à la 2^{ème} quinzaine du mois de Septembre (figure 9).

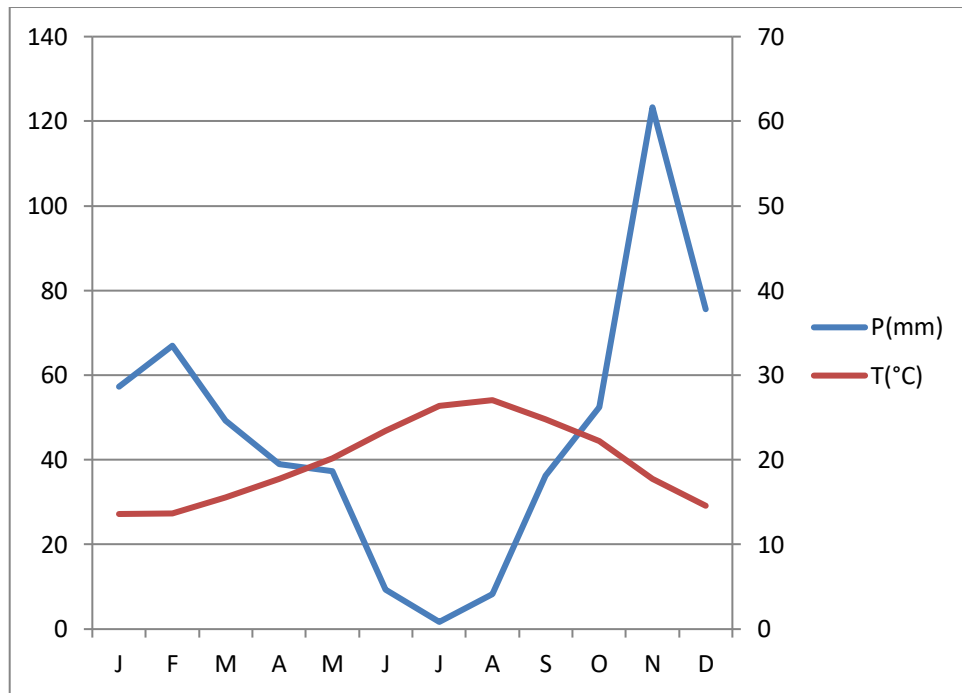


Figure 9 : Diagramme ombrothermique (2006 à 2015)

(Hadjout, Tipaza).

- Cherchell (Tipaza)

L'analyse du diagramme ombrothermique de la période 2005 à 2014 permet de visualiser une période sèche qui s'étend de la 1^{ère} quinzaine du mois de Mai jusqu'à la 2^{ème} quinzaine du mois de Septembre (figure 10).

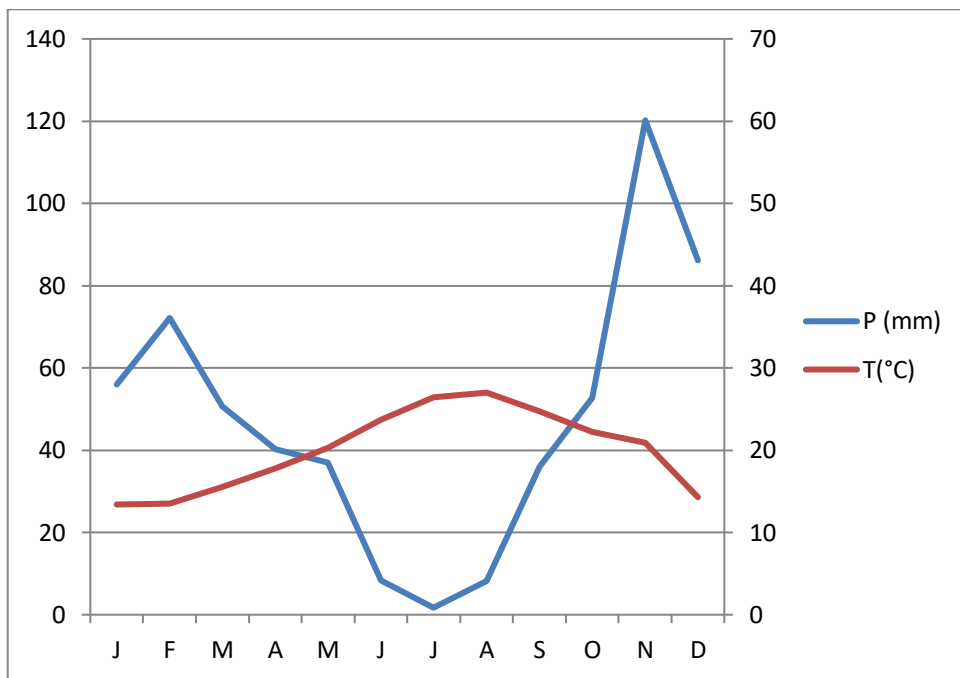


Figure 10 : Diagramme ombrothermique (2005 à 2014)
(Cherchell, Tipaza).

- Cap carbon (Béjaia)

L'examen du diagramme ombrothermique révèle l'existence d'une période sèche qui s'étale de la 2^{ème} quinzaine du mois de Mai jusqu'à la 2^{ème} quinzaine du mois de Septembre (figure 11).

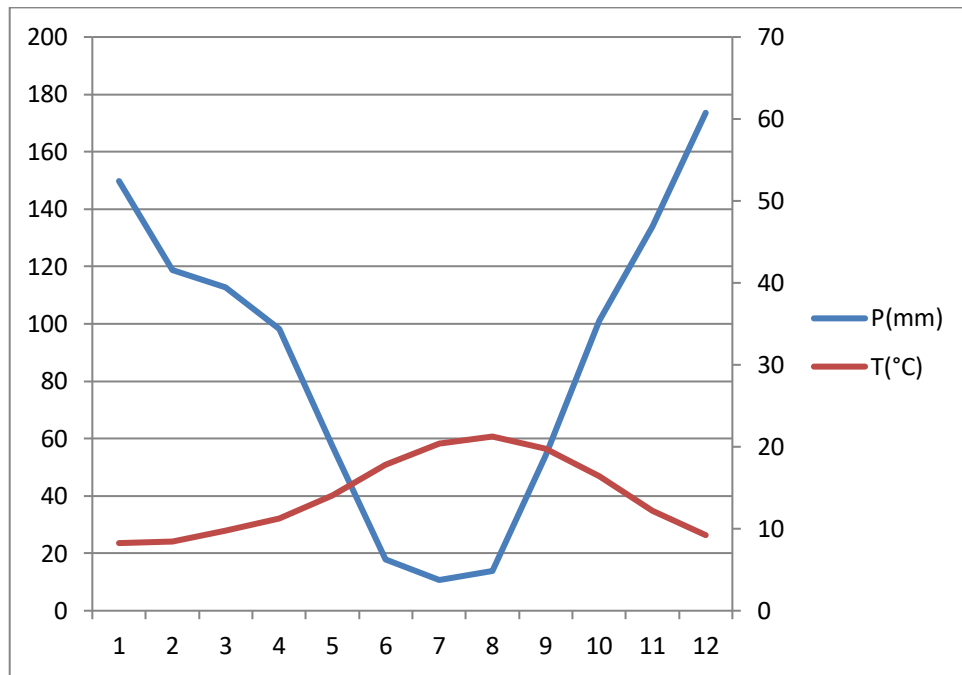


Figure 11 : Diagramme ombrothermique (2004 /2005)

(Cap carbon, Béjaia).

4.4.2 Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

EMBEGER, (1995) a établi un climagramme pour la région méditerranéenne permettant la détermination des différents étages bioclimatiques à partir d'un quotient pluviométrique Q_2 , (Sauvage, 1963) :

$$Q_2 = 3.43 \cdot \frac{P}{M-m}$$

Q_2 = Quotient pluviométrique.

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm).

M : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C)

m : Température moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

Les valeurs de Q_2 indiquent que les trois sites d'étude Hammam Melouane (Blida), El-Hamdania (Médéa), Hadjout et Cherchell (Tipaza) se situent dans le même l'étage bioclimatique sub-humide et Cap carbon (Béjaia) se trouve dans la zone l'humide à hiver doux (tableau 7).

Tableau 7 : Valeurs du quotient pluviométrique.

Site	P (mm)	M(°C)	m(°C)	Q2	Bioclimat	Variation Thermiques
Hammam Melouane (Blida)	739,2	34,1	6,6	92,20	sub-humide	Hiver Tempéré
El-Hamdania (Médéa)	562	28,6	0,9	69,59	sub-humide	Hiver frais
Cherchell (Tipaza)	569,7	31	9,9	92,61	sub-humide	Hiver Tempéré
Hadjout (Tipaza)	556,5	30,8	10,2	92,66	sub-humide	Hiver Chaud
Cap-Carbon (Béjaia)	1041,8	24,87	4,82	178,22	Humide	Hiver doux

Selon la carte climatique d'Ain Boucif (figure 12), le site d'étude appartient au bioclimat semi-aride frais.

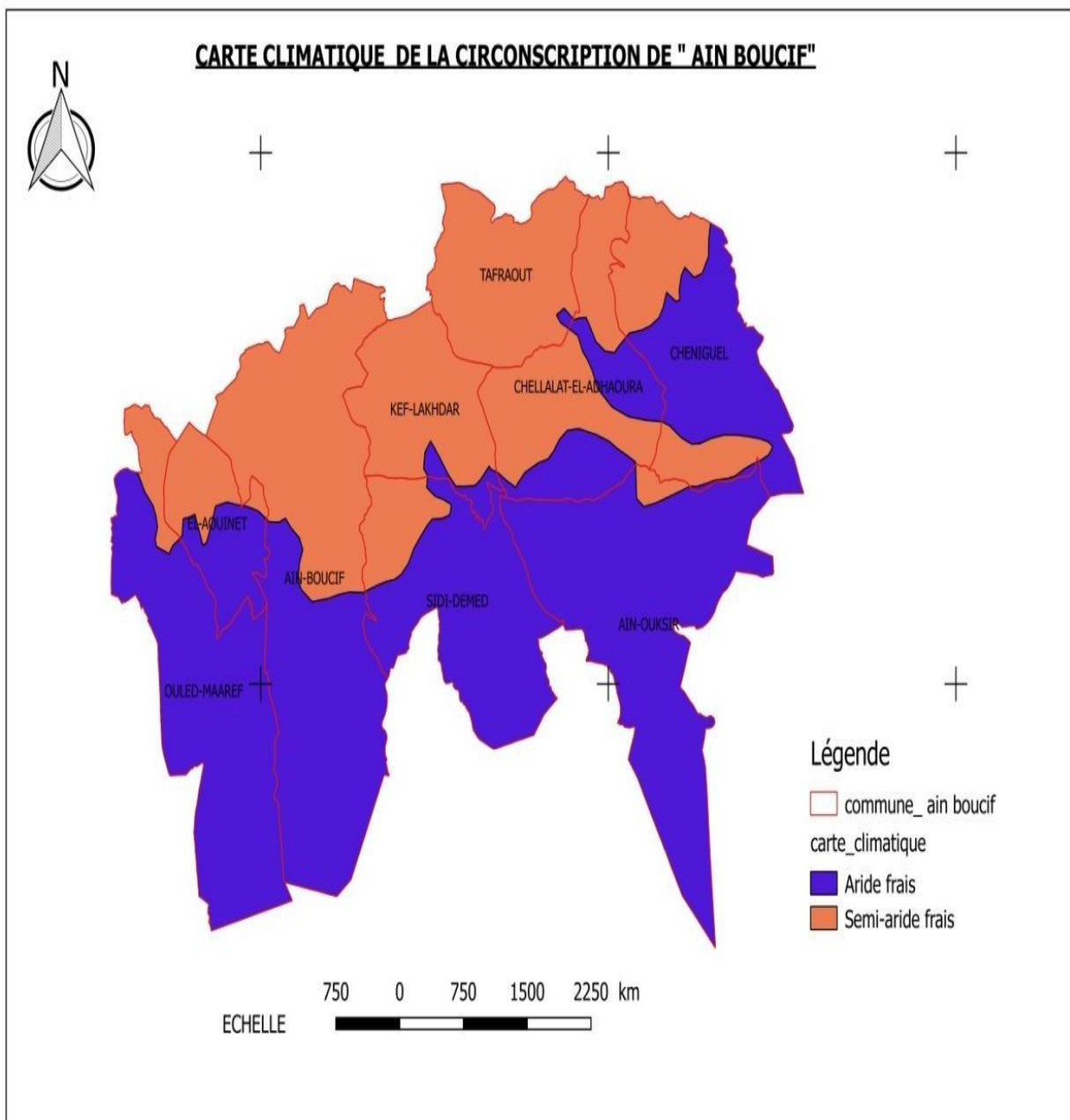


Figure 12: Carte climatique d'Ain Boucif (source : circonscription des forêts d'Ain Boucif).

Le climagramme d'Emberger a permis de déterminer l'étage bioclimatique des sites d'étude Hammem Melouane (Blida), El-Hamdania et Ain Boucif (Médéa), Hadjout et Cherchell (Tipaza) et Cap Carbon (Béjaia) (figure 13).

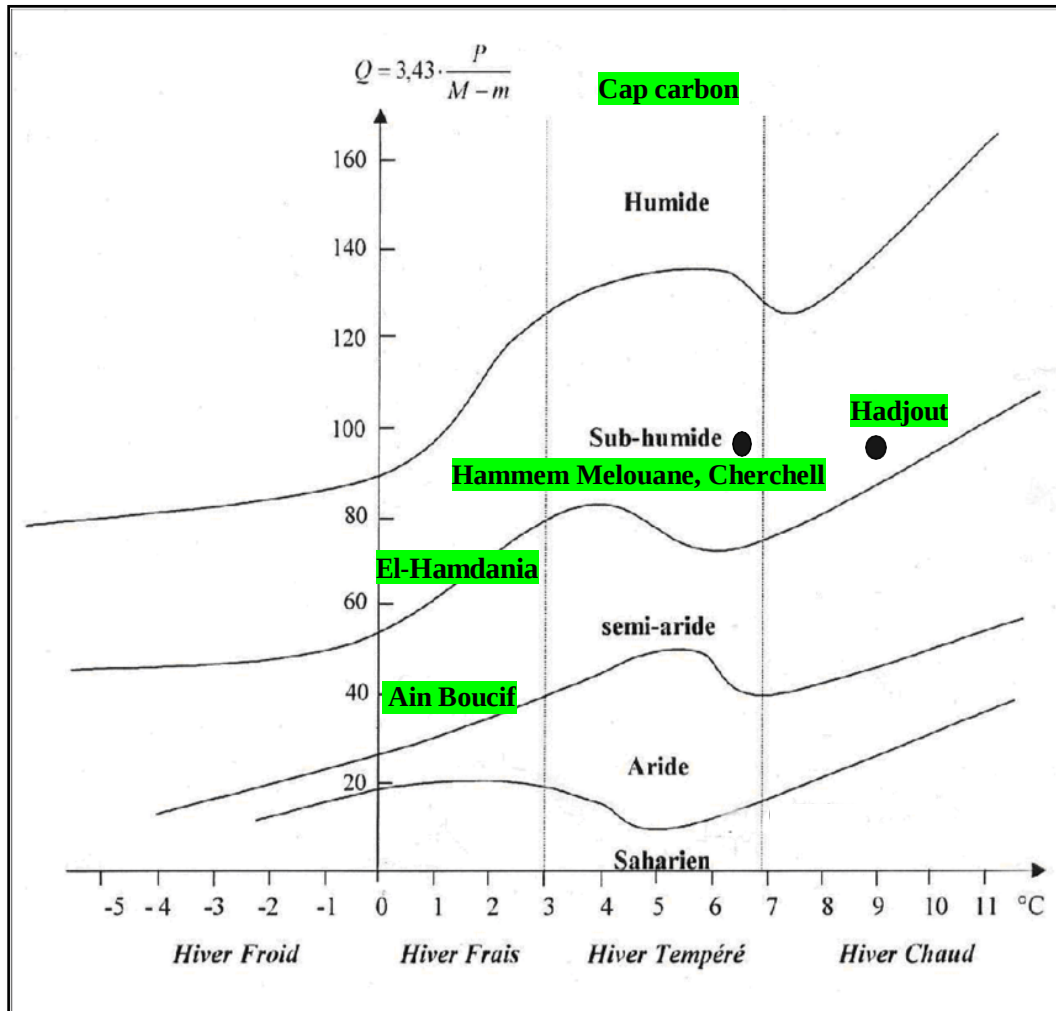


Figure 13 : Etages bioclimatiques des sites d'étude

- Hammem Melouane (Blida) sub-humide à hiver tempéré.
- El-Hamdania (Médéa) sub-humide à hiver frais.
- Ain Boucif (Médéa) semi-aride à hiver frais.
- Hadjout (Tipaza) sub-humide à hiver chaud.
- Cherchell (Tipaza) sub-humide à hiver tempéré.
- Cap carbon (Béjaia) humide à hiver tempéré.

4.5 Etude phytochimique

4.5.1 Echantillonnage

La méthode d'échantillonnage utilisée dans notre étude est complètement aléatoire, elle consiste à prélever le matériel végétal sur des individus sélectionnés au hasard des deux sites Hammem Melouane (Blida) et El-Hamdania (Médéa).

4.5.2 Préparation du matériel végétal

Le matériel végétal récolté au mois de Juillet et Août a été séché en une seule couche à l'ombre à l'abri de la lumière et de l'humidité pendant environ 15 jours à une température ambiante de $30\pm 1^{\circ}\text{C}$. Ils sont ensuite conservés dans des sacs en papier kraft jusqu'à leurs analyses au laboratoire.

4.5.3 Préparation des extraits

Les différents organes du câprier notamment les feuilles, boutons floraux et les fruits ont été broyés séparément à l'aide d'un broyeur électrique pour la préparation des extraits éthanoliques.

Les extraits éthanoliques ont été obtenus à l'aide d'un appareil de Soxhlet pendant environ 1h30 min. Le protocole utilisé, adapté aux conditions d'expérimentation consiste à utiliser une quantité de 20 g de poudre végétale préparée de chaque organe (feuilles, boutons floraux et les fruits) avec 300 ml d'éthanol à 90 % [99] (Annexe A Figure.1).

Les extraits éthanoliques obtenus ont été évaporés par un rotavapeur pour se débarrasser du solvant et récupérer ainsi le résidu sec, qui a été conservé dans des boîtes de Pétri jusqu'à son utilisation (Annexe A Figure.2).

4.5.4 Principe de Soxhlet

20 g de poudre végétale sont disposés dans une cartouche cellulosique poreuse puis introduite dans l'extracteur du Soxhlet. 300 ml d'éthanol est mis en ébullition dans un ballon relié au pied de l'extracteur.

Les vapeurs dégagées passent par une tubulure menant au réfrigérant pour y être condensées. Le condensat tombe par gravité dans le réservoir contenant la cartouche et solubilise les molécules actives. Une fois plein, le mélange solvant-extrait est siphonné vers le ballon ce qui permet de régénérer le solvant et de recommencer un autre cycle. Le mélange est ensuite filtré et évaporé au rotavapeur [100].

- Calcul du rendement

Le rendement de l'extrait a été calculé comme suit [101] :

$$\text{Rdt}\% = \frac{M - M_0}{M_t} \times 100$$

Rdt : rendement de la matière extraite (%)

M : masse du bécher et extrait (mg)

M₀: masse de bécher vide (mg)

M_t : masse de la poudre végétale (mg)

4.5.5 Analyses chimiques des extraits éthanoliques du câprier

4.5.5.1 Chromatographie liquide à haute performance HPLC

La chromatographie liquide joue un rôle crucial en tant que technique de séparation utilisée dans le domaine de la chimie. Elle est utilisée pour analyser ou purifier les composants d'un mélange complexe [102].

- Principe

Dans ce travail, nous avons suivi le protocole de **Benzidane et al** [8] qui consiste à peser 10 mg de chaque extrait (feuilles, boutons floraux et fruits).

Les six standards utilisés (acide gallique, acide tannique, acide salicylique, quercétine, rutine et vanilline) ont été dissous à raison de 2 mg dans 1 ml d'éthanol.

5 µl de chaque extrait a été injecté dans une colonne C18 de dimension (250 × 4,6 mm) et de diamètre de particule égal à 5 µm. La détection se fait par un détecteur UV-Visible à une longueur d'onde de 270 nm (Annexe A Figure.3).

4.5.5.2 Analyse quantitative des extraits éthanoliques du caprier

- Teneur en polyphénols totaux

Les polyphénols totaux ont été mesurés selon la méthode de Folin-Ciocalteu adapté par **Aichi-yousfi et al [12]**.

Les extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles, boutons floraux et les fruits (50 µl, 1 mg/ml) ont été mélangés avec 1,58 ml d'eau distillée et 400 µl de réactif de Folin-Ciocalteu. Après une période de repos de 5 min à température ambiante ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), 300 µl de Na_2CO_3 ont été ajoutés à la solution, suivis d'une incubation à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ dans l'obscurité pendant 30 min. L'absorbance a été mesurée à 765 nm. (Annexe A Figure.4).

La quantification des polyphénols à été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage $y = 0,0091 x$ réalisé par un standard étalon "l'acide gallique" à différentes concentrations (0 - 100 µg/ml). Les résultats ont été exprimés en microgrammes d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg d'extrait).

- Teneur en flavonoïdes totaux

Elle a été déterminée à l'aide de la méthode trichlorure d'aluminium (AlCl_3) adapté par **Stefanucci et al [103]** où les extraits éthanoliques des feuilles, boutons floraux et les fruits du câprier (1 mg/ml ; 1 ml) ont été mélangés avec le même volume de AlCl_3 (2 %) (Annexe A Figure.5). L'absorbance a été mesurée à 430 nm après une incubation de 10 minutes à température ambiante ($25 \pm 1^\circ\text{C}$).

La quantification a été réalisée selon une courbe d'étalonnage ($y = 0.0089x$) établie par la quercétine à différentes concentrations allant de 0-120 µg/ml, et la teneur totale en flavonoïdes a été exprimée en microgrammes d'équivalents de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg d'extrait).

4.6 Activité biologique

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été réalisée par la méthode de diffusion des disques sur un milieu solide [104].

Cette méthode est similaire à celle de l'antibiogramme qui consiste à déterminer la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis d'un ou de plusieurs produits [105].

Les microorganismes utilisés dans cette étude sont des souches ATCC (American type culture collection) fournis par le laboratoire de bactériologie à l'hôpital Frantz Fanon Blida (Algérie). Les caractéristiques des souches testées sont illustrées sur le tableau 8.

Tableau 8 : Caractéristiques des souches testées.

	Souches testées	Caractères bactériologiques	Références
Souches Bactériennes	<i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	Gram – Gram – Gram +	ATCC 25922 ATCC 27853 ATCC 25923
Souche fongique	<i>Candida albicans</i>		ATCC 10231

4.6.1 Repiquage des souches

Les différentes souches bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries, puis incubées à l'étuve à 37±1°C pendant 18 à 24 heures afin d'obtenir une culture jeune et des colonies isolées qui vont servir à préparer l'inoculum [106] et à 25±1°C pendant 48h pour la souche fongique (*Candida albicans*).

4.6.2 Préparation de l'inoculum

Après l'incubation, nous avons choisi une colonie bien isolée avec une anse de platine qui a été transférée par la suite dans un tube d'eau physiologique afin d'avoir une densité voisine à celle de 0,5 McFarland pour les souches bactériennes [104]. Quant à la souche fongique (*Candida albicans*) la densité retenue est de 1.8 McFarland (densité déterminée par l'équipe de microbiologie de Franz Fanon) (Annexe A figure.6).

4.6.3 Préparation des solutions

Les extraits éthanoliques des parties aériennes du câprier (feuilles, boutons floraux et fruits) des deux sites étudiés Hammem Melouane et El-Hamdania ont été repris avec le diméthylesulfoxyde (DMSO) pour obtenir une concentration de 125mg/ml [104].

4.6.4 Préparation des disques

Le pouvoir antimicrobien des extraits éthanoliques a été mis en évidence en utilisant des disques de papier Wathman vierge de 6 mm de diamètre. Ces derniers sont préalablement stérilisés dans un autoclave pendant 20 min à $120\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Principe

Dans le but de l'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits éthanoliques d'organes du câprier, nous avons utilisé la gélose nutritive pour les souches bactériennes et le milieu Sabouraud pour la souche fongique. La gélose est coulée dans des boîtes de Pétri à raison de 18 ml par boîte. Un disque de papier Wathman stérile de 6 mm de diamètre imbibé d'extrait sec repris avec le diméthylesulfoxyde (DMSO) à une concentration de 125 mg/ml est déposé à l'aide d'une pince sur la surface de la boîte de Pétri ensemencée par la souche à tester (Annexe A Figure.7).

Les boîtes ont été incubées pendant 24 heures à $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ pour les souches bactériennes et à $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 48h pour la souche fongique, les essais entrepris ont été répétés 3 fois.

La lecture se fait par la mesure du diamètre en millimètres avec une règle graduée de la zone d'inhibition de croissance des germes autour de chaque disque contenant l'extrait. Les antibiotiques notamment Ampicilline, Céfazoline et Teicoplanine ont été utilisés pour les souches bactériennes comme contrôle positif et Econazole comme antifongique pour la souche fongique (*Candida albicans*).

4.7 Expression des résultats et analyses statistiques des données

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS. Une analyse de variance (Anova) est réalisée, suivie d'un test de Tukey post-hoc au seuil de 5%.

4.8 Identification moléculaire du câprier

4.8.1 Matériel végétal et site d'échantillonnage

L'étude phylogénétique a porté sur une collection de feuilles du câprier récoltées dans 6 sites : Hammem Melouane (Blida), El-Hamdania et Ain Boucif (Médéa), Cherchell et Hadjout (Tipaza) et Cap carbon (Béjaia).

Les feuilles ont été séchées avec le Silica gel et conservées dans des sacs en papier kraft jusqu'au jour de l'extraction de l'ADN génomique total.

4.8.2 Extraction de l'ADN

L'ADN génomique total a été extrait en utilisant la méthode de PlantZol modifiée, cette dernière consiste à isoler l'ADN génomique végétal de haute qualité de plantes qui sont riches en polysaccharides et en polyphénols. Notons que cette méthode est simple et rapide.

Notre travail s'est appuyé sur une approche moléculaire de la phylogénie, il s'est axé principalement sur l'étude des variations de l'ADN chloroplastique (ADNcp) qui est une molécule circulaire bicaténaire située à l'intérieur des chloroplastes dans le cytoplasme des végétaux supérieurs.

L'extraction a été réalisée selon les étapes suivantes (Annexe A Figure 8):

1/ Broyage de 20 mg de tissu végétal dans de l'azote liquide jusqu'à l'obtention d'une poudre fine et homogène qui sera transféré dans un tube de micro-centrifugeuse propre.

2/ Traitement des échantillons avec de la protéinase K. Ce protocole consiste à mélanger 400 µl de la solution plant Zol et protéinase K (100 µg/ml), elle a été préparée et mélangée avec 20 mg de la poudre végétale puis incubé 30 min à $55\pm 1^{\circ}\text{C}$.

3/ ajouter 7,5 µl de RNase A et mélanger soigneusement.

4/ incubation à $55\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 15 min.

5/ Centrifugation à 13000g /10min.

6/ Transférer délicatement la phase aqueuse supérieure dans un tube de micro centrifugation propre où nous avons ajouté un volume égal d'isopropanol et mélanger soigneusement par inversion. La centrifugation a été réalisé à 13000g /15min.

8/ Ajouter 500 µl d'éthanol à 70% et mettre dans le vortex pendant 5 secondes. Centrifuger à nouveau 12000 g pendant 5 min et retirer soigneusement le surnageant.

9/ centrifuger pendant 1 à 2 min pour éliminer les résidus d'ADN génomique.

10/ l'ADN a été séchée pendant 4h à température ambiante et l'élution a été réalisée avec 30 µl de tampon d'élution.

La mesure de la concentration et la pureté des ADN obtenues a été réalisée en utilisant un nano drop.

4.8.3 Amplification de l'ADN par la technique de la PCR

Amplification de l'ADN par la technique de réaction en chaîne de la polymérase (PCR) a été entreprise par des marqueurs chloroplastiques hérités de la mère pour identifier les espèces étudiées et définir les relations phylogénétiques entre

les accessions collectées. Le choix des amorces a été réalisées en se référant aux travaux de **Wang et al [81]**, où ils ont entrepris une sélection préliminaire de dix-huit paires d'amorces, seulement deux régions d'ADNcp « Rps12-rpl20 et ndhF» ont été utilisées car elles sont les plus discriminantes et permettent d'identifier d'une manière plus précise les variations de séquence chez les individus d'une population à une autre.

Les noms des amorces testées dans cette étude, leurs séquences sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Amorces utilisées.

Nom de l'amorce	Séquence
Rps12-rpl20	F : ATTAGAAANRCAAGACAGCCAAT R : CGYYAYCGAGCATATATATCC
ndhF	F : CGTATTAACGTATACGCGGAA R : AAACGTCTGAATGCATGCGTA

L'amplification par réaction en chaîne de la polymérase (PCR) d'ADN a été réalisée selon le protocole modifié de **Wang et al [81]**, en utilisant les paires d'amorces pour les 2 régions mentionnées précédemment.

La réaction PCR a été réalisée dans des mélanges de réaction de 25 µl contenant 50 ng d'ADN génomique, 0,2 µM de concentration d'amorces, 0,2 mM de concentration de mélange de dNTP, 2,5 µl de tampon PCR, 2,5 µM de MgCl₂, 1U quantité d'enzymes d'ADN polymérase Taq et de l'eau stérile jusqu'à 25 µl. L'amplification PCR a été réalisée sur un thermocycleur (Annexe A Figure 9) dans les conditions suivantes : initialisation à 95°C pendant 5 min, suivie de 30 cycles de dénaturation à 95°C pendant 30 secondes, réduit à 59°C pendant 30 secondes, extension à 72°C pendant 1 minute. L'étape finale d'élongation unique de 10 minutes à 72°C.

Visualisation des résultats d'extraction et de PCR

Les échantillons d'ADN extrait (3µl) ainsi que les résultats de l'amplification PCR ont été visualisés par électrophorèse sur gel d'agarose à 1% en utilisant un

tampon de charge (Annexe A Figure10). Un marqueur de taille de 100pb a été utilisé.

Tous les produits PCR ont été séquencés dans les deux sens pour les régions «Rps12-rpl20 et ndhF » en utilisant le séquençage capillaire technique de séquençage à haut débit.

5 CHAPITRE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1 Extraction des composés du câprier

Suite à l'extraction par Soxhlet sur la poudre obtenue des feuilles, boutons floraux et les fruits prélevés des sites de Hammem Melouan (Blida) et El-Hamdania (Médéa), les résultats des rendements sont mentionnés dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 10 : Rendement de l'extraction des organes du câprier

(Hammem Melouane, Blida)

Partie aérienne	Rendement %
Feuilles	15.1
Fruits	8.7
Boutons floraux	21.05

Tableau 11 : Rendement de l'extraction des organes du câprier

(El-Hamdania, Médéa).

Partie aérienne	Rendement %
Feuilles	43.95
Fruits	14.7
Bouton floraux	11.65

Les rendements obtenus varient entre 8.7 et 43.95 % pour les deux sites étudiés.

Sur le site d'El-Hamdania, les feuilles présentent le rendement le plus élevé avec 43.95%, suivi par les fruits avec 14.75%, tandis que les boutons floraux enregistrent le rendement le plus faible avec 11.65%, en comparaison avec les organes prélevés du site de Hammem Melouane où les boutons floraux enregistrent le rendement le plus fort avec 21.05% suivis des feuilles et des fruits avec 15.1 et 8.7% respectivement.

Discussion

Il existe une relation étroite entre le rendement d'extraction obtenu, le site de prélèvement d'étude et les organes de la plante utilisés. Cette constatation est confirmée par **Sabiou et al [107]** , où ils soulignent que le rendement d'extraction varie en fonction des régions, ces mêmes auteurs précisent aussi que la différence du rendement entre les organes est liée au rôle que joue chaque partie de la plante et dépend aussi de l'affinité entre le solvant et les molécules des différents échantillons.

5.2 Identification des molécules par HPLC

Dans la technique d'identification des molécules par l'HPLC, chaque composé est caractérisé par son temps de rétention (TR), il s'agit de la période qui s'écoule entre l'injection de l'échantillon et l'apparition du pic chromatographique [8].

L'analyse d'HPLC a été réalisée en utilisant les différents standards (Acide gallique, acide salicylique, acide tannique, la rutine, vanilline et la quercétine) qui ont permis de détecter la présence des flavonoïdes et les acides phénoliques dans tous les extraits éthanoliques étudiés en comparant leurs temps de rétention avec le temps de rétention des standards (Annexe B, Figure.1,2,3,4,5,6).

Les résultats des chromatogrammes des différents extraits éthanoliques sont illustrés dans les figures 14, 15, 16, 17,18, 19.

5.2.1 Extrait éthanolique des feuilles

La composition chimique de l'extrait éthanolique des feuilles provenant du site de Hammem Melouane, nous a permis de détecter trois composants grâce aux analyses d'HPLC. Ces dernières montrent que l'acide gallique avec 45.76 % est le composant majoritaire de l'extrait éthanolique des feuilles suivi par la rutine avec 34,45% et acide tannique composé plus faible avec 19.79% (figure 14).

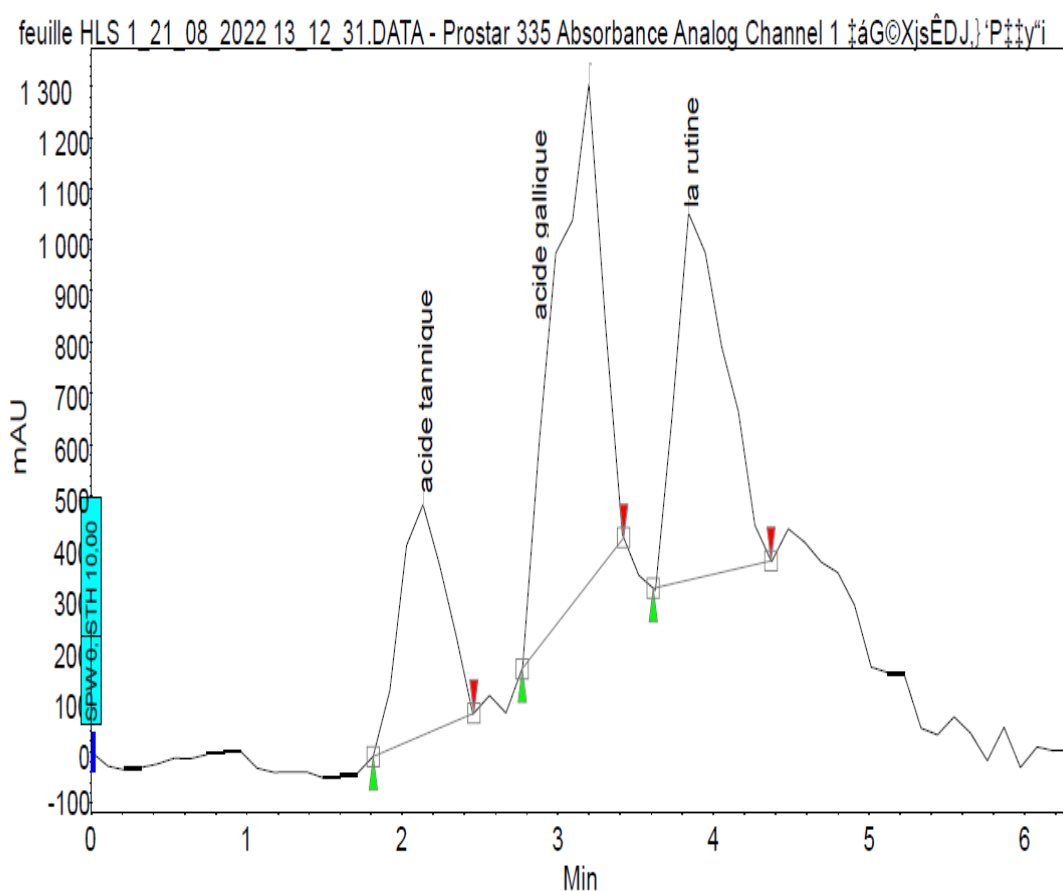


Figure 14 : Extrait éthanolique des feuilles du câprier.

5.2.2 Extrait éthanolique des boutons floraux

La composition chimique de l'extrait éthanolique des boutons floraux provenant du site de Hammem Melouane, nous a permis de détecter trois composants grâce aux analyses d'HPLC. Ces dernières montrent que l'acide gallique est le composant majoritaire avec 40,37% suivi par l'acide tannique avec 33,24% et la rutine enregistre une quantité plus faible de 26,40 % (Figure 15).

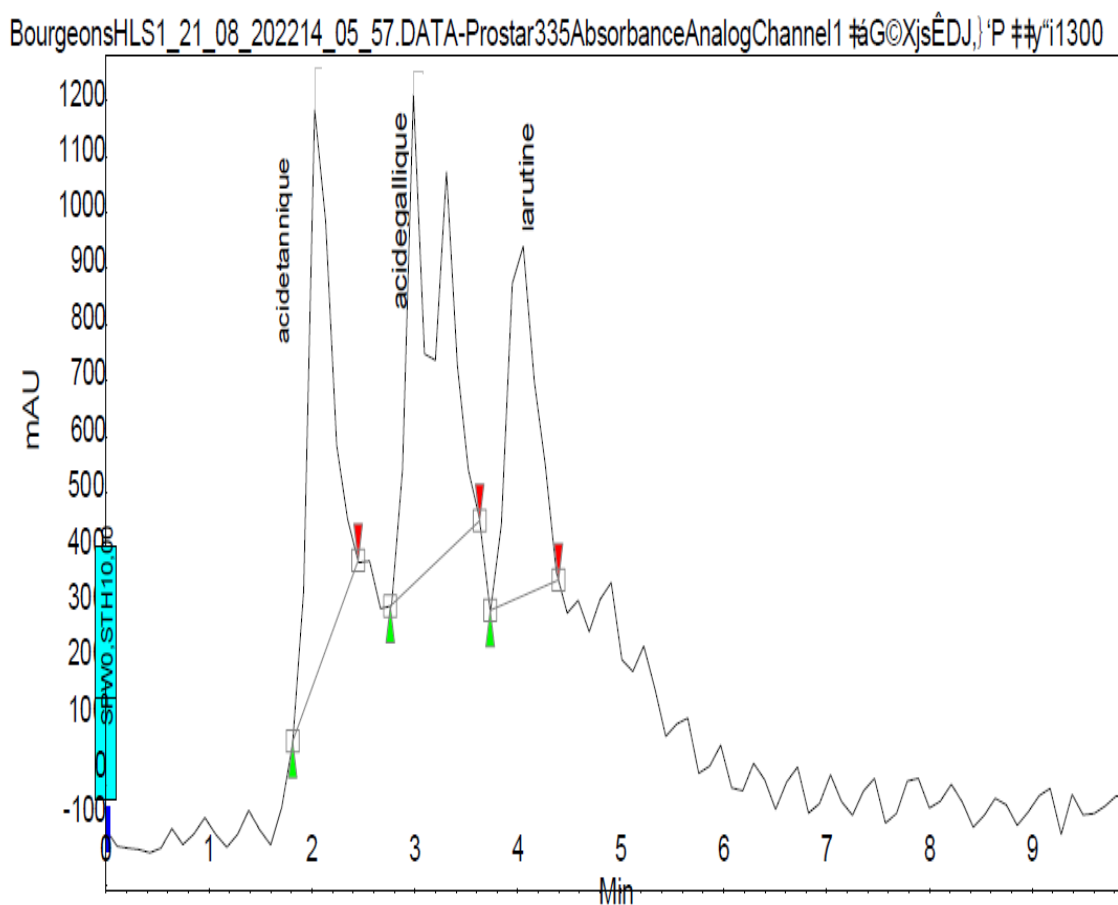


Figure 15 : Extrait éthanolique des boutons floraux du câprier.

5.2.3 Extrait éthanolique des fruits

La composition chimique de l'extrait éthanolique des fruits provenant du site de Hammem Melouane, nous a permis de détecter les composants grâce aux analyses d'HPLC. Ces dernières montrent la présence de plusieurs composants, la rutine est le seul composant identifié avec 13.06 % (figure 16).

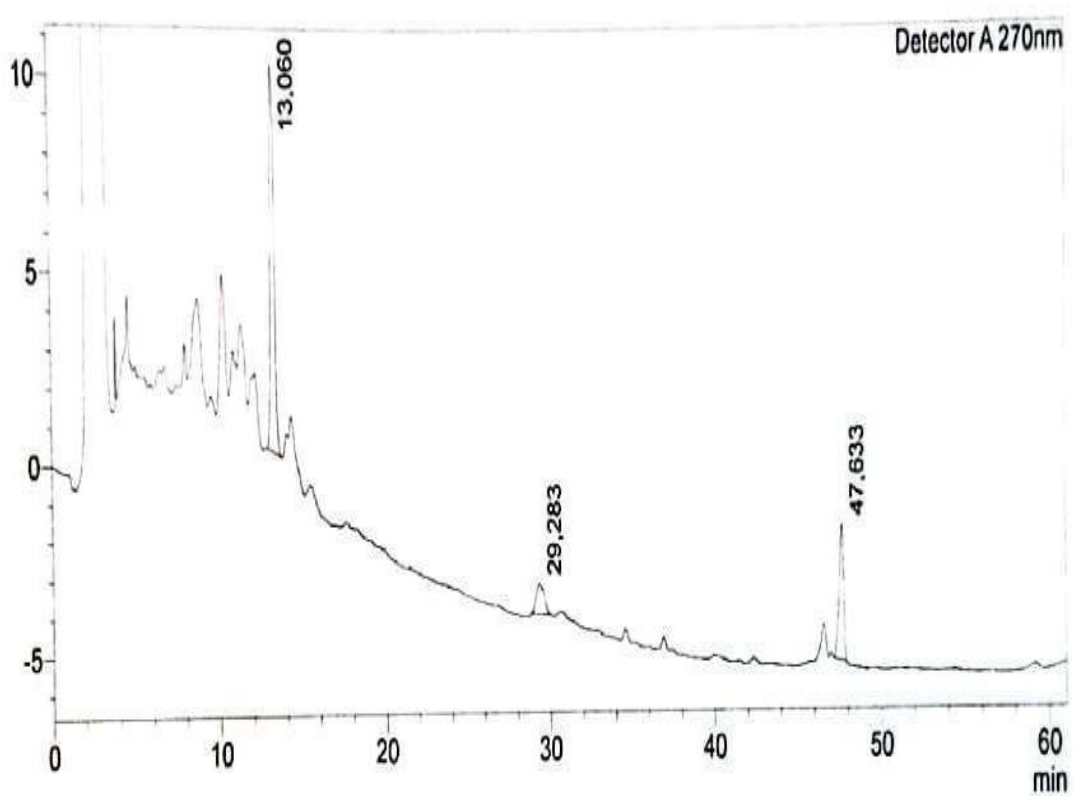


Figure 16 : Extrait éthanolique des fruits du câprier.

5.2.4 Extrait éthanolique des feuilles

La composition chimique de l'extrait éthanolique des feuilles provenant du site d'El-Hamdania, nous a permis de détecter trois composants grâce aux analyses d'HPLC. Ces dernières montrent la présence de l'acide gallique, l'acide tannique et la rutine (Figure 17).

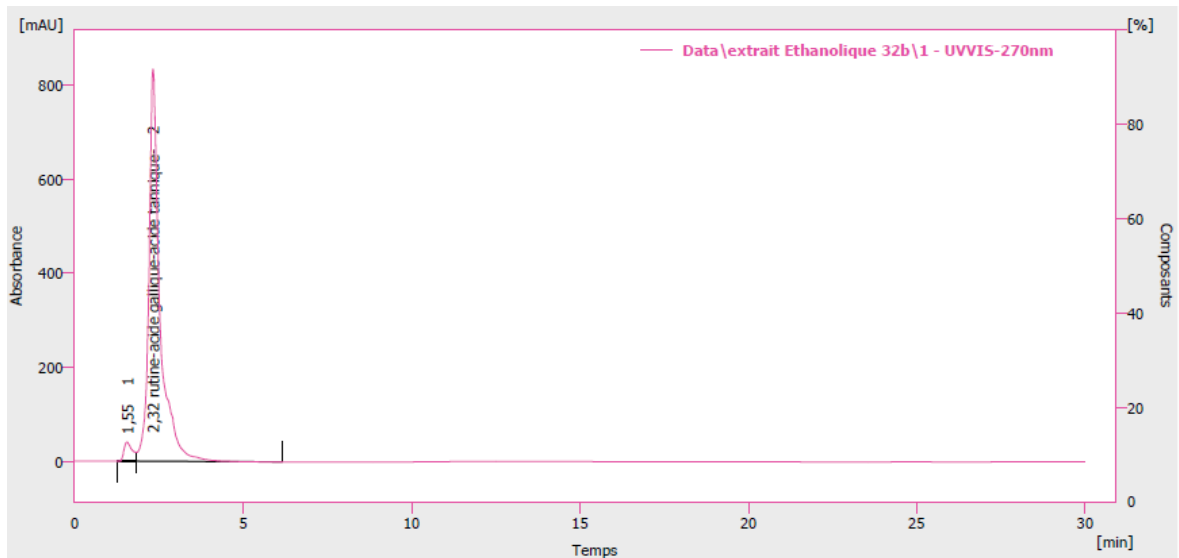


Figure 17: Extrait éthanolique des feuilles du câprier

5.2.5 Extrait éthanolique des boutons floraux

La composition chimique de l'extrait éthanolique des boutons floraux provenant du site d'El-Hamdania, nous a permis de détecter les composants grâce aux analyses d'HPLC. Ces dernières révèlent la présence de plusieurs composants, parmi lesquels seule la rutine qui a été identifiée avec 13.04 % (figure 18).

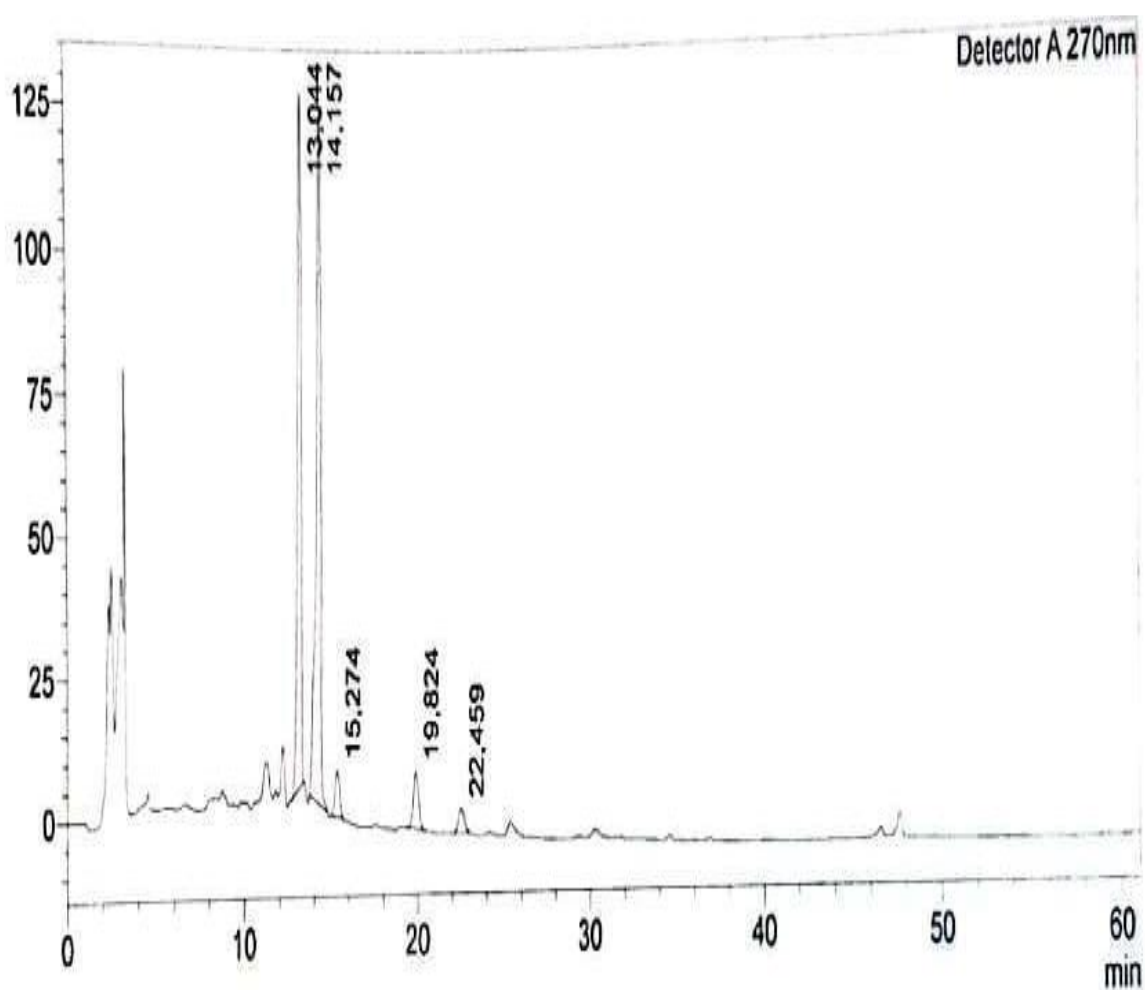


Figure 18 : Extrait éthanolique des boutons floraux du câprier

5.2.6 Extrait éthanolique des fruits

La composition chimique de l'extrait éthanolique des fruits provenant du site d'El-Hamdania, nous a permis de détecter les composants grâce aux analyses d'HPLC. Ces dernières montrent que l'acide tannique est le composant majoritaire avec 93,26% suivi par la rutine avec 6,74 % (figure19).

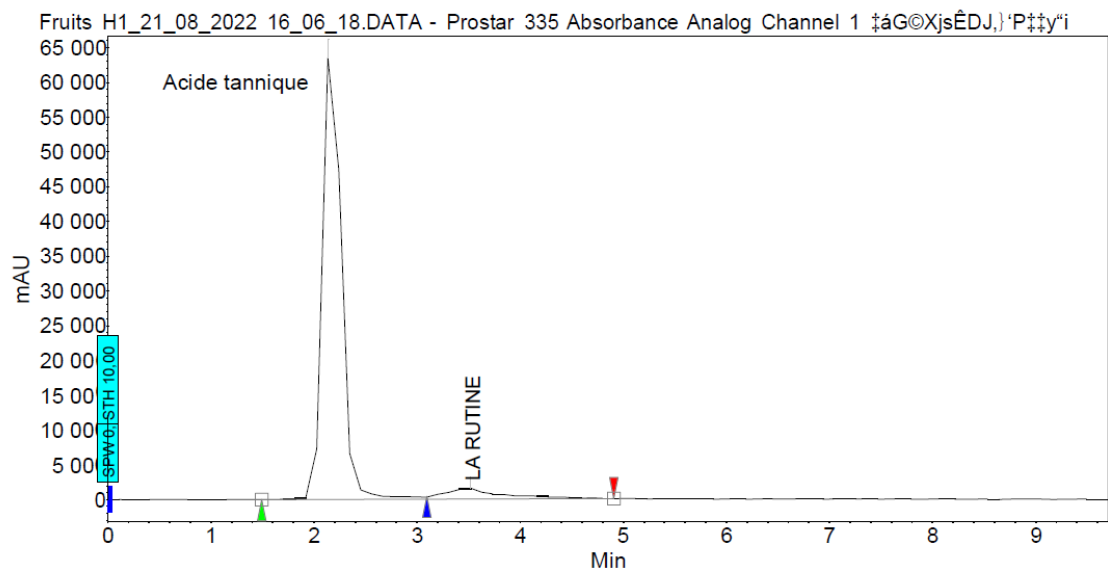


Figure 19 : Extrait éthanolique des fruits du câprier.

Les composants retrouvés dans les échantillons des organes testés (feuilles, boutons floraux et fruits) sont variables d'un organe à un autre et d'une localité à une autre selon son environnement.

Nous retrouvons que l'acide gallique, acide tannique sont présents seulement dans les feuilles et les boutons floraux prélevés des arbustes du site de Hammem Melouane avec des taux différents et absents dans les fruits. Notons que l'acide gallique est présent seulement dans les feuilles prélevées du site d'El-Hamdania et absent dans les boutons floraux et les fruits. L'acide tannique quant à lui est retrouvé dans les feuilles et les fruits et absent dans les boutons floraux des deux sites étudiés.

Signalons que la rutine est présente dans tous les extraits éthanoliques étudiés du câprier à des taux variables selon l'organe.

Discussion

Ces résultats corroborent avec les travaux **d'Aichi-yousfi et al [12]** où ils ont montré que la rutine était le composant principal de l'extrait éthanolique des feuilles du *Capparis spinosa* récoltés en Tunisie.

De même, **Benzidane et al [8]** ont trouvé aussi que la rutine est le flavonoïde le plus abondant dans la plante récoltée dans la région de Sétif (Beni Aziz), avec une présence dans la plupart des extraits testés (méthanolique et aqueux).

Une autre étude montre l'absence de la rutine dans l'extrait méthanolique obtenu à partir des feuilles et des fruits du câprier et la présence des autres composés notamment l'hydroxycortisol, acide caféique, catéchol, acide ellagique, acide coumarique, acide ferrulique et la vaniline **[108]**.

Ces variations marquées pourraient être due à la variété étudiée, les conditions environnementales **[109]**, le lieu d'échantillonnage **[41]**, et le type du solvant utilisé.

5.3 Analyse quantitative des extraits éthanoliques du câprier

5.3.1 Teneur en polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols dans les extraits éthanoliques des organes du câprier (feuilles, boutons floraux et fruits) des deux sites étudiés ont été estimés en utilisant la méthode du Folin-Ciocalteu. La concentration des polyphénols est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue à partir de l'équation linéaire $y = 0,0091x$ (Figure 20).

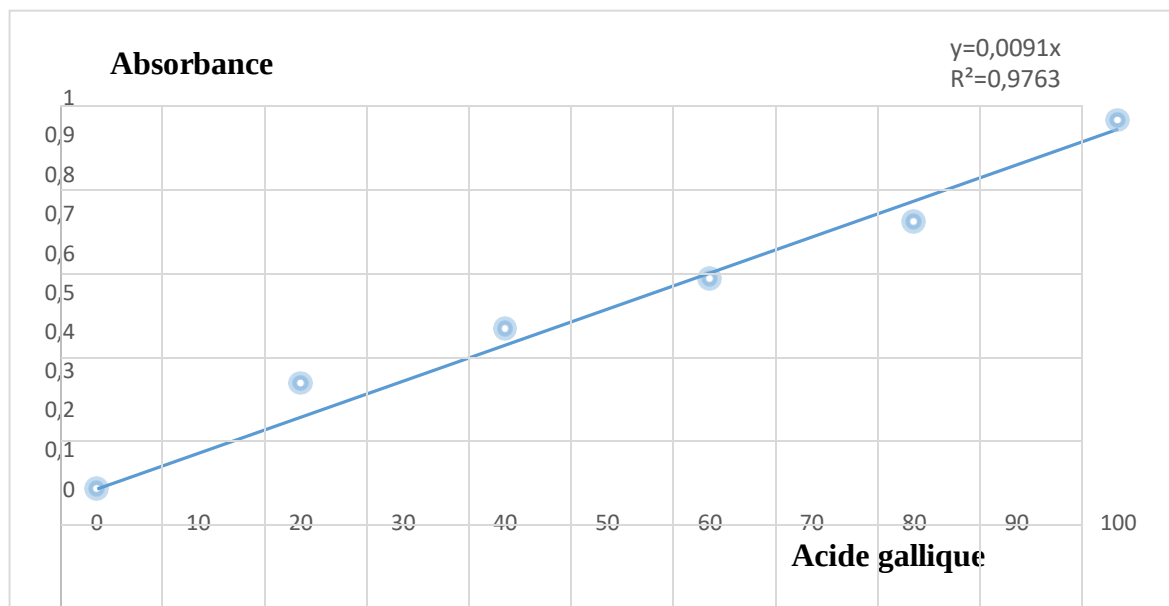


Figure 20 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Absorbance à 765).

La teneur en polyphénols est exprimée en microgrammes équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EQ/mg}$ d'extrait). Les résultats sont mentionnés dans les figures 21 et 22.

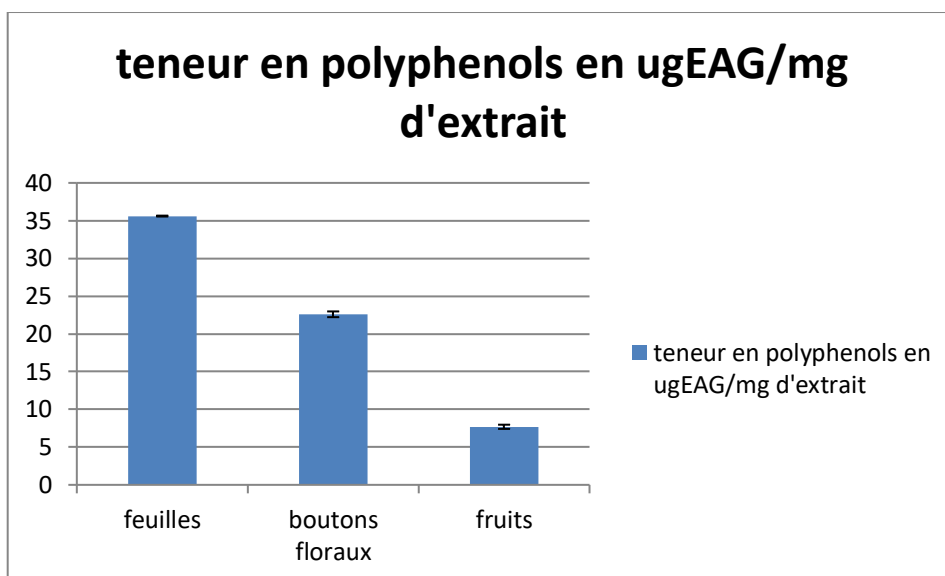


Figure 21 : Teneur en polyphénols totaux (Hammem Melouane, Blida).

Les résultats obtenus sont variables d'un organe à un autre et d'un site à un autre, nous remarquons que l'extrait éthanolique obtenu à partir des feuilles provenant de Hammem Melouane contient plus de polyphénols avec une teneur de 35µg EGA/mg d'extrait comparé aux boutons floraux avec 22.59 µg EAG/mg d'extrait. La plus faible quantité enregistrée est celle des fruits qui présentent une teneur de 7.69 µg EAG/mg d'extrait.

Cette constatation nous amène à effectuer une analyse de la variance ANOVA qui montre une différence très hautement significative ($P < 0.001$) (Annexe C tab.1), celle-ci révèle 3 groupes distincts (a, b, c) :

Groupe a : Quantité des polyphénols élevée :

Feuilles avec 35µg EGA/mg d'extrait.

Groupe b : Quantité des polyphénols moyenne :

Boutons floraux avec 22.59 µg EAG/mg d'extrait.

Groupe c : Quantité des polyphénols faible à très faible :

Fruits avec 7.69 µg EAG/mg d'extrait.

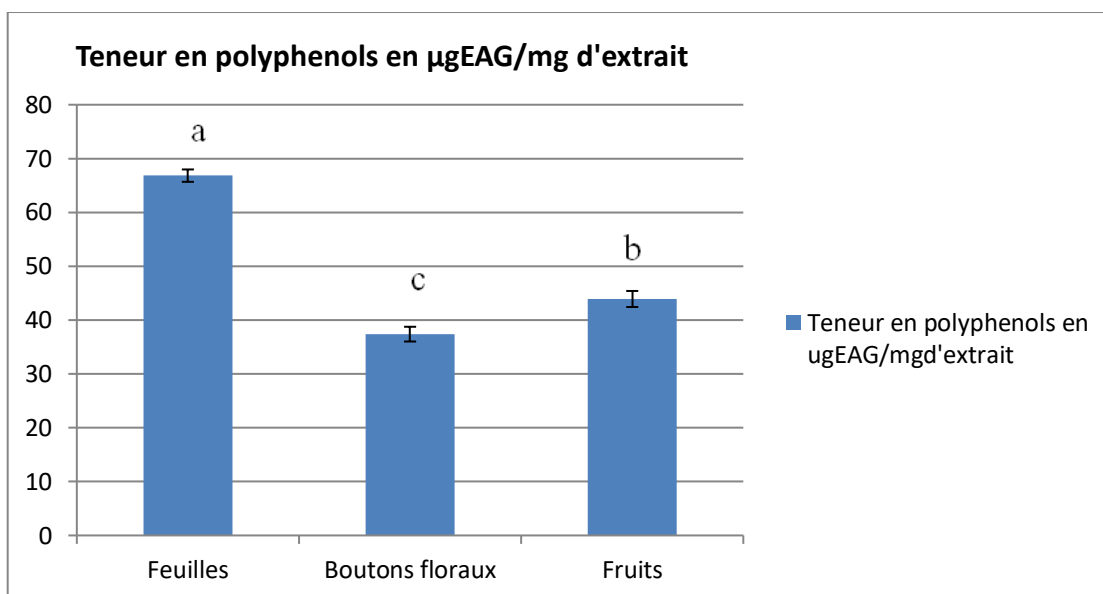


Figure 22 : Teneur en polyphénols totaux (El-Hamdania, Médéa).

Les résultats montrent que l'extrait éthanolique obtenu à partir des feuilles prélevées de la localité d'El-Hamdania contient aussi plus de polyphénols avec une teneur de 66.83µg EGA/mg d'extrait comparé aux fruits et boutons floraux qui présentent des teneurs moyenne à faible de 43.92 et 37.39 µg EAG/mg d'extrait respectivement.

L'analyse de la variance ANOVA montre une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre les organes (Annexe C tab.2) avec 3 groupes distincts se révèlent (a, b, c).

Groupe a : Quantité des polyphénols élevée :

Feuilles avec 66.83µg EGA/mg d'extrait.

Groupe b : Quantité des polyphénols moyenne :

Fruits avec 43.92 µg EAG/mg d'extrait.

Groupe c : Quantité des polyphénols faible :

Boutons floraux avec 37.39 µg EAG/mg d'extrait.

Discussion

Meddour et al [104] soulignent que le taux le plus élevé en polyphénols a été révélé dans l'extrait méthanolique avec une teneur de 29,01 µg EAG/mg d'extrait par rapport à d'autres extraits aqueux, dichlorométhane et éther de pétrole qui présentent des teneurs variant entre 05,30 à 25,68 µg EAG/mg d'extrait.

Selon **Stefanucci et al [103]**, la quantité de composés bioactifs totaux est liée aux zones de collecte, ainsi plusieurs études ont montré que les teneurs en composés phénoliques d'une plante sont étroitement liées à la nature du solvant utilisé, l'organe étudié et le degré de réponse aux stress biotiques et abiotiques de son environnement [12].

Teneur en flavonoïdes totaux

Les teneurs en flavonoïdes dans les extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles, boutons floraux et fruits du câprier prélevés de deux régions étudiées ont été estimées par la méthode utilisant AlCl_3 . La concentration des flavonoïdes dans les extraits est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue à partir de l'équation linéaire $y = 0,0089x$ (Figure 23).

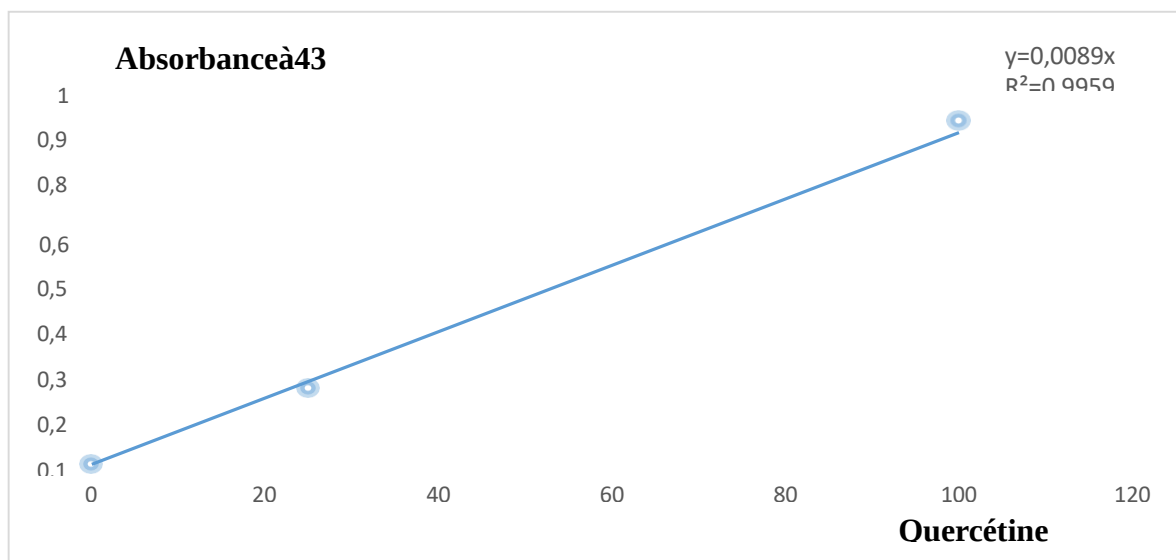


Figure 23 : Courbe d'étalonnage de quercétine (Absorbance à 430).

La teneur en flavonoïdes est exprimée en microgrammes équivalent de quercétine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EQ/mg d'extrait}$) Les résultats sont mentionnés dans les figures 24 et 25.

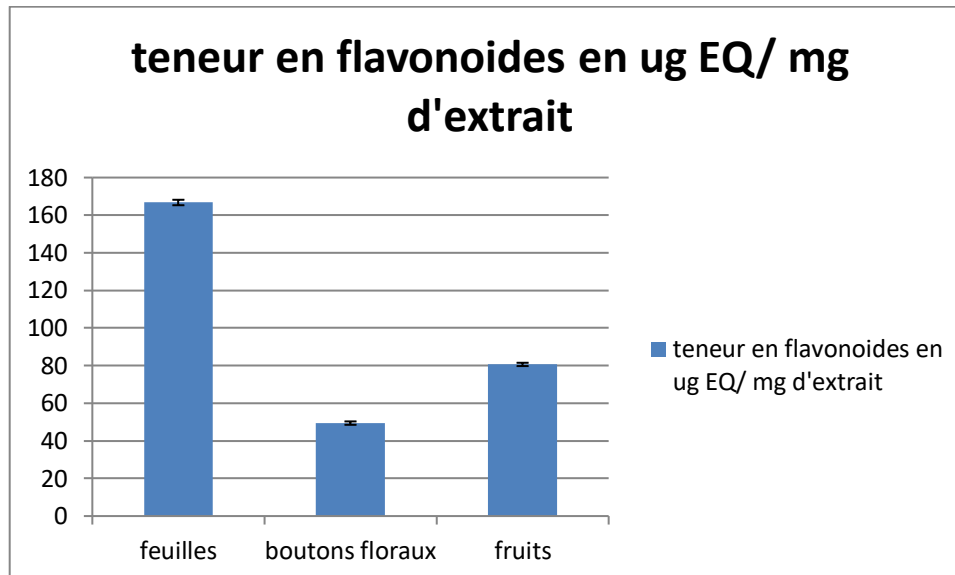


Figure 24 : Teneur en flavonoides (Hammem Melouane, Blida).

Les résultats obtenus varient en fonction des organes prélevés et des sites étudiés, nous observons que l'extrait éthanolique des feuilles provenant de Hammem Melouane contient une concentration plus élevée en flavonoides atteignant $166.73 \mu\text{g EQ/mg d'extrait}$ comparée aux fruits qui présentent une quantité élevée à moyenne de $80.63 \mu\text{g EQ/mg d'extrait}$ et plus faible de $49.43 \mu\text{g EQ/mg d'extrait}$ pour les boutons floraux (figure 24).

L'analyse de la variance ANOVA montre qu'il existe une différence très hautement significative ($P < 0.001$) (Annexe C tab.3) avec 3 groupes distincts :

Groupe a : Teneurs en flavonoides élevée :

Feuilles avec $166.73 \mu\text{g EGA/mg d'extrait}$.

Groupe b : Teneurs en flavonoides élevés à moyenne :

Fruits avec $80.63 \mu\text{g EAG/mg d'extrait}$.

Groupe c : Teneurs en flavonoides faible :

Boutons floraux avec $49.43 \mu\text{g EAG/mg d'extrait}$.

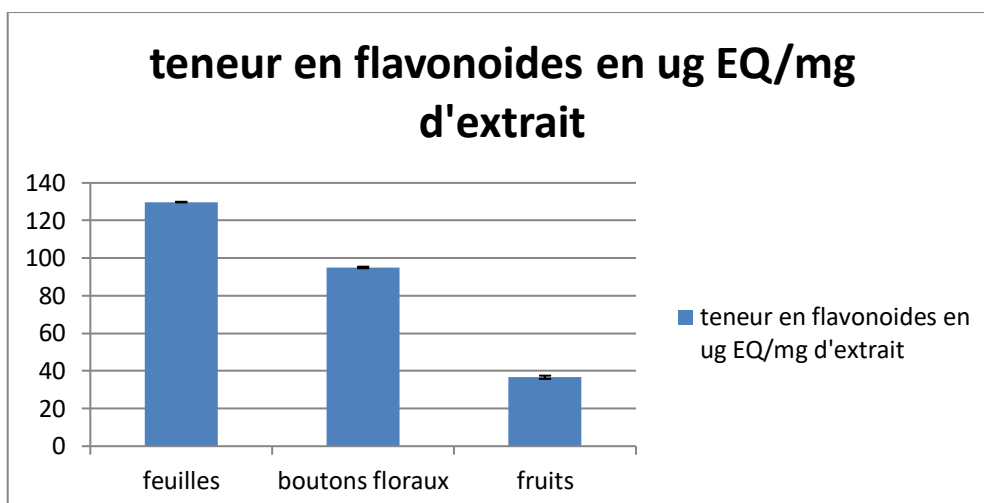


Figure 25 : Teneur en flavonoides (El-Hamdania, Médéa).

L'extrait éthanolique obtenu à partir des feuilles de Hamdania contient aussi plus de flavonoides avec une teneur de 129.8µg EQ/mg d'extrait comparé aux boutons floraux et fruits qui présentent des teneurs moyenne à faible avec respectivement de 95.03 et 36.66 µg EQ/mg d'extrait respectivement (figure 25).

L'analyse de la variance ANOVA montre qu'il existe une différence très hautement significative ($P < 0.001$) (Annexe C tab.4) avec 3 groupes distincts se révèlent :

Groupe a : Teneurs en flavonoides élevée :

Feuilles avec 129.8 µg EGA/mg d'extrait.

Groupe b : Teneurs en flavonoides élevés à moyenne :

Boutons floraux avec 95.03 µg EAG/mg d'extrait.

Groupe c : Teneurs en flavonoides faible :

Fruits avec 36.66 µg EAG/mg d'extrait.

Nous constatons que les extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles des deux régions étudiées contiennent des quantités des polyphénols et flavonoides plus élevées comparés aux boutons floraux et fruits.

Discussion

Les résultats obtenus sont plus importants que ceux signalés par **Meddour et al [104]** où ils signalent que l'extrait aqueux présente le taux le plus élevé en flavonoïdes avec une teneur de 11,82 µg ER/mg d'extrait par rapport à d'autres extraits notamment méthanoliques, dichlorométhane, et éther de pétrole qui présentent des teneurs variant entre 0.08 et 5.97 µg ER/mg d'extrait.

En revanche, **Aichi-Yousfi et al [12]** montrent que l'extrait éthanolique des feuilles de *Capparis spinosa* par la technique de macération a montré une valeur plus élevée en flavonoïdes avec 82,84 mgEQ/g par rapport à l'extrait aqueux qui présente une teneur de 78.02 mgEQ/g.

Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la région de récolte, la complexité de ce groupe de composés aux méthodes d'extractions et à la nature et la concentration du solvant utilisé **[101] ; [12]**.

5.4 Évaluation de l'activité antimicrobienne

La méthode de diffusion en milieu gélosé nous a permis de mettre en évidence l'effet des extraits éthanoliques des différents organes du câprier à la concentration de 125 mg/ml vis-à-vis des souches testées. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (Annexe B figure 7).

5.4.1 Activité antimicrobienne des extraits éthanoliques du câprier de Hammem Melouane (Blida):

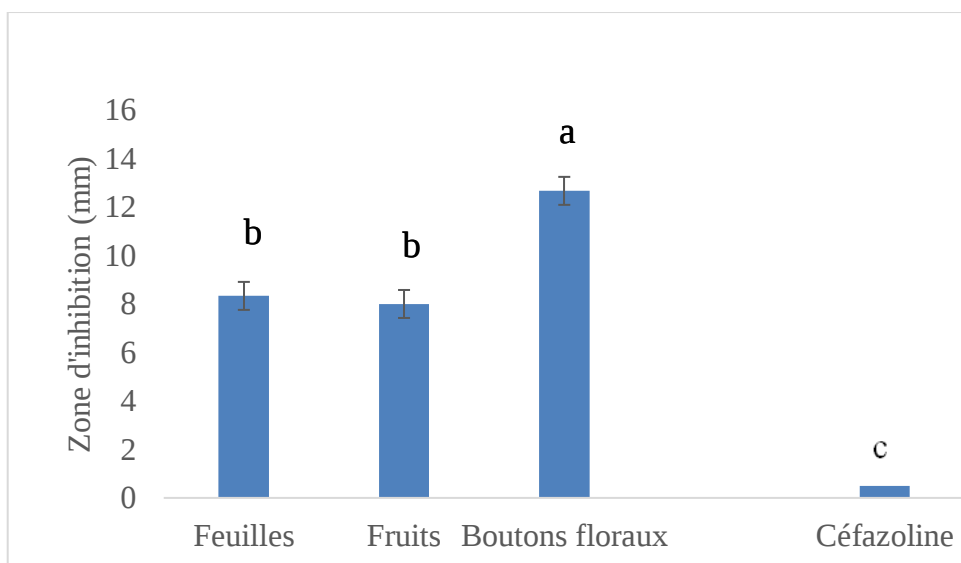


Figure 26 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa* (Hammem Melouane, Blida).

Un effet important des extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles, boutons floraux et fruits du câprier est observé contre *Pseudomonas aeruginosa* par rapport au contrôle positif (disque antibiotique de céfazoline), où les extraits présentent une activité antibactérienne avec des zones d'inhibitions de 8.33, 12.66 et 8 mm pour feuilles, boutons floraux et fruits respectivement comparés à l'antibiotique où la souche *Pseudomonas aeruginosa* s'est montré résistante.

L'extrait éthanolique des boutons floraux a été plus actif contre la souche *Pseudomonas aeruginosa* par rapport aux autres extraits testés (feuilles et fruits).

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre organes étudiés et le contrôle positif (Annexe C tab.5).

Le test de Tukey a relevé trois groupes distincts (a, b et c) (figure 26).

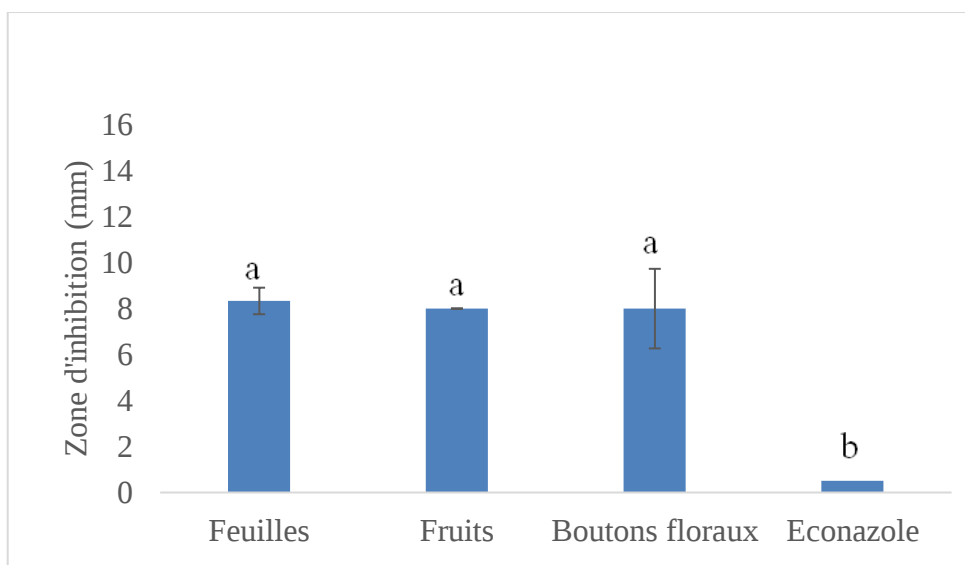


Figure 27 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis *Candida albicans* (Hammem Melouane, Blida).

De même *Candida albicans* est plus sensible aux extraits éthanoliques des organes du câprier avec des diamètres d'inhibitions de 8.33 pour feuilles et 8mm pour les boutons floraux et fruits respectivement par rapport au contrôle positif (disque antifongique) qui s'est avérée résistante.

La souche *Candida albicans* a montré une sensibilité aux extraits éthanoliques testés avec des zones d'inhibition très proches.

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significatif ($P < 0.001$) entre organes étudiés et le contrôle positif (Annexe C tab.6). avec deux groupes distincts (a et b) (figure27).

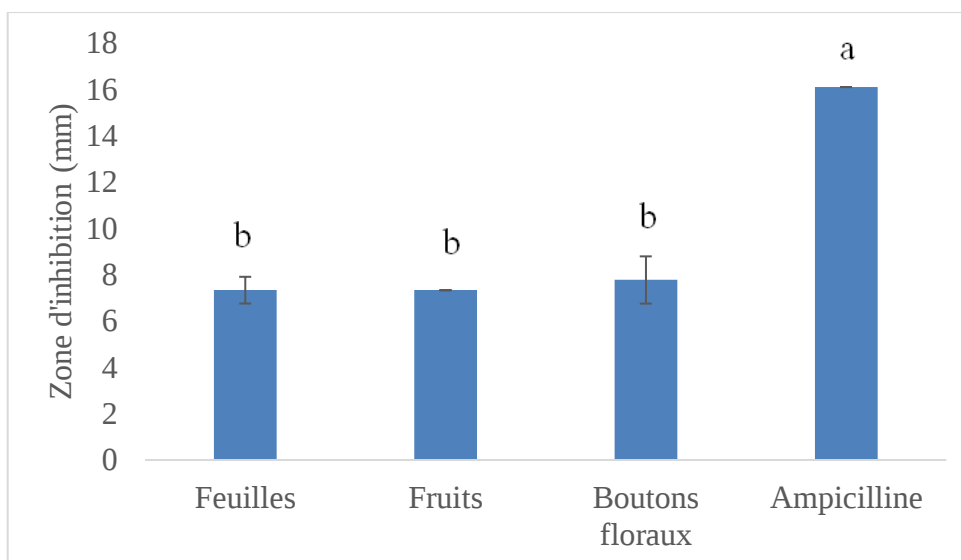


Figure 28 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis *Escherichia coli* (Hammem Melouane, Blida).

Nous remarquons que les extraits éthanoliques testés présentent une faible activité contre *Escherichia coli* avec des diamètres d'inhibitions similaires allant de 7.33, 7.77 et 7.33 mm pour feuilles, boutons floraux et fruits respectivement par rapport à l'antibiotique (témoin positif) qui présente une valeur plus importante. Cette constatation est confirmée avec l'analyse de la variance qui révèle une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre les organes étudiés et le control positif (Annexe C tab. 7).

Le test de Tukey a relevé deux groupes distincts (a et b) (figure 28).

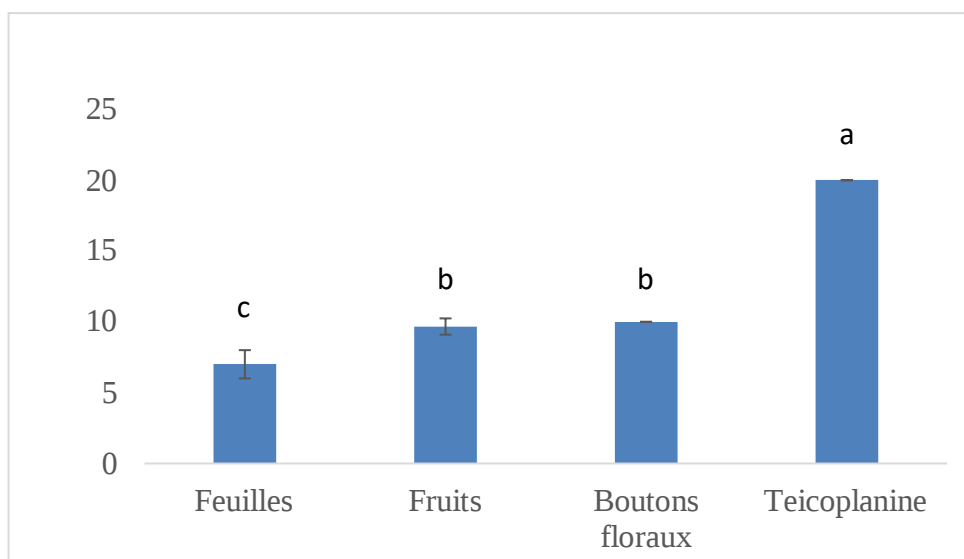


Figure 29 : Pouvoir antibactérien des extraits vis-à-vis *Staphylococcus aureus* (Hammem Melouan, Blida). Ampicilline

Même constatation pour la souche *Staphylococcus aureus* qui est moins sensible aux extraits éthanoliques et présente des zones d'inhibitions de 7, 10 et 9.66 mm pour feuilles, boutons floraux et fruits respectivement comparées au contrôle positif.

Les extraits éthanoliques des boutons floraux et fruits présentent une activité avec des diamètres d'inhibitions très proches et plus élevés par rapport à l'extrait éthanolique des feuilles.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre les organes étudiés et le contrôle positif (Annexe C tableau 8). Le test de Tukey a relevé trois groupes distincts (a,b et c) (figure 29).

5.4.2 Activité antimicrobienne des extraits éthanoliques du câprier d'El-Hamdania

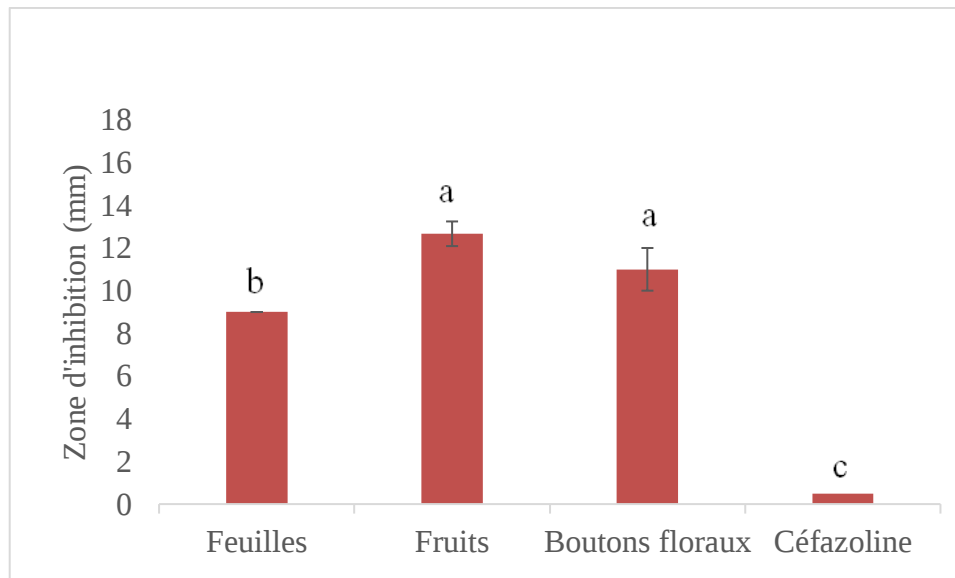


Figure 30 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa* (El-Hamdania, Médéa).

Un effet important des extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles, boutons floraux et fruits du câprier est observé contre *Pseudomonas aeruginosa* par rapport au contrôle positif (disque antibiotique), où les extraits présentent une activité antibactérienne avec des zones d'inhibitions de 9, 11 et 12.66 mm pour feuilles, boutons floraux et fruits respectivement comparé à l'antibiotique où la souche *Pseudomonas aeruginosa* s'est montrée résistante.

La souche *Pseudomonas aeruginosa* s'est avérée plus sensible à l'extrait éthanolique des boutons floraux et fruits avec des diamètres d'inhibitions plus proche par rapport à extrait éthanolique des feuilles.

L'analyse de la variance qui montre une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre les organes étudiés et le contrôle positif (Annexe C tab9).

Le test de Tukey a relevé deux groupes distincts (a, b et c) (figure 30).



Figure 31 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis *Escherichia coli* (El-Hamdania, Médéa).

Nous remarquons que les extraits éthanoliques testés présentent une faible activité contre *Escherichia coli* avec un diamètre d'inhibition quasi similaire pour les trois organes (feuilles, boutons floraux et fruits) avec 7.10 mm pour les feuilles et les fruits et 7.33 mm pour les boutons floraux par rapport à l'antibiotique (témoin positif).

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre les organes étudiés et le contrôle positif (Annexe C tab. 10)

Le test de Tukey a relevé deux groupes distincts (a et b) (figure 31).

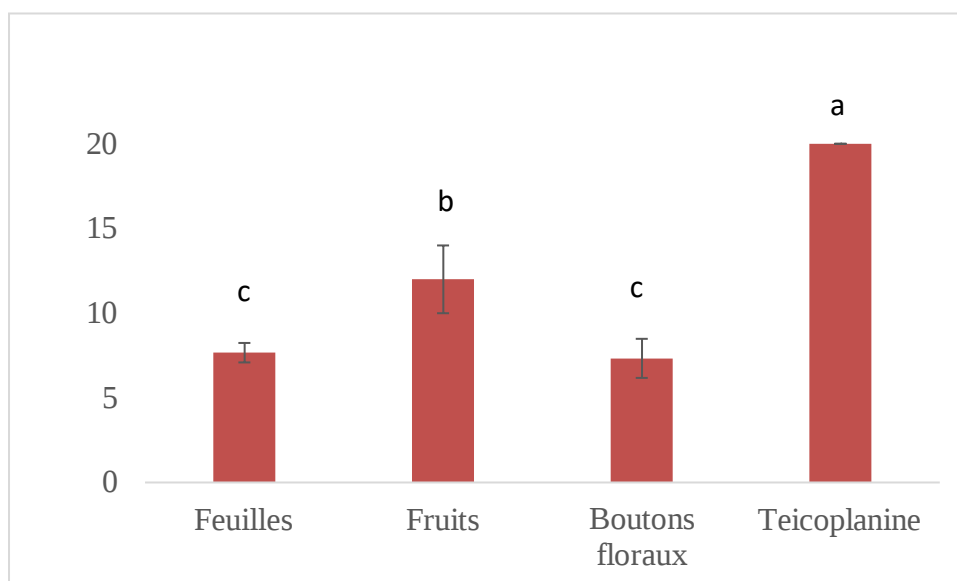


Figure 32 : Pouvoir antibactérien des extraits du câprier vis-à-vis *Staphylococcus aureus* (El-Hamdania, Médéa).

De même pour *Staphylococcus aureus* est moins sensible aux extraits éthanoliques par rapport à l'antibiotique et présente des zones d'inhibitions de 7.66, 7.33 et 12 mm pour feuilles, boutons floraux et fruits respectivement.

L'extrait éthanolique des fruits présente une activité plus importante par rapport à celui des feuilles et les boutons floraux qui présentent des diamètres d'inhibitions plus proches.

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative ($P < 0.001$) entre les organes étudiés et le contrôle positif (Annexe C tab.11).

Le test de Tukey a relevé trois groupes distincts (a, b et c) (figure32).

Notons que la souche *Candida albicans* s'est avérée résistante a tous les extraits éthanoliques testés de la région d'El-Hamdania.

Discussion

L'évaluation du pouvoir antimicrobien nous a permis de constater que l'activité dépend de l'organe et la région étudiée d'une part et de la souche testée d'autre part.

La différence de la sensibilité des souches testées aux extraits éthanoliques est due à la pénétration des principes actifs à travers les structures de la paroi et de la membrane cellulaire [110].

La souche *Pseudomonas aeruginosa* est une souche multi résistante aux antibiotiques [5]. Dans notre cas, elle s'est montrée sensible à tous les extraits testés (feuilles, boutons floraux et fruits), et présente un diamètre d'inhibition le plus élevé avec 12.66 mm pour les extraits éthanoliques obtenu à partir des boutons floraux et les fruits de la région de Blida (Hammem Melouan) et de Médéa (El-Hamdania) respectivement, ceci pourrait être dû à la perméabilité de la paroi de la souche aux extraits testés, permettant aux principes actifs de pénétrer à travers la membrane cellulaire contrairement à l'antibiotique « céfazoline » où son principe actif n'a pas pu traverser la membrane de la souche testée.

Plusieurs études ont eu pour objet la détermination du pouvoir antimicrobien de certains extraits de *Capparis spinosa* notamment ceux de **Mahasneh [111]**, où il a signalé que l'extrait éthanolique de la partie aérienne du câprier a montré une activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans* avec un diamètre d'inhibition de 13 et 14 mm respectivement, mais il s'est avéré inactif contre *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

De même, **Mahasneh [112]** montrent que les extraits bruts, de méthanol, d'hexane, de butanol et aqueux de l'ensemble des parties aériennes entières du câprier ont présenté une activité contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans* avec des diamètres qui varient entre 7.10 et 9.13 mm.

Une autre étude montre aussi que l'extrait éthanolique obtenu à partir d'écorce de la racine de *Capparis deciduae* s'est avéré actif contre *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* [113].

Les résultats obtenus corroborent avec ces travaux de recherche entrepris où les extraits éthanoliques des organes du câprier (feuilles, boutons floraux et fruits) sont actifs sur toutes les souches testées excepté pour la souche *Candida albicans* qui s'est avérée inactive aux extraits éthanoliques testés du site d'El-Hamdania. Nous pouvons confirmer que les composants des extraits éthanoliques prélevés des organes du la localité d'El-Hamdania sont inactifs vis-à-vis de la souche *Candida albicans*.

En revanche, les résultats obtenus sont plus importants que ceux signalés par **Meddour et al** [104] car les différents extraits testés avec quelques solvants préparés (éther de pétrole, dichlorométhane, méthanolique et aqueux) sont avérés inactifs à la dose de 125 mg/ml sur toutes les souches étudiées (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) à l'exception de l'extrait d'éther de pétrole qui présente une activité sur *Staphylococcus aureus* avec un diamètre d'inhibition de 10,17 mm.

Une autre étude entreprise par **Benzidane et al** [8] où ils signalent que les extraits méthanoliques de différentes parties du câprier (rameaux, feuilles, boutons floraux, fleurs et racine) à la même concentration utilisée (125 mg/ml), n'ont montré aucune zone d'inhibition vis-à-vis les souches testées (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) à l'exception de la souche *Staphylococcus aureus* qui s'est avérée sensible pour tous les extraits étudiés avec des diamètres d'inhibitions qui varient de 7,11 à 10.23 mm. Quant à la souche fongique (*Candida albicans*), elle s'est montrée résistante aux extraits étudiés (feuilles, boutons floraux, fleurs et racine).

Ces résultats peuvent s'expliquer par la variation de la composition chimique des extraits étudiés [5].

Ainsi, d'autres études ont suggéré que plusieurs paramètres peuvent influencer la détermination de l'activité antimicrobienne tel que : la région de récolte, l'organe étudié [114], le type d'extrait [115] la nature de la composition chimique des molécules bioactives extraites ainsi que le type des microorganismes étudiés [116].

5.5 Identification moléculaire du câprier

5.5.1 Résultats du gel d'agarose

L'électrophorèse réalisée sur gel d'agarose a permis d'analyser les produits d'amplification PCR obtenue à l'aide des amorces Rps12-rpl20 (728pb) et ndhF (603 pb). Le marqueur de taille utilisé est de 100pb (figure 33).

Puits Hrps, HJrps, HLrps, CHrps, ABrps, Brps : correspondent aux produits PCR amplifiés avec l'amorce Rps12-rpl20. Une seule bande nette est observée pour tous les échantillons, migrant à une position correspondant à environ 728pb, ce qui concorde avec la taille attendue. Aucune bande non spécifique n'est observée, ce qui témoigne de la spécificité de l'amorce et indique que l'amplification est efficace.

Le marqueur de taille utilisé mentionne que les bandes de 600, 700, 800pb sont bien visible et confirment l'exactitude des tailles estimées pour les autres puits.

Puits Hndh, HJndh, HLndh, CHndh, ABndh, Bndh : correspondent aux produits PCR amplifiés avec l'amorce ndhF. Les 6 échantillons testés présentent une bande unique et nette à une hauteur correspond à la taille attendue.

Les résultats montrent que les amorces Rps12-rpl20 et ndhF ont permis une amplification spécifique des fragments cibles chez tous échantillons testés. Les tailles observées sur le gel concordent parfaitement avec les tailles attendues. Nous pouvons dire que le protocole PCR et les conditions d'amplification peuvent donc être considérés comme optimisés et fiables pour ces marqueurs.

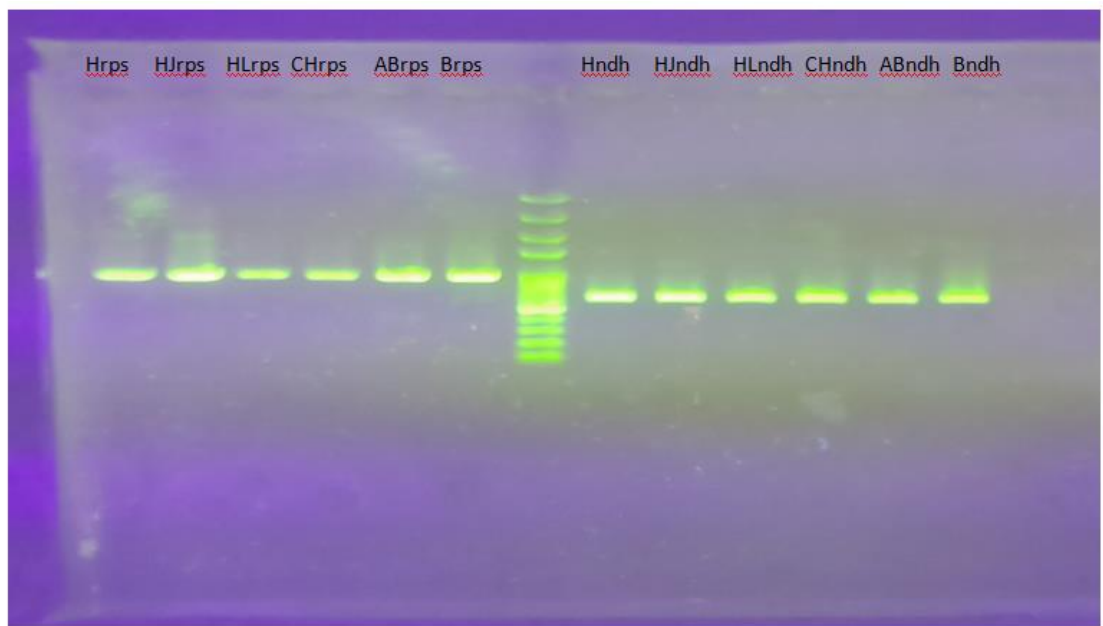


Figure 33 : Electrophorèse sur gel d'agarose à 1% (Echantillons des 6 sites étudiés et les deux amorces Rps12-rpl20, ndhF).

El-Hamdania (H), Hadjout (HJ), Hammem Melouane (HL), Cherchell (CH), Ain Boucif (AB) et Cap carbon (B).

5.5.2 Identification des échantillons

Tableau 12 : Résultats des différents échantillons du câprier.

Echantillons	Amorces	Espèce / Variété	Taux d'identité	N° d'accession
HL	ndhF	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>ovata</i> ; <i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	KU739555 pp706109 pp706110
	Rps12-rpl20	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100 %	pp706109 pp706110
H	ndhF	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>ovata</i> ; <i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	KU739555 pp706109 pp706110
	Rps12-rpl20	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	pp706109 pp706110
AB	ndhF	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>ovata</i> ; <i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	KU739555 pp706109 pp706110
	Rps12-rpl20	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	pp706109 pp706110

HJ	ndhF	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>ovata</i> ; <i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	KU739555 pp706109 pp706110
	Rps12-rpl20	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	99.62 %	pp706109 pp706110
CH	ndhF	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>ovata</i> ; <i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	KU739555 pp706109 pp706110
	Rps12-rpl20	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	99.88%	pp706109 pp706110
B	ndhF	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>ovata</i> ; <i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	KU739555 pp706109 pp706110
	Rps12-rpl20	<i>Capparis spinosa</i> var. <i>aegyptia</i> et <i>Capparis spinosa</i> var. <i>canescens</i>	100%	pp706109 pp706110

Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons appartiennent à la même espèce *Capparis spinosa*, tandis qu'on n'a pas pu distinguer la variété car des petits fragments de l'ADN chloroplastique qui ont été séquencés par un

séquençage capillaire (Rps12-rpl20 728pb et ndhF 603 pb) comparé à d'autres études (banque de donnée NCBI) qui ont séquencés tout le génome.

L'analyse par Number joining nous a permis d'établir un arbre phylogénétique (figures 34 et 35).

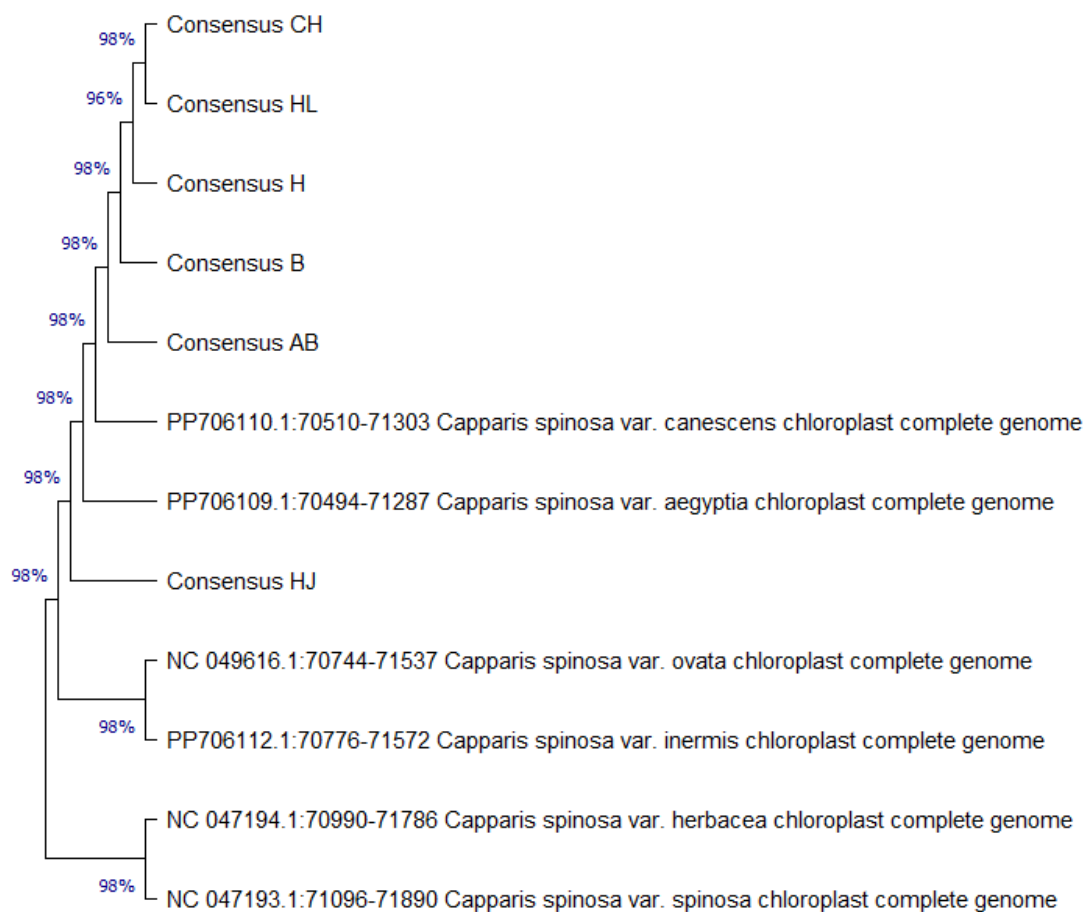


Figure 34 : Arbre phylogénétique du câprier
(Amorce Rps12-rpl20).

L'arbre phylogénétique montre que l'échantillon issu de Hadjout (HJ) est différent aux autres échantillons. Selon l'alignement des séquences obtenues (Annexe B) on révèle des différences sur l'ADNcp issu de l'échantillon de Hadjout qui tiennent à la position de 327 où on a T à la place du A, en position 377 on trouve C à la

place du A (substitution) et à la position 513 on a une insertion de la base T. Les résultats montrent aussi que l'échantillon de Hadjout est proche à la variété *aegyptia* tandis que les autres échantillons sont presque identiques entres eux et proches à la variété *canescence*.

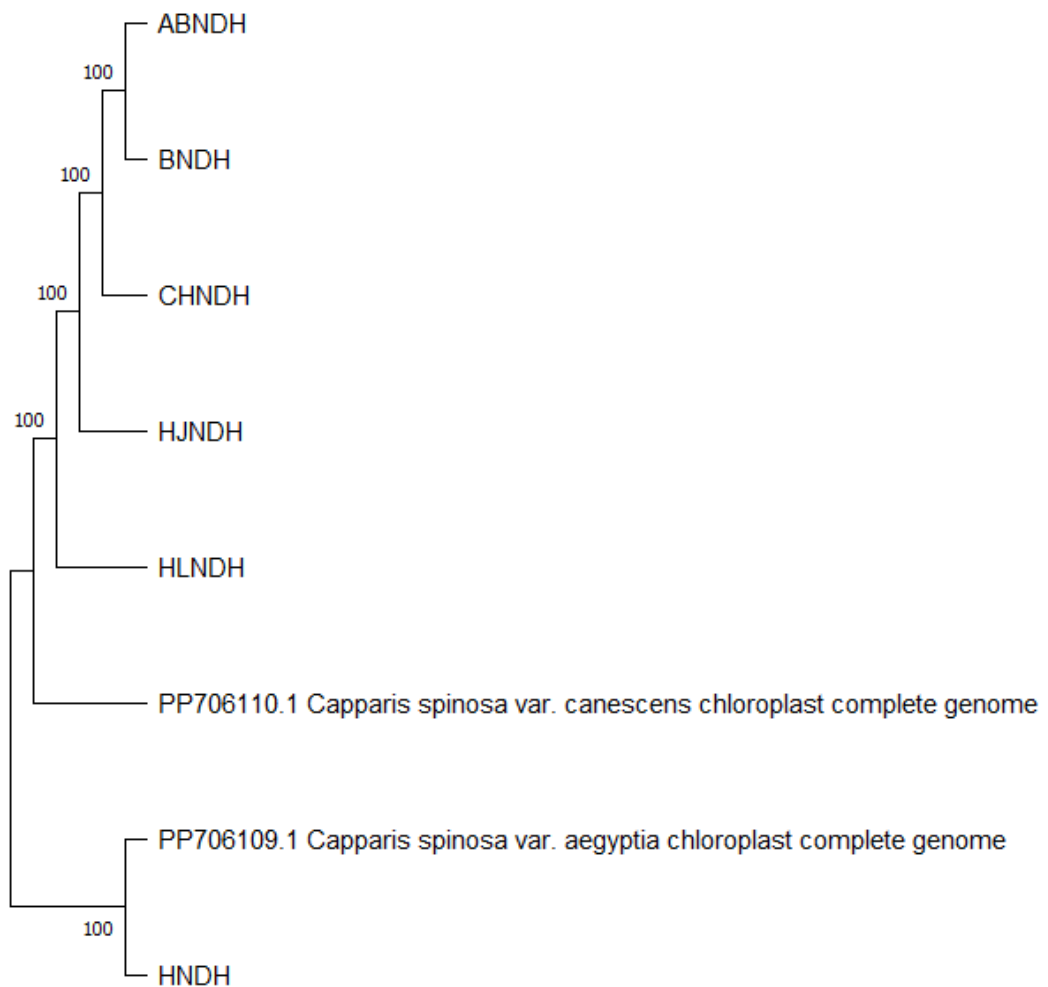


Figure 35 : Arbre phylogénétique du câprier

(Amorce ndhF).

L'arbre phylogénétique représentant les sites du prélèvement des feuilles du câprier révèlent que tous les échantillons étudiés présentent un taux de 100% d'homologie entre eux et aux variétés *aegyptia* et *canescence*.

Discussion

D'après une étude réalisée par **Aichi-Yousfi et al [12]** à l'aide d'une combinaison de 3 marqueurs polymorphisme (ALFP), où ils ont regroupés les espèces du câprier en trois groupes principaux (G1 : regroupant *C. spinosa subsp. spinosa* var. *spinosa* et *C. sicula subsp. sicula*; G2 : regroupant *C. ovata subsp. Ovata* et *C. orientalis* et G3 : regroupe *C. zoharyi* et *C. aegyptia*).

une autre étude signalée par **Melzi et al [80]** où ils ont montré pour la première fois que la variété *aegyptia* (AEGY) se distingue clairement de la var. *canescens* (CAN) au sein de la sous-espèce *spinosa*. Ces mêmes auteurs précisent que la variété *canescens* (CAN) est répandue dans une vaste zone allant de la Méditerranée vers l'est jusqu'à l'Inde et au Népal, et si on la compare à la variété *aegyptia*, elle présente des feuilles plus grandes.

Selon **Melzi et al [80]**, les taxons appartenant à ce groupe *Capparis spinosa* présentent souvent une grande plasticité phénotypique ainsi que des formes intermédiaires.

Cette variation remarquable a donné lieu à des classifications taxonomiques discordantes et à la description de plusieurs taxons **Melzi et al [80]**.

Mingeot et Watillon,[117] expliquent cette variation de résultats par une multitude de différences dans l'ordre de succession des bases dans l'ADN, il peut s'agir aussi de la substitution d'une base par une autre.

Ainsi que **Hewitt [118]** ; **Petit [119]** montrent que les divergences intra spécifiques sont généralement liées à des événements géologiques et climatiques.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ces dernières années, l'étude de l'utilisation des plantes spontanées comme traitement traditionnel suscite un intérêt croissant pour leurs vertus thérapeutiques.

Ces plantes contiennent des composés bioactifs dotés de propriétés antimicrobiennes primordiales. Ces molécules bioactives naturelles peut offrir de nombreux avantages par rapport aux produits chimiques de synthèse (antibiotiques et antifongiques).

Notre travail orienté vers le câprier (*Capparis spinosa* L.), plante très appréciée par la population locale dont les bourgeons et les fruits sont utilisés comme condiment. Elle a aussi des vertus thérapeutiques (feuilles, boutons floraux et fruits).

Les extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles, boutons floraux et fruits des sites de Hammem Melouane (Blida) et El-Hamdania (Médéa) nous a permis de calculer les rendements. Ces derniers, sont variables selon le site d'étude et l'organe étudié. Notons que les feuilles issues d'El-Hamdania enregistrent le rendement le plus élevé avec 43.95%.

L'analyse des extraits éthanoliques des organes du câprier par HPLC montre que ceux-ci présentent des composés variables d'un organe à un autre et d'un site à un autre. Nous remarquons que la rutine est le composé commun dans tous les extraits testés.

Les résultats de l'analyse quantitative montrent que les teneurs en polyphénols et flavonoïdes sont variables d'un extrait à un autre. Notons que l'extrait éthanolique de feuilles de deux provenances étudiées possède la concentration la plus élevée en polyphénols et flavonoides comparée aux boutons floraux et fruits. Les analyses qualitatives et quantitatives sont étroitement liées à l'organe étudié ainsi qu'à la zone de collecte. Le facteur région influe en fonction des variations climatologies sur la composition chimique des extraits éthanoliques du câprier.

La méthode d'aromatogramme a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien des extraits éthanoliques des organes du câprier vis-à-vis les souches bactériennes et le pouvoir antifongique pour la souche fongique testée. Les résultats montrent que les extraits éthanoliques obtenus à partir des boutons floraux et fruits du câprier issus de Hammem Melouane (Blida) et El-Hamdania (Médéa) possèdent une activité antibactérienne plus importante avec un diamètre de 12.66 mm par rapport à d'autres extraits testés vis-à-vis la souche *Pseudomonas aeruginosa* qui est une souche multi résistante aux antibiotiques. Ceci pourrait être dû à la perméabilité de la paroi de la souche aux extraits testés, permettant aux principes actifs de pénétrer à travers la membrane cellulaire. Ces résultats ouvrent la voie à la possibilité d'utilisation des extraits du câprier comme alternative naturelle dans le domaine thérapeutique.

Les résultats ont montré également la sensibilité des micro-organismes (souches testées) vis-à-vis des extraits testés, de l'organe étudié et du site de récolte.

L'identification moléculaire du câprier révèle que tous les échantillons étudiés provenant de six sites différents appartiennent à la même espèce «*Capparis spinosa* ». Ainsi, l'amorce Rps12-rpl20 montre également que l'échantillon de Hadjout est proche à la variété *aegyptia* tandis que les autres provenances sont proches de la variété *canescence*. L'autre amorce testé ndhF indique que tous les échantillons présentent 100% d'homologie entre eux et avec la variété *aegyptia* et *canescence*.

A l'issu de ce travail de recherche, et en vue d'approfondir les résultats obtenus, il est souhaitable d'étudier d'autres provenances en utilisant d'autres solvants, et de connaître le mécanisme d'action antimicrobien pour mettre en lumière les effets thérapeutiques du câprier. Enfin, il serait souhaitable de tester d'autres amorces qui sont très nombreux (de l'ordre de milliers) pour approfondir l'étude moléculaire du câprier et identifier la ou les variétés existantes en Algérie.

REFERENCES

1. Chemli, R., "Plantes médicinales et aromatiques de la flore de Tunisie", CIHEAM-Options Méditerranéennes, n° 23, (1997), 119-125.
2. Lahsissene, H., Kahouadji, A., Hseini, S., "Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental)", Lejeunia, revue de botanique, n°189, (2009), 1-30.
3. Essawi, T., Srour, M., "Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity", Journal of ethnopharmacology, V.70, n°3, (2000), 343-349
4. Jiofack, T., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V., Fongnzossie, E., Nkongmeneck, B. A., Mapongmetsem, P.M., Tsabang, N., "Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon", International Journal of Medicine and Medical Sciences, V.2, n° (3), (2010), 60-79.
5. Yakhlef, G., Laroui, S., Hambaba, L., Aberkane, M. C., Ayachi, A., "Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurusnobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle", Phytothérapie, V.9, n° 4, (2011), 209-218
6. Bouzid, A., Chadli, R., Bouzid, K., "Étude ethnobotanique de la plante médicinale *Arbutusunedo* L. dans la région de Sidi Bel Abbés en Algérie occidentale", Phytothérapie, V.15, n° 6, (2017), 373-378
7. Benseghir-Boukhari, L. A., Seridi, R., "Le câprier, une espèce arbustive pour le développement rural durable en Algérie", Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography n°109 (2007), 101-105.

8. Benzidane, N., Aichour, R., Guettaf, S., Laadel, N., Khenouf, S., Baghiani, A., Arrar, L., "Chemical investigation, the antibacterial and antifungal activity of different parts of *Capparis spinosa* extracts", *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, V.10, n°5, (2020),118-125

9. Rahnavard, R., Razavi, N., "A review on the medical effects of *Capparis spinosa* L", *Advanced Herbal Medicine*,V.3, n°1, (2017),44-53.

10. Fadili, K., Zerkani, H., Amalich, S., Zair, T., "Etude phytochimique et evaluation de l'activité antioxydante des feuilles et des fruits du *Capparis spinosa*", *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, V.5, n°2 (2017),108-118

11. Chalak, L., Perin, A., Elbitar, A., Chehade, A ., Phenotypic diversity and morphological characterization of *Capparis spinosa* L, Lebanon. *Biol. Tunisie*, V.4 (2007), 28-32.

12. Aichi-Yousfi, H.,Bahri, B. A., Medini, M., Rouz, S., Rejeb, M. N., Ghrabi-Gammar, Z., "Genetic diversity and population structure of six species of *Capparis* in Tunisia using AFLP markers", *Comptes Rendus. Biologies*, V.339, n°11-12, (2016),442-453.

13. Chedraoui, S., Abi-Rizk, A., El-Beyrouthy, M., Chalak, L., Ouaini, N., Rajjou, L., "*Capparis spinosa* L. in a systematic review: A xerophilous species of multi values and promising potentialities for agrosystems under the threat of global warming", *Frontiers in Plant science*, V.8, (2017),1-18.

14. Satyanarayana, T., Mathews,A.A, and Vijetha,P., Phytochemical and pharmacological review of some Indian *Capparis* species,V.2, n°4, (2008), 36-45 .

15. Jiang, H.E., Li, X., Ferguson, D. K., Wang, Y. F., Liu, C. J and Li, C. S., The discovery of *Capparis spinosa* L.(Capparidaceae) in the Yanghai Tombs (2800 years bp), NW China, and its medicinal implications, *Journal of ethnopharmacology*, (2007), V.113, n°3,409-420.
16. Romeo, V., Ziino, M., Giuffrida, D., Condurso, C., Verzera, A., Flavour profile of capers (*Capparis spinosa* L.) from the Eolian Archipelago by HS-SPME/GC–MS, *Food chemistry*, (2007),V. 101, n°3, 1272-1278.
17. Mollica, A., Zengin, G., Locatelli, M., Stefanucci, A., Mocan, A., Macedonio, G., Novellino, E ., Anti-diabetic and anti-hyperlipidemic properties of *Capparis spinosa* L.: in vivo and in vitro evaluation of its nutraceutical potential, *Journal of functional foods*, (2017),V. **35**, 32-42.
18. Quezel, P. and S. Santa, *New flora of Algeria and southern desert regions*, (1962).
19. Moghaddasi Mohammad, S., Kashani,H.H and Z. Azarbad, *Capparis spinosa* L. Propagation and medicinal uses. *Life Sci J*, (2012), V.**9**,n°4, 684-6.
20. Reyahi-Khoram, M and Reyahi-Khoram,R, Early feasibility study on *Capparis* production and processing in Hamedan Province in Iran, *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, V.5,n°4, (2018),313-317
21. Boukhari, L.A.B., Kamal-Eddine,B and Ratiba,S, Développement du Câprier épineux (*Capparis. spinosa* L.) en Algérie, Éditions universitaires européennes, (2015), 212 P.
22. Mishra, G.P., Singh, R., Bhoyar, M., Singh, S. B ., *Capparis spinosa*: unconventional potential food source in cold arid deserts of Ladakh, *Current Science* (00113891), (2009),V.**96**, n°12,1563

23. Alain, K.Y., Cokou, A. D. P., Diane, B., Reine, B. S., Alain, A. G., Felicien, A., Dominique, S. C. K., Métabolites secondaires et activités biologiques des extraits de l'écorce de tronc de *Khaya senegalensis*, une plante à usage vétérinaire récoltée au Bénin, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, (2018),V.23,n°4,441-450.
24. Boizot, N., Charpentier J.P, Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier, *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, In: Numéro spécial, (2006), 79-82.
25. Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C.,Teissèdre, P. L ., Les polyphénols du raisin, *Phytothérapie*, (2008), V. 6, n°2,75-82.
26. Iserin, P., *Larousse encyclopédie des plantes médicinales*, Identification, Préparations, soins, Larousse, Paris, (2001),335 P.
27. Anulika, N. P., Ignatius, E. O., Raymond, E. S., Osasere, O. I., Abiola, A. H., The chemistry of natural product: Plant secondary metabolites, *Int. J. Technol. Enhanc. Emerg. Eng. Res*, (2016), V.4, n°8, 1-9.
28. Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., Capasso, F., Suh, J. H., Saucier, C., &Teissèdre, P. L., Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs, *Life sciences*, (1999), V.65, n°4,337-353.
29. Pouka, M. K., Ngene, J. P., Ngoule, C. C., Ottou, P. M., Ndjib, R. C., Dibong, S. D., Mpondo, E. M., Caractérisation des plantes médicinales à flavonoïdes des marchés de Douala (Cameroun), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, (2015),V. 9, n°3,1494-1516.
30. Sereme, A., Milogo-Rasolodimby, J., Guinko, S. et Nacro, M., Propriétés thérapeutiques des plantes à tanins du Burkina Faso, *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, (2011), V. 15.

31. Yang, T., Liu, Y. Q., Wang, C. H., & Wang, Z. T., Advances on investigation of chemical constituents, pharmacological activities and clinical applications of *Capparis spinosa*, *Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo zhongyao zazhi= China journal of Chinese materia medica*, (2008), V. 33,n°21, 2453-2458.
32. Panico, A. M., Cardile, V., Garufi, F., Puglia, C., Bonina, F., Protective effect of *Capparis spinosa* on chondrocytes, *Life sciences*, (2005),V. 77, n°20, 2479-2488.
33. Rodrigo, M., Lazaro, M. J., Alvarruiz, A., Giner, V., Composition of capers (*Capparis spinosa*): influence of cultivar, size and harvest date, *Journal of food Science*, V.57, n°5, (1992), 1152-1154.
34. Giuffrida. D., SALVO. F., Ziino.M., Toscano. G., Initial investigation on some chemical constituents of capers (*Capparis spinosa* L.) from the island of Salina, *Italian Journal of Food Science/Rivista Italiana di Scienza degli Alimenti*, V. **14**, n°1, (2002) ,25.
35. Ramezani, Z., Aghel,N. and Keyghobadi,H., Rutin from different parts of *Capparis spinosa* growing wild in Khuzestan/Iran, *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, V. 11, n°5, (2008), 768-772.
36. Çalış, İ., Kuruüzüm, A.and Rüedi,P., 1H-Indole-3 acetonitrile glycosides from *Capparis spinosa* fruits, *Phytochemistry*, V. 50, n°7, (1999), 1205-1208.
37. Zhang, S., Hu, D. B., He, J. B., Guan, K. Y.and Zhu, H. J., A novel tetrahydroquinoline acid and a new racemic benzofuranone from *Capparis spinosa* L., a case study of absolute configuration determination using quantum methods, *Tetrahedron*, V. 70,n°4, (2014), 869-873.

38. Fu, X. P., Aisa, H. A., Abdurahim, M., Yili, A., Aripova, S. F. and Tashkhodzhaev, B., Chemical composition of *Capparis spinosa* fruit, *Chemistry of Natural compounds*, V. 43, (2007), 181-183.
39. Yang, T., Wang, C. H., Chou, G. X., Wu, T., Cheng, X. M. and Wang, Z. T., New alkaloids from *Capparis spinosa*: Structure and X-ray crystallographic analysis, *Food chemistry*, V. 123, n°3, (2010), 705-710.
40. Yu, Y., Gao, H., Tang, Z., Song, X. and Wu, L., Several phenolic acids from the fruit of *Capparis spinosa*, *亚洲传统医药*, V. 1, n°2, (2006), 101-104.
41. Tlili, N., Khaldi, A., Triki, S. and Munné-Bosch, S., Phenolic compounds and vitamin antioxidants of caper (*Capparis spinosa*), *Plant foods for human nutrition*, (2010), V.65, 260-265.
42. Fu, X. P., Aisa, H. A., Abdurahim, M., Yili, A., Aripova, S. F. and Tashkhodzhaev, B., New spermidine alkaloids from *Capparis spinosa* roots, *Phytochemistry Letters*, V.1, n°1, (2008), 59-62.
43. Tlili, N., Elfalleh, W., Saadaoui, E., Khaldi, A., Triki, S. and Nasri, N., The caper (*Capparis L.*): Ethnopharmacology, phytochemical and pharmacological properties, *Fitoterapia*, V. 82, n°2, (2011) 93-101.
44. Khatib, M., Pieraccini, G., Innocenti, M., Melani, F. and Mulinacci, N., An insight on the alkaloid content of *Capparis spinosa* L. root by HPLC-DAD-MS, MS/MS and ¹H qNMR, *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, V.123, (2016), 53-62.
45. Germano, M. P., De Pasquale, R., D'angelo, V., Catania, S., Silvari, V. and Costa, C., Evaluation of extracts and isolated fraction from *Capparis spinosa* L. buds as an antioxidant source, *Journal of agricultural and food chemistry*, V. 50, n°5, (2002), 1168-1171.

46. Matthäus, B. and Özcan, M., Glucosinolate composition of young shoots and flower buds of capers (*Capparis species*) growing wild in Turkey, *Journal of agricultural and food chemistry*, V.50, n°25, (2002), 7323-7325.
47. Inocencio, C., Rivera, D., Alcaraz, F. and Tomás-Barberán, F. A., Flavonoid content of commercial capers (*Capparis spinosa*, *C. sicula* and *C. orientalis*) produced in mediterranean countries, *European food research and technology*, V. 212, (2000) 70-74.
48. Tlili, N., Nasri, N., Saadaoui, E., Khaldi, A. and Triki, S., Carotenoid and tocopherol composition of leaves, buds, and flowers of *Capparis spinosa* grown wild in Tunisia, *Journal of agricultural and food chemistry*, V. 57, n°12, (2009), 5381-5385.
49. Sofowora, A., *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*, Karthala, (2010), 384 P.
50. Pierre, M, *les plantes Sorcières: traite de phytothérapie traditionnelle*, Librairie de l'inconnu, Paris, (1989), 252 P.
51. Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A. K. M., Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials, A review. *Journal of food engineering*, V. 117, n°4, (2013), 426-436.
52. Kaloustian, J. and Hadji-Minaglou, F, *La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*, Lavoisier, Paris, (2012), 226 P.
53. Gupta, V. K., Darokar, M. P., Shanker, K., Negi, A. S., Srivastava, S. K., Gupta, M. M. and Khanuja, S. P. S., Rapid and sensitive HPLC method for the determination of polyphenols in various lichen species of Himalayan

- origin, Journal of liquid chromatography & related technologies, V. **30**, n°1, (2007), 97-111.
54. Zerbo, P., Rasolodimby, J. M., Ouedraogo, O. N. and Van Damme, P., Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso: cas des Sanan, Bois & Forêts Des Tropiques, V. 307, (2011), 41-53.
 55. Benzidane, N., Krache, I., Baghiani, A., Charef, N., Khennouf, S. and Lekhmici, N. X. E., In vitro vasomotor effects of Capparis spinosa aqueous extracts, Biological & Pharmacological activities of Natural Substances, (2018), 8-12.
 56. Sessiz, A., Esgici, R. and Kızıl, S., Moisture-dependent physical properties of caper (Capparis ssp.) fruit, Journal of food engineering, V. **79**, n°4, (2007), 1426-1431.
 57. Trombetta, D., Occhiuto, F., Perri, D., Puglia, C., Santagati, N. A., Pasquale, A. D., Saija, A. et Bonina, F., Antiallergic and antihistaminic effect of two extracts of Capparis spinosa L. flowering buds, Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, V. **19**, n°1, (2005), 29-33.
 58. Demir, Y., Güngör, A. A., Duran, E. D. and Demir, N., Cysteine protease (capparin) from capsules of caper (Capparis spinosa), Food Technology and Biotechnology, V. **46**, n°3, (2008), 286-291.
 59. Ali-Shtayeh, M. and Abu Ghdeib, S. I., Antifungal activity of plant extracts against dermatophytes. mycoses, V. **42**, n°11-12, (1999), 665-672.
 60. Boga, C., Forlani, L., Calienni, R., Hindley, T., Hochkoeppler, A., Tozzi, S. And Zanna, N., On the antibacterial activity of roots of Capparis spinosa L, Natural product research, V. **25**, n°4, (2011), 417-421.

61. Feng, X., Lu, J., Xin, H., Zhang, L., Wang, Y., Tang, K., Anti-arthritic active fraction of *Capparis spinosa* L. fruits and its chemical constituents, *Yakugaku Zasshi*, V.**131**,n°3 (2011),423-429.
62. Zhou, H., Jian, R., Kang, J., Huang, X., Li, Y., Zhuang, C., ... & Wu, X., Anti-inflammatory effects of caper (*Capparis spinosa* L.) fruit aqueous extract and the isolation of main phytochemicals, *Journal of agricultural and food chemistry*,V. **58**,n°24, (2010), 12717-12721.
63. Al-Said, M. S., Abdelsattar, E. A., Khalifa, S. I. and El-Feraly, F. S., Isolation and identification of an anti-inflammatory principle from *Capparis spinosa*, *Die Pharmazie*, V.**43**, n°9,(1988),640-641.
64. Siracusa, L., Kulisic-Bilusic, T., Politeo, O., Krause, I., Dejanovic, B. and Ruberto, G., Phenolic composition and antioxidant activity of aqueous infusions from *Capparis spinosa* L. and *Crithmum maritimum* L. before and after submission to a two-step in vitro digestion model, *Journal of agricultural and food chemistry*, V. **59**, n°23,(2011), 12453-12459.
65. Arrar, L., Benzidane, N., Krache, I., Charef, N., Khenouf, S. and Baghiani, A., Comparison between polyphenol contents and antioxidant activities of different parts of *Capparis spinosa* L, *Pharmacognosy Communications*, V.3, n°2, (2013), 70.
66. Gadgoli, C. and Mishra, S, Antihepatotoxic activity of p-methoxy benzoic acid from *Capparis spinosa*, *Journal of ethnopharmacology*, V.66,n°2, (1999),187-192.
67. Lemhadri, A., Eddouks, M., Sulpice, T. And Burcelin, R., Anti-hyperglycaemic and anti-obesity effects of *Capparis spinosa* and *Chamaemelum nobile* aqueous extracts in HFD mice, *American Journal of Pharmacology and Toxicology*, V.2,n°3,(2007), 106-110.

68. Eddouks, M., Lemhadri, A. and Michel, J.B., Hypolipidemic activity of aqueous extract of *Capparis spinosa* L. in normal and diabetic rats, *Journal of ethnopharmacology*, V. 98, n°3, (2005), 345-350.
69. Ould El Hadj, M., Hadj-Mahammed, M. and Zabeirou, H., Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional est), *Courrier du Savoir scientifique et technique*, V. 3, n°3, (2003), 47-51.
70. Kusmenoglu, S., Tokem, G., Başer, K.H.C., Koca, U., Composition of the fruit oils of *Capparis* species, *ACTA Pharmaceutica Scientia*, V. 39, n°2, (1997), 55-57.
71. Sher, H. and Alyemeni, M.N., Ethnobotanical and pharmaceutical evaluation of *Capparis spinosa* L, validity of local folk and Unani system of medicine, *J. Med. Plants Res*, V. 4, n°17, (2010), 1751-1756.
72. Aghel, N., Rashidi, I. and Mombeini, A., Hepatoprotective activity of *Capparis spinosa* root bark against CCl₄ induced hepatic damage in mice, *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, V. 6, n° 4, (2007), 285-290.
73. Gülleryüz, M., Özkan, G. and S. Ercisli. Caper (*Capparis* spp.) growing techniques and economical importance. in 1st International Symposium on Sustainable Development (Sarajevo), (2009), 94-97.
74. Cowan, M.M., Plant products as antimicrobial agents, *Clinical microbiology reviews*, V. 12, n°4, (1999), 564-582.
75. Burt, S., Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review, *International journal of food microbiology*, V. 94, n°3, (2004), 223-253.

76. Cushnie, T.T. and Lamb, A.J. Antimicrobial activity of flavonoids, International journal of antimicrobial agents, V.26,n°5, (2005),343-356.
77. Saadaoui, E., Guetat, A., Tlili, N., El-Gazzah, M. And Khaldi, A., Subspecific variability of Tunisian wild populations of *Capparis spinosa* L, Journal of Medicinal Plants Research, V.5,n°17, (2011), 4339-4348
78. Inocencio, C., Rivera, D., Obón, M. C., Alcaraz, F. and Barreña, J. A., A systematic revision of *capparis* section *Capparis* (Capparaceae) 1, 2, Annals of the Missouri Botanical Garden, V.93,n°1, (2006),122-149.
79. Inocencio, C., Cowan, R. S., Alcaraz, F., Rivera, D. And Fay, M. F., AFLP fingerprinting in *Capparis* subgenus *Capparis* related to the commercial sources of capers, Genetic Resources and Crop Evolution, V.52, (2005),137-144.
80. Melzi, Y., La Bella, F., Gristina, A. S., Zerbo, M., Khelifi, D., Bechkri, S. and Mercati, F., Genetic differentiation of the *Capparis spinosa* group in the Mediterranean area, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, V. 63, (2024),125794.
81. Wang, Q., Zhang, M.L. and Yin, L.K, Phylogeographic structure of a tethyan relict *Capparis spinosa* (Capparaceae) traces pleistocene geologic and climatic changes in the western Himalayas, Tianshan mountains, and adjacent desert regions, BioMed Research International, V.2016,n°1, (2016), 1-13.
82. Liu, C., Xue, G. P., Cheng, B., Wang, X., He, J., Liu, G. H., Yang, W. J., Genetic diversity analysis of *Capparis spinosa* L. populations by using ISSR markers, Genet. Mol. Res, V.14, n°4, (2015), 16476-16483.

83. Al-Safadi, B. and Elias,R., Improvement of caper (*Capparis spinosa* L.) propagation using in vitro culture and gamma irradiation, *Scientia Horticulturae*, V.127,n°3, (2011),290-297.
84. Gristina, A. S., Fici, S., Siragusa, M., Fontana, I., Garfi, G., Carimi, F., Hybridization in *Capparis spinosa* L.: Molecular and morphological evidence from a Mediterranean island complex, *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*,V. 209,n°12, (2014),733-741.
85. Özbek, Ö. and Kara, A., Genetic variation in natural populations of *Capparis* from Turkey, as revealed by RAPD analysis, *Plant Systematics and Evolution*, V.299, (2013), 1911-1933.
86. Bhoyar, M. S., Mishra, G. P., Naik, P. K., Srivastava, R. B., Estimation of antioxidant activity and total phenolics among natural populations of Caper ('*Capparis spinosa*') leaves collected from cold arid desert of trans-Himalayas, *Australian Journal of Crop Science*, V.5, n°7, (2011),912-919.
87. Nosrati, H., Hosseinpour Feizi, M. A., Mazinani, M., Haghighi, A. R., Effect of population size on genetic variation levels in *Capparis spinosa* (*Capparaceae*) detected by RAPDs, *EurAsian Journal of BioSciences*,V.6, (2012).
88. Saifi, N., Ibijbijen,J. and Echchgadda,D, Genetic diversity of caper plant (*Capparis* ssp.) from North Morocco, *J Food Agric Environ*, V. **9**, n°3, (2011),299-304.
89. Moubasher, H., Abd El-Ghani, M. M., Kamel, W., Mansi, M., El-Bous, M., Taxonomic considerations among and within some Egyptian taxa of *Capparis* and related genera (*Capparaceae*) as revealed by RAPD fingerprinting, *Collect Bot*, V.30, (2011), 29-35.

90. Khouildi, S., Pagnotta, M. A., Tanzarella, O. A., Ghorbel, A., Porceddu, E., Suitability of RAPD (random amplified polymorphic DNA) technique for estimating the genetic variation in natural genotypes of Tunisian and Italian caper (*Capparis spinosa* L.), *Agricoltura Mediterranea*, V.130, n°1, (2000), 72-77.
91. El Oualidi, J. and Puech, S., Quelques marqueurs morphologiques des *Teucrium* section *Polium* (Lamiaceae) du Maroc: Valeurs diagnostiques à différents niveaux d'intégration, *Acta botánica malacitana*, n°18, (1993), 163-171.
92. de Vienne, D., Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales, Paris, (1998), 204 P.
93. Tanksley, S.D. and Orton, T.J., *Isozymes in plant genetics and breeding*, (2012) Elsevier. Amsterdam, (2012).
94. Mondini, L., Noorani, A. and Pagnotta, M.A. Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity*, V.1, n°1, (2009), 19-35.
95. Cros, J., Implications phylogénétiques des variations de l'ADN chloroplastique chez les caféiers (genres *Coffea* L. et *Psilanthus* Hook. f.), Univ. Montpellier II, France, (1994), 160 P.
96. Laudénbach, V., Mantz, J. and Desmonts, J., Comprendre la biologie moléculaire, in *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation*, V18, n° 7 (1999), 725-747.
97. Quinkal, I., Quelques termes-clés de biologie moléculaire et leur définition, INRIA Rhône-Alpes, (2003), 1-6.
98. Lamoril, J., Ameziane, N., Deybach, J. C., Bouizegarène, P., Bogard, M., Les techniques de séquençage de l'ADN: une révolution en marche. Première partie, *Immuno-analyse & Biologie Spécialisée*, V.23, n°5, (2008), 260-279.

99. Hebi, M. and M. Eddouks, Évaluation de l'activité antioxydante de *Stevia rebaudiana*. *Phytothérapie*, V.14,n°1, (2016),17-22.
100. Haddoudi, M., Mellouk, H., Bejjany, B., Dani, A., & Digua, K., Valorisation du marc du café: extraction de l'huile et évaluation de son activité antioxydante, *Les technologies de laboratoire*, V.8,n°36,(2014), 29-37.
101. . Arab, K., Bouchenak, O., Yahiaoui, K., Laoufi, R., Benhabyles, N. et Bendifallah, L.. Évaluation de l'effet de l'extrait méthanolique des feuilles du Peuplier Noir (*Polpulus Nigra L*) sur le puceron noir agrumes *Toxoptera Auranrii* (Boyer de Fonscolombe, 1841). *Agrobiol.* 8(2), (2018), 1086-1092.
102. Anderson, J., Berthod, A., Pino, V., Stalcup, A. M., *Analytical separation science*,Weinheim: WWiley-VCH ,V. 5, (2016), 2220 P.
103. Stefanucci. A., Zengin, G., Locatelli, M., Macedonio, G., Wang, C. K., Novellino, E., Mollica, A., Impact of different geographical locations on varying profile of bioactives and associated functionalities of caper (*Capparis spinosa L.*). *Food and chemical toxicology*, V.118, (2018),181-189.
104. Meddour. A., Yahia. M., Benkiki. N., Ayachi.A.,, *Etude de l'activité Antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du Capparis spinosa L.* *Lebanese Science Journal*, v.14, n°1, (2013)49-60.
105. Djahra, A.B., O. Bordjiba, and S. Benkherara, Activité antibactérienne des flavonoides d'une plante médicinale spontanée *Marrubium vulgare L.* de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, v.24, (2015), 29-37.

106. MOROH, J.L.A., Bahi,C., Dje, K., Loukou Y. G., Guede-Guina, F., Étude de l'activité antibactérienne de l'extrait acétatique (EAC) de *Morinda morindoides* (Baker) milne-redheat (rubiaceae) sur la croissance in-vitro des souches d'*Escherichia coli*, Bulletin de la société royale des sciences de Liège, V.77,(2008),44 – 61.

107. Sabiou, S. M. M, Haoua ,S., Moutari S. K., Rabiou, M. M., Hassimi, S., Bako, A., Ibrahim, A., Caractérisation Phytochimique des Graines et des Pulpes de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standley Utilisées en Pharmacopée dans Sept (6) Régions du Niger, European Scientific Journal, ESJ, V.15n°27, (2019),172.

108. Amirat, S., Sadou, N., Makni, S., Seridi, R., Benseghir, L. A., Chohra, D., Boulebnane, A., Khelef, Y., Djedilat, L., Keskes, S., Dhouib, H., Chakroun, M., Benamar, H. and Tounsi,S., “Phytochemical profile and antimicrobial activity against phytopathogenic strains of Hydro-methanolic extracts of Caper (*Capparis spinosa* L). From the region of Souk Ahras (Algeria) ”, African Journal of Biological Sciences, V.6, n°10, (2024), 491-509

109. Özcan, M. and Akgül,A, Influence of species, harvest date and size on composition of capers (*Capparis* spp.) flower buds. Food/Nahrung, V.42,n°02, (1998),102-105.

110. Cox S. D , Mann C. M , Markham J. L., Bell, H. C., Gustafson, J. E., Warmington, J. R., Wyllie, S. G., The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil), Journal of applied microbiology, V.88,n°1, (2000),170-175.

111. Mahasneh, A.M., Screening of some indigenous Qatari medicinal plants for antimicrobial activity, Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, V.16,n°8, (2002)751-753.

112. Mahasneh, A.M., Abbas, J.A. and El-Oqlah, A.A., Antimicrobial activity of extracts of herbal plants used in the traditional medicine of Bahrain, *Phytotherapy Research*, V.**10**, n°3, (1996),251-253.
113. Rathee, S., Rathee, P., Rathee, D., Rathee, D., Kumar, V., Phytochemical and pharmacological potential of kair (*Capparis decidua*). *International Journal of Phytomedicine*, V.2, n°1,(2010),10-17.
114. Natarajan, D., Britto, S.J, Srinivasan, K., Nagamurugan, N., Mohanasundari, C., & Perumal, G., Anti-bacterial activity of *Euphorbia fusiformis*—A rare medicinal herb, *Journal of ethnopharmacology*, V.102, n°1, (2005),123-126.
115. Bouzid, W., Yahia, M., Abdeddaim, M., Aberkane, M. C., Ayachi, A., Évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'aubépine monogyne, *Leban Sci J*, V.**12**,n°1, (2011),59-69.
116. Cushnie, T.T. and Lamb, A.J. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids, *International journal of antimicrobial agents*,V.38,n°2, (2011),99-107.
117. Mingeot, D. and Watillon, B., Authentification variétale par marqueurs moléculaires, *Journée d'étude Pomme de Terre CRA-W*, V.3, (2005), 1-3.
118. Hewitt, G., *The genetic legacy of the Quaternary ice ages*. *Nature*, V.**405**,n°6789, (2000),907-913.
119. Petit, R. J., Aguinagalde, I., de Beaulieu, J. L., Bittkau, C., Brewer, S., Cheddadi, R., Vendramin, G. G., Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity, *science*, 2003.V. **300**,n°5625,(2003),1563-1565.

ANNEXES

Annexe A

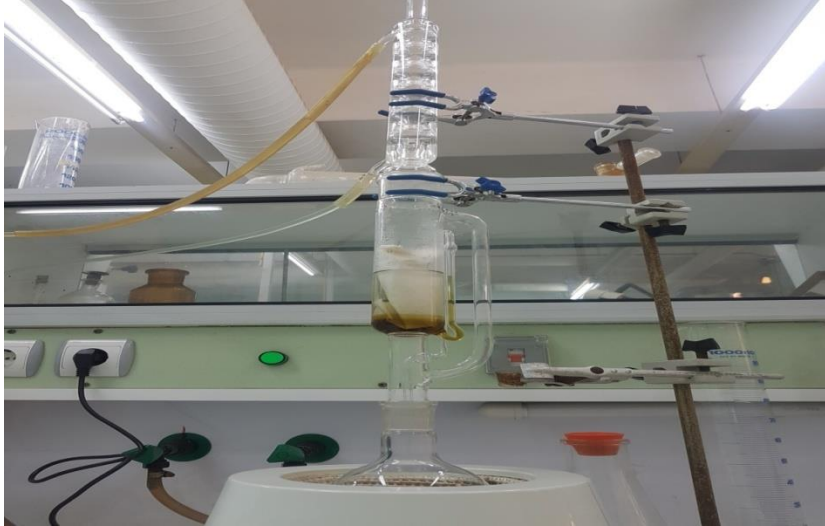


Figure 1 Appareil de Soxhlet



Figure 2 Rotavapor



Figure3 Appareil HPLC

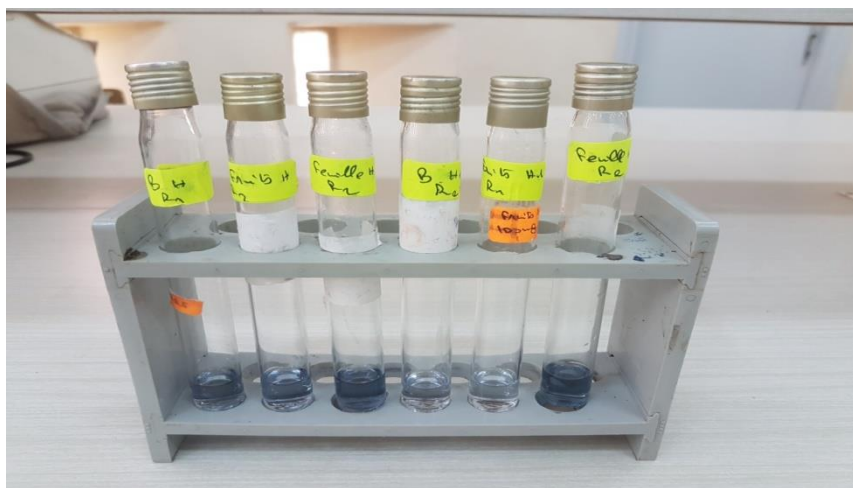


Figure 4 Dosage des polyphénols totaux

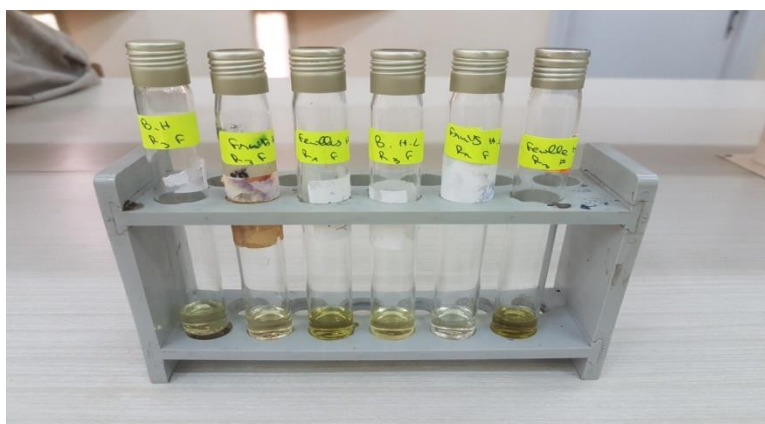


Figure 5 Dosage des flavonoides totaux



Figure 6 Préparation de l'inoculum



Figure 7 Application de l'activité antimicrobienne du caprier

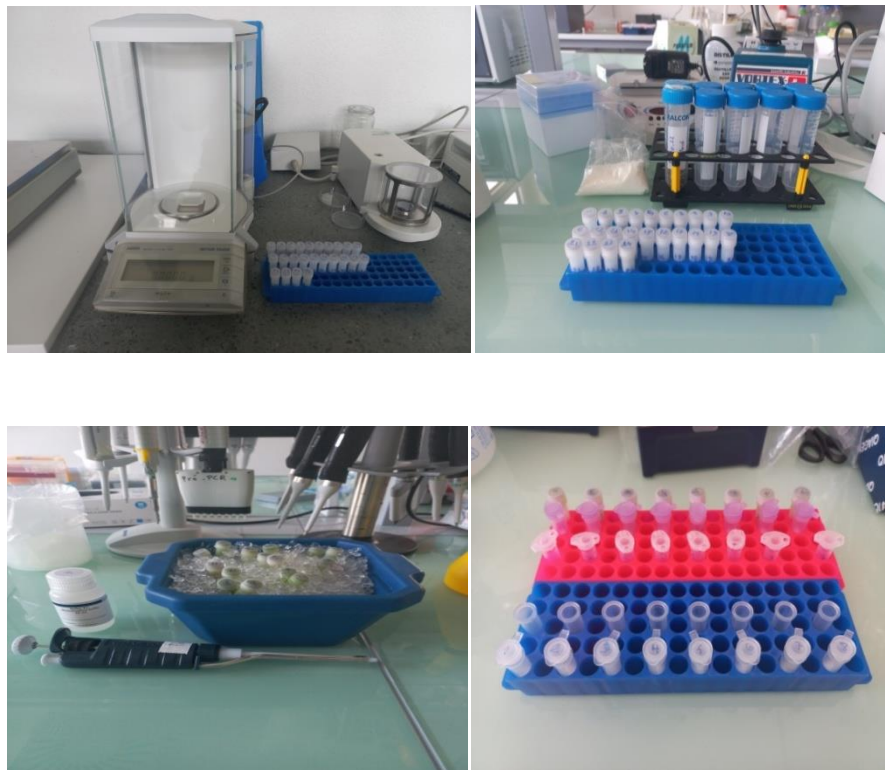


Figure 8 Etapes de l'extraction de l'ADN des feuilles



Figure 9 Etapes de la réalisation de la réaction PCR par un thermocycleur



Figure 10 Réalisation du gel d'agarose

Annexe B

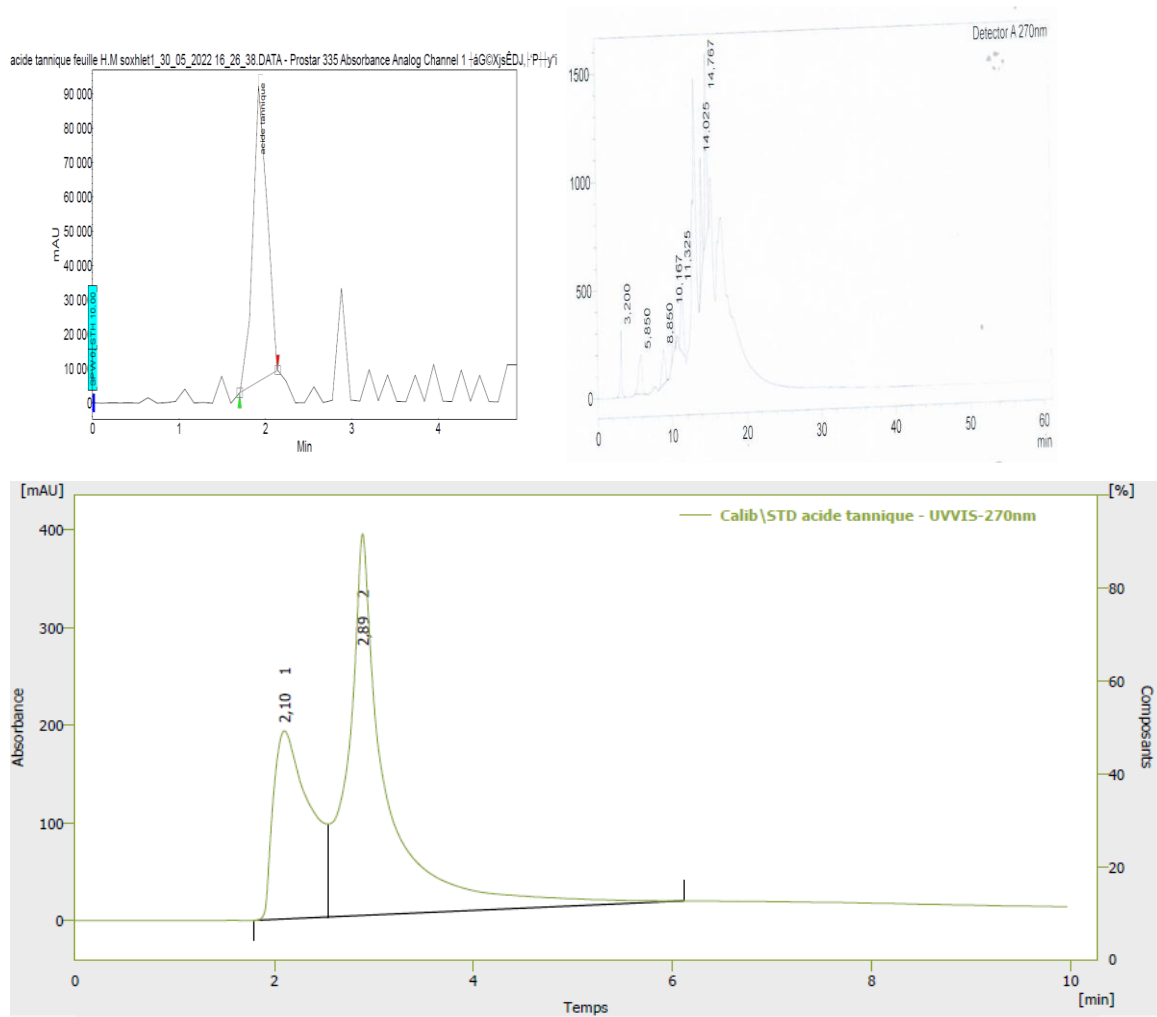


Figure 1 Chromatogrammes de l'acide tannique.

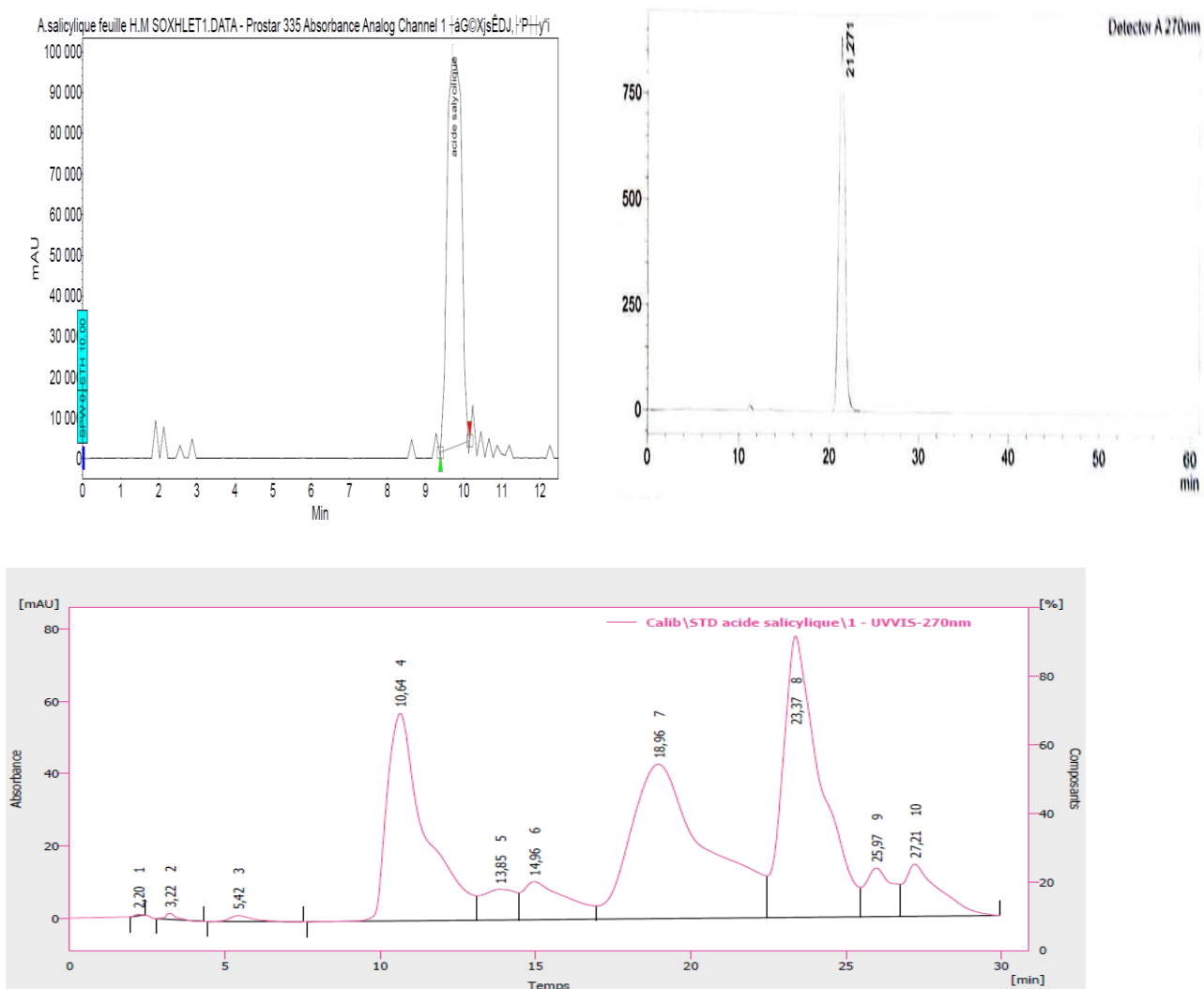


Figure 2 Chromatogrammes de l'acide salicylique

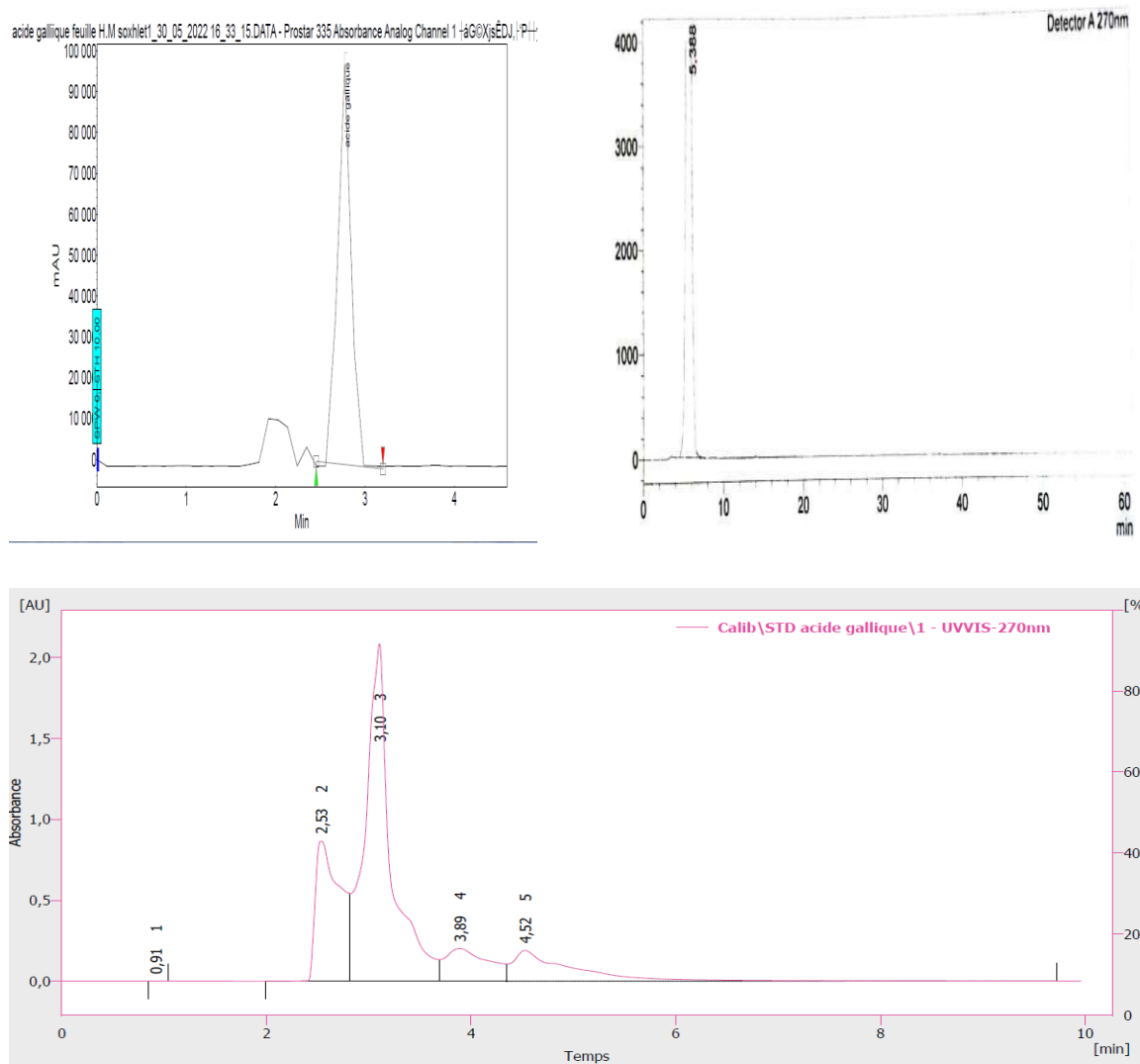


Figure 3 Chromatogrammes de l'acide gallique.

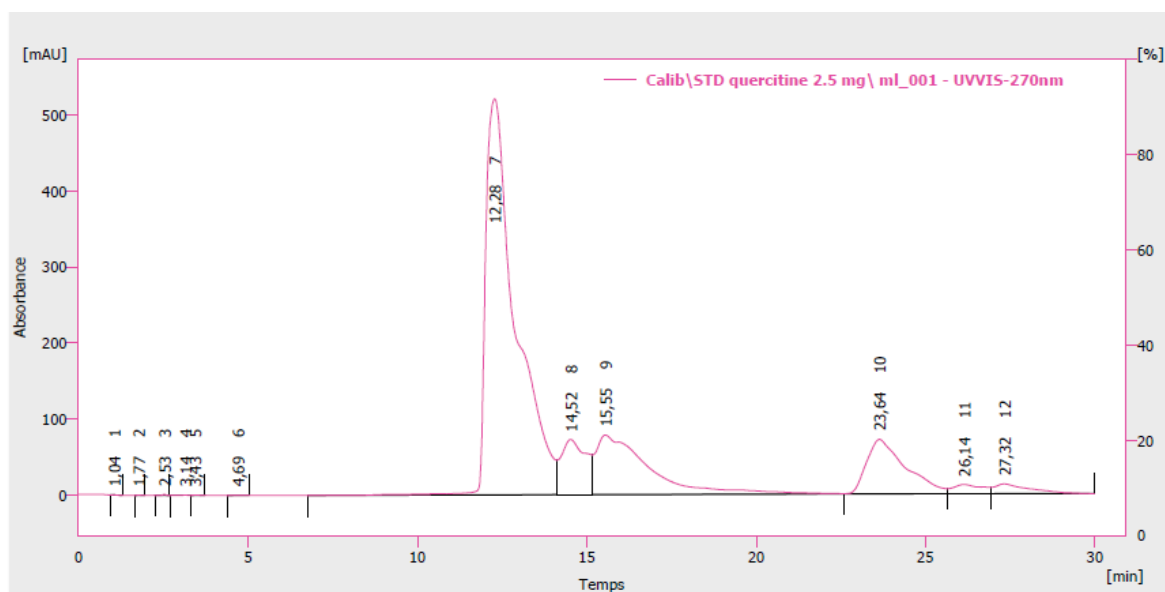
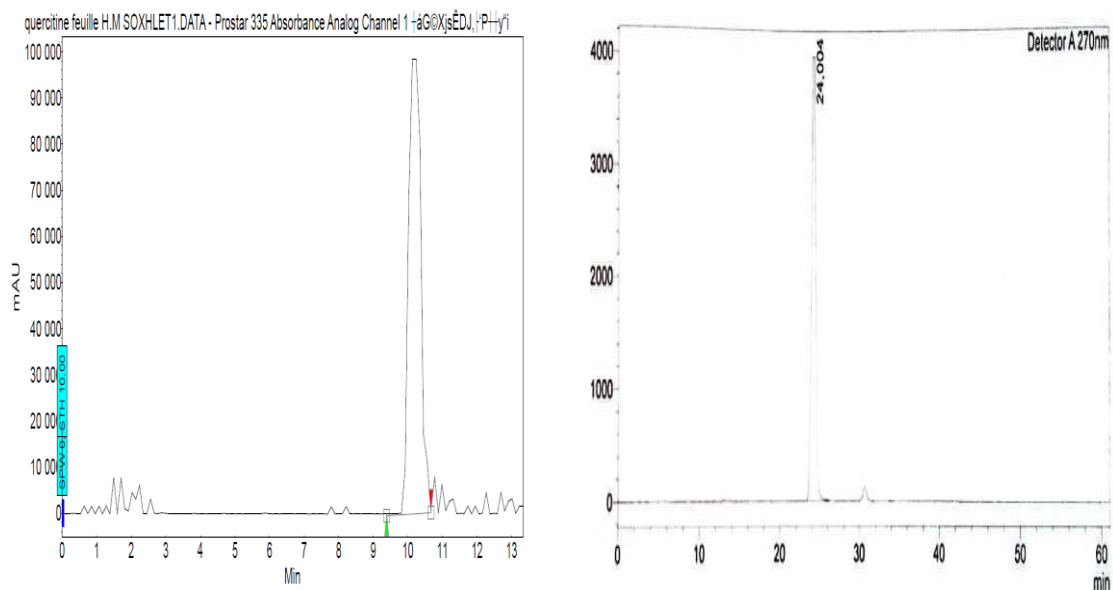


Figure 4 Chromatogrammes de la quercetine

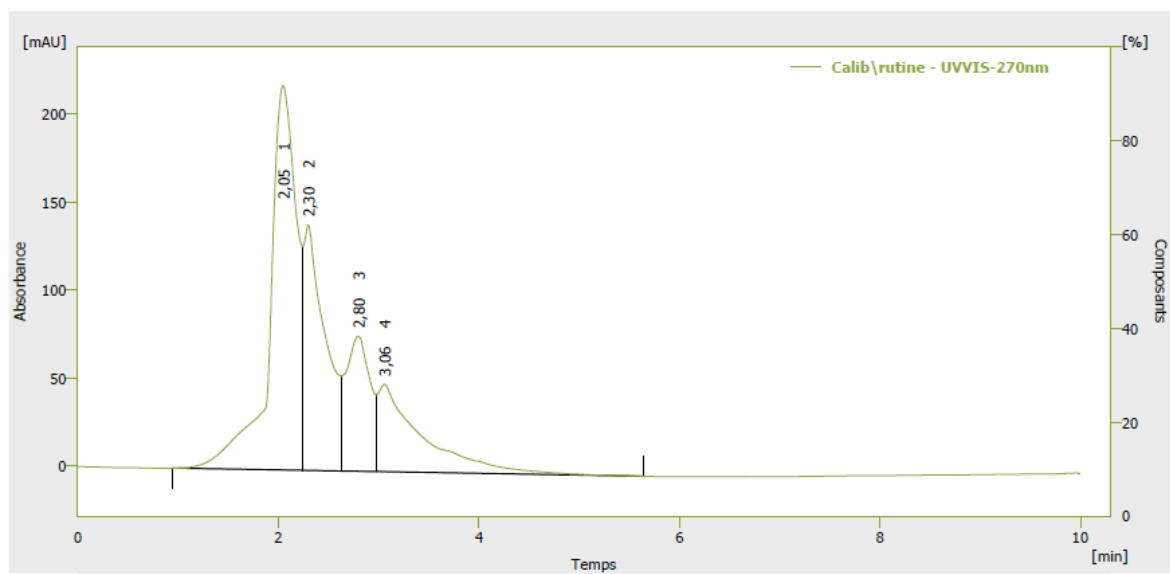
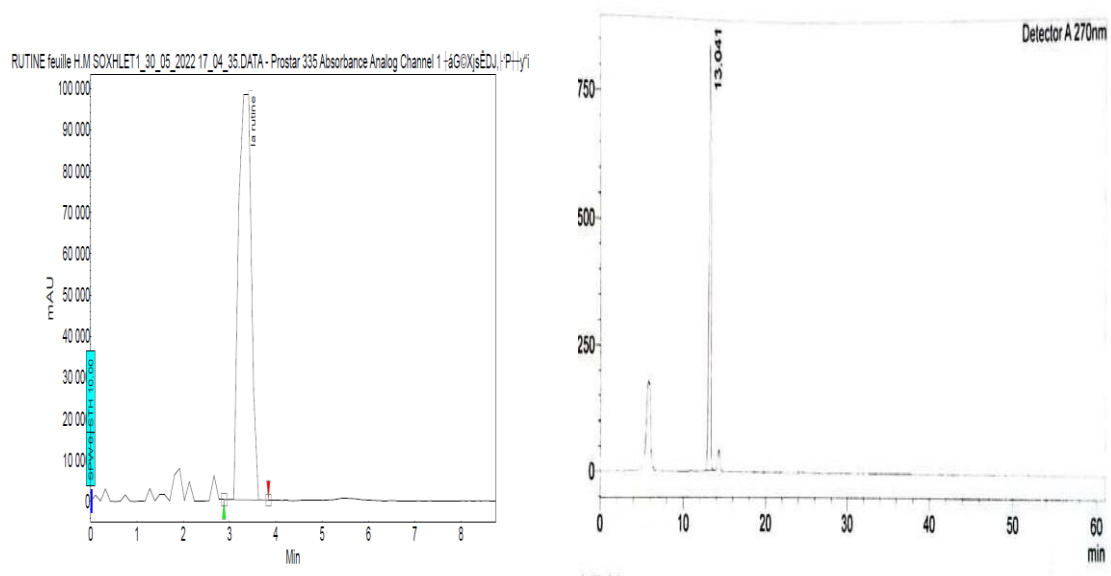


Figure 5 Chromatogrammes de la rutine

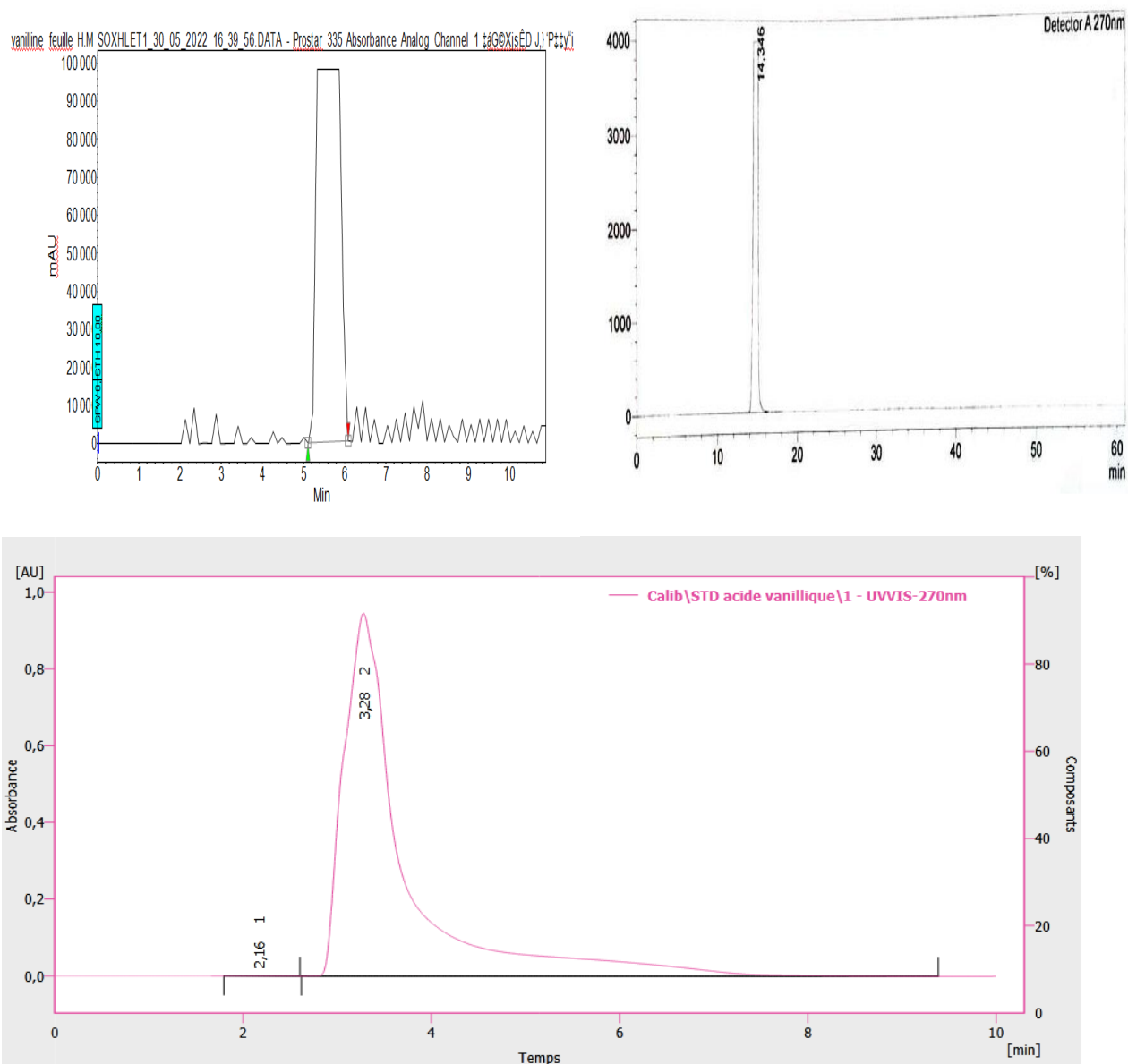


Figure 6 Chromatogrammes de la vanilline

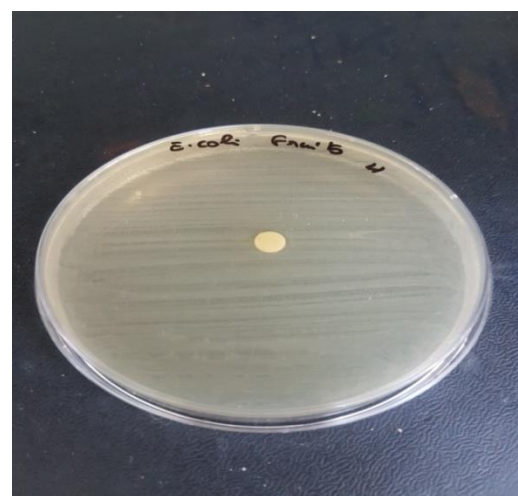
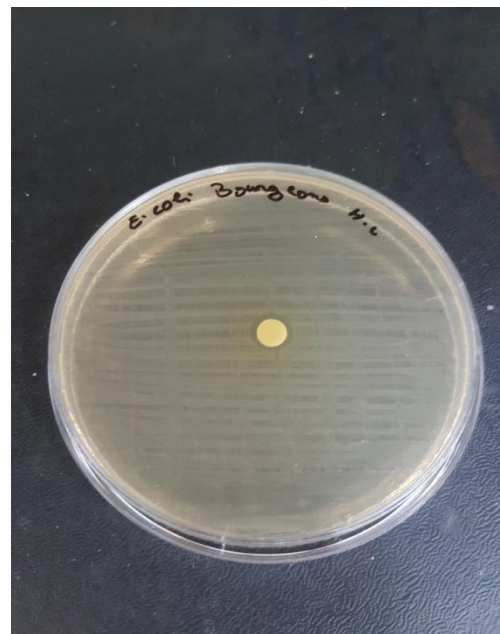
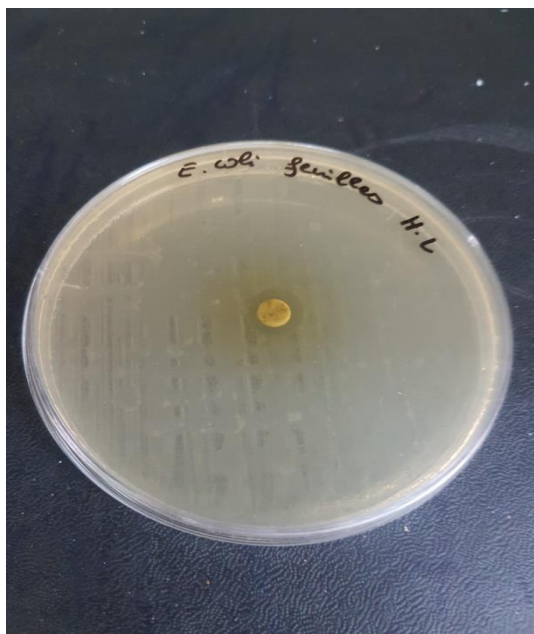
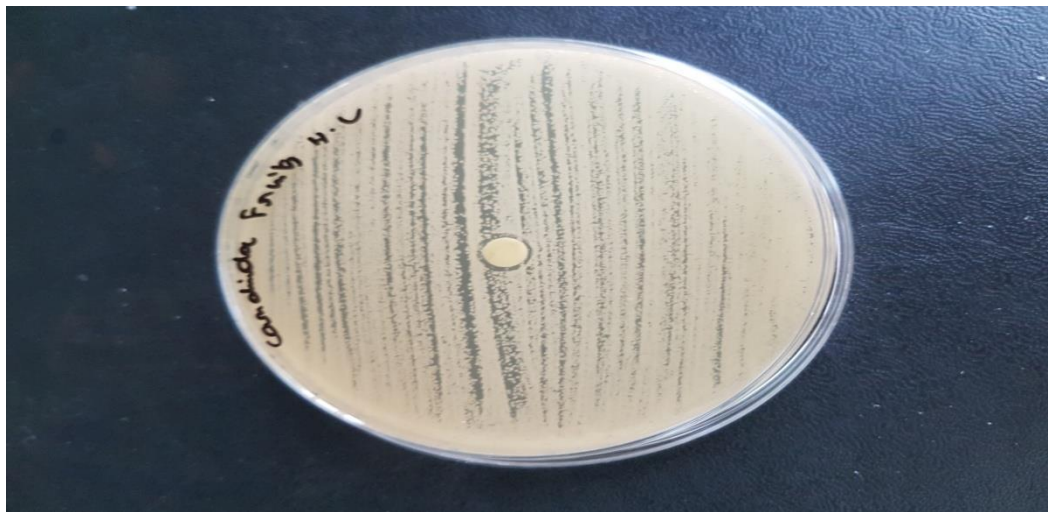




Figure 7 Effet des extraits éthanoliques du câprier sur les souches testées

AB
RPS

>Consensus

CTTTGATGAATAACTAATTCTTTTTTTTTTCAGTTATTCTTTTCCCCTTTACTAGTCT
ATTAATAACAAAACGAATTATTCCAATGTATAAAATAAAAATTCCAATGGCTTTTG
CTACTCTAACCTTCCTCACCACGATTTTTTTACTAGGCATTTTCCTTTCCTTTGAAA
GCAGAAATTGTATTGATACTTGATATCAAAAAAAAAATGTAATAACTACAAAAGTA
GTAAATAGAAATGGATAAATAAATAGTGGGTTCCATCGTTTCTATGGTTACTTCTT
AAACGGTGAGGTCCTCTCTATACACCGGAGCTCCTTCTTTTAATTAATCAATACT
GTTGGTAACTTGTACAGTTCACACTCTTTGGCTCTACCCCATGAATATTTTCAGTA
ATAGTTCTTTTACAATGAGATCTACTTTATACAGTAACGGTATTTTCATTTTGAAAA
TTTGTTGGGTAGCTAACCCGTGTTAGTCCGTTCTTTTCTTTTAAGAGTGAATCTT
TTTTCTTTTAATAAAAAAAAAAATGGAATTTCCCCCGCTTAATGGATAACCATTTGT
TATCACTGGGGGGGTTCTCAAAAATTTAGGTGATTGGATTTGCACCAATGTAAAC
CATAAGTTTCATACCCATATAGAACATATGAACGATCTATCTTTTTTAATAGTGA
ACGGAGTTCTTTTTATTTCATAGGTACTGATCATTGATACTTCAAAAAGAGTTTCTT
TTTTTGCTCAGTCTATGATCTGAACGAGTCGCACATACACCCTAGTACATGTTT
CTCGCCGCTGAGGG

NDH

>Consensus

CTCTATGGGGTAAAGAAGAAGAAAAAAAAAATTAACAGAAATTTTTGTTTAGTACC
ATTATTAACAATGAATAATAACAAAAGAAGCTTCTTTTTTTTGCAAGAAAGCATATC
AAGTTAGTAATAATGTAAGAAATAGAACTTTTCTTACTGTTACTAATTTAGGCCTT
AATACAACAACCTTCTCGTATCCCATGAATCAGACAATACTATTATATTTCTAT
CCTTATATTGGTTTTATTTACTTTGTTTATTGGAGCTATAGGAATTCCTTTCAATCA
GGATCAAGAAGGAATATACTTTGATATATTATCGAAATTTTGACCCCATCTATAA
ATCTTTTGATATAAAAATTCAAATCATTTTGTGGATTGGTATGAATTTTGAGAAAT
GCAACTTTTTTCAGTCAGTATAGCTTTTTTTTGAATATTTATAGCATACTCTTTATAT
AAGCCTTTTTATTTCATCTTTATTAAATTTAACTTACTTAATTCATTTCAAAAATGG
GGTTCTAAAAGAATTCTGTGGGAAAACTAATAAATTTAGTATATAATTGGTCATA
TAATCGTGGT

B :

NDH

>Consensus

CTCTATGGGGTAAAGAAGAAGAAAAAAATTAACAGAAATTTTTGTTTAGTACC
ATTATTAACAATGAATAATAACAAAAGAACTTCTTTTTTTTGAAGAAAGCATATC
AAGTTAGTAATAATGTAAGAAATAGAACTTTTCTTACTGTTACTAATTTAGGCCTT
AATACAACAACCTTCTCGTATCCCCATGAATCAGACAATACTATTATATTTCTAT
CCTTATATTGGTTTTATTTACTTTGTTTATTGGAGCTATAGGAATTCCTTTCAATCA
GGATCAAGAAGGAATATACTTTGATATATTATCGAAATTTTTGACCCCATCTATAA
ATCTTTTGTATAAAAATTCAAATCATTTTGTGGATTGGTATGAATTTTTGAGAAAT
GCAACTTTTTTCAGTCAGTATAGCTTTTTTTTGAATATTTATAGCATACTCTTTATAT
AAGCCTTTTTTATTCATCTTTATTAAATTTAAACTTACTTAATTCATTTCAAAAATGG
GGTTCTAAAAGAATTCTGTGGGAAAACTAATAAATTTAGTATATAATTGGTCATA
TAATCGTGT

RPS

>Consensus

TTTGATGAATAACTAATTCTTTTTTTTTTCAGTTATTCTTTTCCCCTTTACTAGTCTA
TTAATAACAAAACGAATTATTCCAATGTATAAAATAAAAATTCCAATGGCTTTTGC
TACTCTAACCTTCCTCACCACGATTTTTTACTAGGCATTTTCCTTTCTTTGAAAG
CAGAAATTGTATTGATACTTGATATCAAAAAAAATGTAATAACTACAAAAGTAG
TAAATAGAAATGGATAAATAAATAGTGGGTTCCATCGTTTCTATGGTTACTTCTTA
AACGGTGAGGTCCTCTCTATACACCGGAGCTCCTTCTTTTAATTAATCAATACTG
TTGGTAACTTGTACAGTTCACACTCTTTGGCTCTACCCCATGAATATTTCAAGTAAT
AGTTCTTTCACAATGAGATCTACTTTATACAGTAACGGTATTTTCATTTTGAAAATT
TGTTGGGTAGCTAACCCTGTTAGTCCGTTCCCTTTCTTTTAAGAGTGGAATCTTTT
TTCTTTTAATAAAAAAAAATGGAATTTCCCCCGCTTAATGGATAACCATTTGTTA
TCACTGGGGGGGTTCTCAAAAATTTAGGTGATTGGATTTGCACCAATGTAAACC
ATAAGTTTTCATACCCATATAGAACATATGAACGATCTATCTTTTTTAATAGTGAA
CGGAGTTCTTTTTATTTCATAGGTACTGATCATTGATACTTCAAAAAGAGTTTCTTT
TTTTGTCTCAGTCTATGATCTGAACGAGTCGCACATACACCCTAGTACATGTTCC
TCGCCGCTGAGGGC

CH :

RPS

>Consensus

CTTTGATGAATAACTAATTCTTTTTTTTTTCAGTTATTCTTTTCCCCTTTACTAGTCT
ATTAATAACAAAACGAATTATTCCAATGTATAAAATAAAAATTCCAATGGCTTTTG
CTACTCTAACCTTCCTCACCACGATTTTTTACTAGGCATTTTCCTTTCTTTGAAA
GCAGAAATTGTATTGATACTTGATATCAAAAAAAATGTAATAACTACAAAAGTA
GTAAATAGAAATGGATAAATAAATAGTGGGTTCCATCGTTTCTATGGTTACTTCTT
AAACGGTGAGGTCCTCTCTATACACCGGAGCTCCTTCTTTTAATTAACAATACT
GTTGGTAACTTGTACAGTTCACACTCTTTGGCTCTACCCCATGAATATTTCAAGTA
ATAGTTCTTTCACAATGAGATCTACTTTATACAGTAACGGTATTTTCATTTTGAAA
TTTGTTGGGTAGCTAACCCTGTTAGTCCGTTCCCTTTCTTTTAAGAGTGGAATCTT

TTTTCTTTTAATAAAAAAAAAAATGGAATTTCCCCCGCTTAATGGATAACCATTTGT
TATCACTGGGGGGGTTCTCAAAAATTTAGGTGATTGGATTTGCACCAATGTAAAC
CATAAGTTTCATACCCATATAGAACATATGAACGATCTATCTTTTTTAAATAGTGA
ACGGAGTTCTTTTTATTTCATAGGTACTGATCATTGATACTTCAAAAAGAGTTTCTT
TTTTTGTCTCAGTCTATGATCTGAACGAGTCGCACATACACCCTAGTACATGTTT
CTCGCCGCTGAGGGCATCCC

NDH

>Consensus

CTCTCTATGGGGTAAAGAAGAAGAAAAAAAAATTAACAGAAATTTTTGTTTAGTA
CCATTATTAACAATGAATAATAACAAAAGAACTTCTTTTTTTTGCAAGAAAGCATA
TCAAGTTAGTAATAATGTAAGAAATAGAACTTTTCTTACTGTTACTAATTTAGGCC
TTAATACAACAACCTTTCTCGTATCCCCATGAATCAGACAATACTATTATATTTCT
ATCCTTATATTGGTTTTATTTACTTTGTTTATTGGAGCTATAGGAATTCCTTTCAAT
CAGGATCAAGAAGGAATATACTTTGATATATTATCGAAATTTTTGACCCCATCTAT
AAATCTTTTGTATAAAAATTCAAATCATTTTGTGGATTGGTATGAATTTTTGAGAA
ATGCAACTTTTTTCAGTCAGTATAGCTTTTTTTTGGAAATTTTATAGCATACTCTTTAT
ATAAGCCTTTTTATTTCATCTTTATTAAATTTAACTTACTTAATTCATTTCAAAAAT
GGGGTTCTAAAAGAATTCTGTGGGAAAACTAATAAATTTAGTATATAATTGGTC
ATATAATCGTGG

H

NDH

>Consensus

TCTATGGGGTAAAGAAGAAGAAAAAAAAATTAACAGAAATTTTTGTTTAGTACCAT
TATTAACAATGAATAATAACAAAAGAACTTCTTTTTTTTGCAAGAAAGCATATCAA
GTTAGTAATAATGTAAGAAATAGAACTTTTCTTACTGTTACTAATTTAGGCCTTAA
TACAACAACCTTTCTCGTATCCCCATGAATCAGACAATACTATTATATTTCTATCC
TTATATTGGTTTTATTTACTTTGTTTATTGGAGCTATAGGAATTCCTTTCAATCAG
GATCAAGAAGGAATATACTTTGATATATTATCGAAATTTTTGACCCCATCTATAAA
TCTTTTGTATAAAAATTCAAATCATTTTGTGGATTGGTATGAATTTTTGAGAAATG
CAACTTTTTTCAGTCAGTATAGCTTTTTTTTGGAAATTTTATAGCATACTCTTTATATA
AGCCTTTTTATTTCATCTTTATTAAATTTAACTTACTTAATTCATTTCAAAAATGGG
GTTCTAAAAGAATTCTGTGGGAAAACTAATAAATTTAGTATATAATTGGTCATAT
AATCGTG

RPS

>Consensus

TCTTTTTTTTTTCAGTTATTCTTTTCCCCTTTACTAGTCTATTAATAACAAAACGAAT
TATTCCAATGTATAAAATAAAAATTCCAATGGCTTTTGCTACTCTAACCTTCCTCA
CCACGATTTTTTTACTAGGCATTTTCCTTTCCTTTGAAAGCAGAAATTGTATTGATA
CTTGATATCAAAAAAAAAATGTAATAACTACAAAAAGTAGTAAATAGAAATGGATAA
ATAAATAGTGGGTTCCATCGTTTCTATGGTTACTTCTTAAACGGTGAGGTCCTCT
CTATACACCGGAGCTCCTTCTTTTAATTAATCAATACTGTTGGTAACTTGTACAGT
TCACACTCTTTGGCTCTACCCCATGAATATTTTCAAGTAATAGTTCTTTCACAATGAG
ATCTACTTTTATACAGTAACGGTATTTTCAATTTTGAATTTTGTGGGTAGCTAACCC
TGTTAGTCCGTTCCCTTCTTTTAAGAGTGGAATCTTTTTTCTTTTAATAAAAAAAAA
ATGGAATTTCCCCCGCTTAATGGATAACCATTTGTTATCACTGGGGGGGTTCTCA
AAAATTTAGGTGATTGGATTGACCAATGTAAACCATAAGTTTCATACCCATATA
GAACATATGAACGATCTATCTTTTTTAATAGTGAACGGAGTTCTTTTTATTCTATA
GGTACTGATCATTGATACTTCAAAAAGAGTTTCTTTTTTTGTCTCAGTCTATGATC
TGAACGAGTCGCACATACACCCTAGTACATGTTCCCTCGCCGCTGAGGGCATCC

HJ :

NDH

>Consensus

CTCTATGGGGTAAAGAAGAAGAAAAAAAAAATTAACAGAAATTTTTGTTTAGTACC
ATTATTAACAATGAATAATAACAAAAGAAGTCTTTTTTTTTGCAAGAAAGCATATC
AAGTTAGTAATAATGTAAGAAATAGAAGTCTTTCTTACTGTTACTAATTTAGGCCTT
AATACAACAAGTCTCTCGTATCCCCATGAATCAGACAATACTATTATATTTCTCTAT
CCTTATATTGGTTTTATTTACTTTGTTTATTGGAGCTATAGGAATTCCTTTCAATCA
GGATCAAGAAGGAATATACTTTGATATATTATCGAAATTTTGACCCCATCTATAA
ATCTTTTGTATAAAAATTCAAATCATTTTGTGGATTGGTATGAATTTTGAGAAAT
GCAACTTTTTTCAGTCAGTATAGCTTTTTTTTGAATATTTATAGCATACTCTTTATAT
AAGCCTTTTTTATTCATCTTTATTAAATTTAAACTTACTTAATTCATTTCAAAAATGG
GGTTCTAAAAGAATTCTGTGGGAAAACTAATAAATTTAGTATATAATTGGTCATA
TAATCGTG

RPS

>Consensus

CTTTGATGAATAACTAATTCTTTTTTTTTTCAGTTATTCTTTTCCCCTTTACTAGTCT
ATTAATAACAAAACGAATTATTCCAATGTATAAAATAAAAATTCCAATGGCTTTTG
CTACTCTAACCTTCCTCACCACGATTTTTTTACTAGGCATTTTCCTTTCCTTTGAAA
GCAGAAATTGTATTGATACTTGATATCAAAAAAAAAATGTAATAACTACAAAAAGTA
GTAAATAGAAATGGATAAATAAATAGTGGGTTCCATCGTTTCTATGGTTACTTCTT
AAACGGTGAGGTCCTCTCTATACACCGGAGCTCCTTCTTTTAATTTATCAATACT

GTTGGTAACTTGTACAGTTCACACTCTTTGGCTCTACCCCCTGAATATTTTCAGTA
ATAGTTCTTTTACAATGAGATCTACTTTATACAGTAACGGTATTTTCATTTTGAAAA
TTTGTTGGGTAGCTAACCCTGTTAGTCCGTTCTTTCTTTTAAGAGTGGAATCTT
TTTTCTTTTATATAAAAAAAAAAATGGAATTTCCCCCGCTTAATGGATAACCATTG
TTATCACTGGGGGGGTTCTCAAAAATTTAGGTGATTGGATTTGCACCAATGTAAA
CCATAAGTTTCATACCCATATAGAACATATGAACGATCTATCTTTTTTAAATAGTG
AACGGAGTTCTTTTTATTTCATAGGTACTGATCATTGATACTTCAAAAAGAGTTTCT
TTTTTTGTCTCAGTCTATGATCTGAACGAGTCGCACATACACCCTAGTACATGTT
CCTCGCCGCTGAGGGCAACTAA

HL :

NDH

>Consensus

CTCTATGGGGTAAAGAAGAAGAAAAAAAAAATTAACAGAAATTTTTGTTTAGTACC
ATTATTAACAATGAATAATAACAAAAGAACTTCTTTTTTTTGCAAGAAAGCATATC
AAGTTAGTAATAATGTAAGAAATAGAACTTTTCTTACTGTTACTAATTTAGGCCTT
AATACAACAACTTTCTCGTATCCCCATGAATCAGACAATACTATTATATTTCTAT
CCTTATATTGGTTTTATTTACTTTGTTTATTGGAGCTATAGGAATTCCTTTCAATCA
GGATCAAGAAGGAATATACTTTGATATATTATCGAAATTTTTGACCCCATCTATAA
ATCTTTTGTATAAAAATTCAAATCATTTTGTGGATTGGTATGAATTTTTGAGAAAT
GCAACTTTTTTCAGTCAGTATAGCTTTTTTTTGAATATTTATAGCATACTCTTTATAT
AAGCCTTTTTTATTCATCTTTATTAAATTTAACTTACTTAATTCATTTCAAAAATGG
GGTTCTAAAAGAATTCTGTGGGAAAACTAATAAATTTAGTATATAATTGGTCATA
TAATCGTGG

RPS

>Consensus

GATGAATAACTAATTCTTTTTTTTTTTCAGTTATTCTTTTCCCCTTTACTAGTCTATTA
ATAACAAAACGAATTATTCCAATGTATAAAATAAAAATTCCAATGGCTTTTGCTAC
TCTAACCTTCCTCACCACGATTTTTTACTAGGCATTTTCCTTTCCTTTGAAAGCAG
AAATTGTATTGATACTTGATATCAAAAAAAAAATGTAATAACTACAAAAGTAGTAA
ATAGAAATGGATAAATAAATAGTGGGTTCATCGTTTCTATGGTTACTTCTTAAAC
GGTGAGGTCCTCTCTATACACCGGAGCTCCTTCTTTTAATTAATCAATACTGTTG
GTAAC TTGTACAGTTCACACTCTTTGGCTCTACCCCATGAATATTTTCAGTAATAG
TTCTTTCACAATGAGATCTACTTTATACAGTAACGGTATTTTCATTTTGAAAATTTG
TTGGGTAGCTAACCCTGTTAGTCCGTTCTTTCTTTTAAGAGTGGAATCTTTTTTC

TTTTAATAAAAAAAAAAATGGAATTTCCCCCGCTTAATGGATAACCATTTGTTATCA
CTGGGGGGGGTTCTCAAAAATTTAGGTGATTGGATTTGCACCAATGTAAACCATAA
GTTTCATACCCATATAGAACATATGAACGATCTATCTTTTTTAAATAGTGAACGGA
GTTCTTTTTTATTCATAGGTACTGATCATTGATACTTCAAAAAGAGTTTCTTTTTTTG
TCTCAGTCTATGATCTGAACGAGTCGCACATACACCCTAGTACATGTTCCCTCGC
CGCTGAGGGCATCCCCGAA

Annexe C

Tableau 1 Analyse statistique : Dosage des polyphénols des extraits éthanoliques des feuilles , Boutons floraux et fruits du caprier (Hammem Melouane).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	2	1170.7	585.3	14926	8.12e-12 ***
Residuals	6		0.2	0.0	

Tableau 2 Analyse statistique du dosage des polyphénols des extraits éthanoliques des feuilles, Boutons floraux et fruits du caprier. (El-Hamdania).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region ***	2	1434.6	717.3	791.7	5.38e-08
Residuals	6	5.4	0.9		

Tableau 3 Analyse statistique du dosage des flavonoides des extraits éthanoliques des feuilles, boutons floraux et fruits du caprier (Hammem Melouane).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	2	22145	11072	17908	4.7e-12 ***
Residuals	6		4	1	

Tableau 4 Analyse statistique du dosage des flovonoides des extraits éthanoliques des feuilles, boutons floraux et fruits du caprier (El-Hamdania).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	2	13290	6645	41304	3.83e-13 ***
Residuals	6		1	0	

Tableau 5 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa*+antibiotique

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Extrait	3	250.92	83.64	501.8	1.92e-09***
Residuals	8	1.33	0.17		

Tableau 6 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Candida albicans* +antifongique.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Extrait	3	148.25	49.42	59.3	8.29e-06 ***
Residuals	8	6.67	0.83		

Tableau 7 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Escherichia coli*+antibiotique

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	3	167.62	55.87	161.7	1.69e-07 ***
Residuals	8	2.76	0.35		

Tableau 8 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Staphylococcus aureus* +antibiotique

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	3	294.00	98.00	294	1.6e-08 ***
Residuals	8	2.67	0.33		

4. Analyses statistique de l'activité antimicrobienne du caprier d'El-Hamdania

Tableau 9 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Pseudomonas aeruginosa*+antibiotique.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Extrait	3	287.00	95.67	287	1.76e-08***
Residuals	8	2.67	0.33		

Tableau 10 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Escherichia coli*+antibiotique

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	3	348.7	116.2	232.4	4.05e-08***
Residuals	8		4.0	0.5	

Tableau 11 Analyse statistique des extraits éthanoliques des organes du caprier (feuilles, boutons floraux et fruits) vis-à-vis *Staphylococcus aureus* +antibiotique

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
A\$Region	3	348.7	116.2	232.4	4.05e-08 ***
Residuals	8	4.0	0.5		