

Introduction

Les maladies infectieuses (MI) sont à ce jour responsables de 43 % des décès dans les pays les plus démunis, même si elles ont cédé du terrain dans les sociétés développées (1 % des décès) grâce à l'hygiène et à l'assainissement urbain, aux anti-infectieux et aux vaccinations (HCSP, 2011).

En Algérie, comme dans les autres pays en développement, les maladies infectieuses demeurent à ce jour un problème de santé publique à cause de leur fréquence et de leur gravité (CHUT, 2011). La situation est davantage plus préoccupante à cause de l'apparition de nouvelles souches et l'émergence des infections non communes qui résistent aux traitements usuels (Vanden et Vlietinck, 1991).

Face à ces nombreux obstacles que présente l'utilisation des antibactériens disponibles, il est indispensable de rechercher de nouvelles substances antibactériennes efficaces et à large spectre d'action.

Une des stratégies de cette recherche consiste à explorer les plantes utilisées en médecine traditionnelle. L'utilisation des plantes pour se soigner date depuis longtemps. Tous les peuples sur tous les continents s'automédiquent, le plus souvent à base de plantes.

En effet, l'OMS (2002) estime que, pour se soigner, 80 % de la population africaine a toujours recourt à la médecine traditionnelle pour laquelle la majeure partie des thérapies implique l'exploitation des principes actifs des plantes médicinales. Ces espèces végétales d'aussi grande importance pour la santé des populations méritent d'être étudiées scientifiquement pour une meilleure utilisation.

D'autant plus que la flore Algérienne demeure très peu exploitée scientifiquement surtout dans le domaine de la lutte contre les maladies infectieuses (Kirby, 1996).

Notre objectif est de rechercher davantage les plantes possédant des propriétés antibactériennes ainsi que de rationaliser l'utilisation des plantes médicinales.

Le présent travail porte sur quatre plantes utilisées efficacement dans différents traitements traditionnels de diverses maladies en Algérie et ailleurs. Il s'agit d'évaluer *in vitro* l'activité antibactérienne des extraits hydro alcooliques de ces plantes vis-à-vis de certains germes impliqués dans les maladies infectieuses.

I. La phytothérapie

La phytothérapie est une discipline qui propose des remèdes bien acceptés par l'organisme à base des plantes médicinales (Paul, 2001). Ces dernières ont été employées pendant des siècles comme des remèdes pour traiter les maladies humaines grâce à leur richesse par des composés de valeur thérapeutique qui sont les métabolites secondaires. L'homme a découvert les vertus bénéfiques des plantes par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux, l'observation liée à l'information et la transmission de l'expérience. Ces pratiques ont fait que certains hommes deviennent capable de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne le malade (Fouché *et al.*, 2000).

Les grands médecins grecs utilisaient les plantes comme narcotiques, laxatifs ou émétique (Pedneault K *et al.*, 2001). Les arabes avaient aussi leurs spécialistes en médecine et en pharmacie : Abu Bakr al-Razi (865-925), fut le précurseur de la psychothérapie. Il fut suivi par Ibn Sina ou Avicenne (980-1037) qui écrivit le « canon de la médecine ». Ce livre contenait une liste de 1400 préparations et plantes médicinales (Fouché *et al.*, 2000).

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi synthèse (Bahorun, 1997).

Il y a eu donc un réveil vers un intérêt progressif dans l'utilisation des plantes médicinales dans les pays développés comme dans les pays en développement, parce que une bonne prescription guéri sans effet secondaire défavorable. Ainsi, une recherche de nouvelles drogues est un choix normal (Scientific Correspondence, 2003).

Aujourd'hui, les traitements à base des plantes concurrence largement le traitement par les médicaments, en raison de la décroissance de l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle aux infections graves), les effets secondaires négatifs infligés par les drogues modernes et coût élevé des médicaments conventionnelle (Schnaubelt, 1998). Les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leur résistent de plus en plus. C'est pourquoi on utilise à nouveau l'absinthe chinoise (*Artemisia annua*) et surtout son principe actif pour soigner la malaria lorsque les protozoaires responsables de la maladie résistent aux médicaments (Nostro *et al.*, 2000).

II. Les métabolites secondaires

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet à côté des métabolites primaires classiques, il existe d'autres composés qui ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse, mais résultent des réactions chimiques ultérieures. On les appelle : métabolites secondaires (Macheix *et al.*, 2005).

Ces composés diffèrent en fonction des espèces et sont distribués différemment selon leurs rôles défensifs. Leur utilisation par l'homme dans de nombreuses préparations thérapeutiques est très largement répandue (Muanda, 2010).

Les métabolites secondaires peuvent être classés en plusieurs grands groupes [(Cundet, 1999) ; (Vermerris, 2006)].

II.1. Les alcaloïdes (annexe, figure 05)

Les alcaloïdes sont des composés azotés, basiques qui sont assez peu solubles dans l'eau. (Milcen et Chau, 2003). Les plantes les plus connues, dont sont issus les alcaloïdes les plus utilisés, sont la belladone (atropine) et le pavot (morphine) (Krief, 2003).

Les alcaloïdes sont des composés biologiquement actifs. On retrouve en effet des molécules comme la quinine, des dérivés qui agissent au niveau du système nerveux central et autonome qui sont soit des déprimeurs (cocaïne, morphine), stimulants (caféine), anticholinergique (atropine, hyoscyamine) (Mekkiou, 2005).

Les alcaloïdes sont recherchés pour leurs effets physiologiques variés. Ce sont des substances qui possèdent différentes activités : anticancéreuse (Charpentier *et al.*, 2008), anesthésique locaux, antimicrobienne (Waller et Nowacki, 1978)

II.2. Les terpénoïdes (Isoprénoïdes)

Les isoprénoïdes sont des composés issus de la condensation de l'isopentenyl diphosphate, une molécule à C5 de type isoprène (annexe, figure 06).

De façon analogue à la famille des composés phénoliques, les isoprénoïdes regroupent à la fois des molécules de faible poids moléculaire, volatiles et composants principaux d'huiles essentielles (Hernandez-Ochoa, 2005).

Selon le nombre de ces unités, ils ont subdivisés en : monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterterpènes (C25), triterpènes (C30) et tétraterpènes (C40) [(Krief, 2003) ; (Baranska *et al.*, 2005)] (annexe : figure 07).

Les terpénoïdes jouent un rôle écologique important agissant en tant que messages externes ou internes, ils agissent comme agents allélopathiques, répulsifs ou attractifs dans les interactions plantes-plantes ou plantes-pathogènes (Johanna *et al.*, 2002).

Ces substances possèdent aussi des propriétés pharmaco-dynamiques très variées, en relation avec les différentes fonctions liées au squelette terpénique. Exemples : Azulène (anti-inflammatoire) (Culioli *et al.*, 1999), géraniol (antiseptique) [(Murakami, 2004) ; (Hyun, 2007)].

II.3. Les composés phénoliques- Composés aromatiques

Les composés phénoliques constituent un groupe de substances largement distribuées dans le règne végétal renferment plus de 8000 structures phénolique. Ce sont des molécules aromatiques portant un groupement hydroxyle directement liées à un carbone du cycle aromatique (Lugasi *et al.*, 2003).

Ils résultent de deux voies synthétiques principales : la voie shikimate et acétate, ce qui permet de les grouper en plusieurs classes : phénols, acides-phénoliques, flavonoïdes, anthocyanes, tanins, quinones, coumarines (annexe : figures 08, 11, 13, 09, 10, 12) [(Altmann, 1974) ; (Achenbach *et al.*, 1992) ; (Arimboor *et al.*, 2008)].

Ces composés assurent dans les plantes différentes fonctions telles que la défense contre les pathogènes, attraction des pollinisateurs (Smyth *et al.*, 2009).

Les composés phénoliques sont une famille intéressante d'un point de vue économique et thérapeutique. Ils sont exploités en phytothérapie et dans des spécialités pour des propriétés vasculoprotectrices (flavonoïdes, anthocyanes, tanins) (Shon *et al.*, 2004), antispasmodiques (phloroglucinols) et antioxydants (Macheix *et al.*, 2005).

II.4. Les hétérosides (annexe, figure 14)

C'est une famille de composés issus de la condensation d'un ose avec un composé non-glucidique appelé la génine ou encore la fraction aglycone. L'origine biosynthétique de ces génines est très hétérogène (composés phénoliques, certains monoterpènes, triterpènes, alcaloïdes terpéniques, composés soufrés...) (Contin *et al.*, 1998).

Quatre familles importantes d'hétérosides peuvent être citées: les hétérosides cyanogènes, les glucosinolates, les saponosides et les hétérosides cardiotoniques.

III. Les plantes étudiées

III.1. *Ceratonia siliqua* L

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industriel et ornemental remarquable (Batlle et Tous, 1997).

La plante *Ceratonia siliqua*, connue communément sous le nom vernaculaire *kharoub* ou caroubier appartient à la famille des Fabacée (**photo 01**). L'intérêt de cette plante est de plus en plus grandissant non seulement en raison de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité à usage multiple, de sa valeur ornementale et paysagère, mais principalement pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe (Albanell *et al.*, 1991).

Selon Quezel et Santa (1962), sa systématique est comme suit :

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheobionta
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabale
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Ceratonia</i>
Genre espèce	<i>Ceratonia siliqua</i> L

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle à croissance lente, pouvant atteindre une quinzaine de mètres de hauteur (Quezel et Santa, 1962).

Les feuilles, de 10 à 20 cm de longueur, sont persistantes, composées (4 à 10 folioles glabres), vertes, luisantes sur la face dorsale, plus claires et mates sur la face ventrale, à folioles ovales entières, légèrement échancrées au sommet et paripennée. Les fleurs mâles, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents.

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille, spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires (Batlle et Tous, 1997).

Le fruit du caroubier se développe très lentement nécessitant 9 à 10 mois pour atteindre la maturité. Il est de grande taille, 10 à 30 cm de longueur et 2 à 3,5 cm de largeur et indéhiscence après maturité. Il est brun foncé à noir. Il est sinueux sur les bords, aplati, droit ou arqué et présente un tissu pulpeux sucré et rafraîchissant.



Photo 01- Le Caroubier (*Ceratonia siliqua*) (Cliché Benmahioul, 2009)

A) Aspect de l'arbre ; B) Feuille de caroubier ;

C) Inflorescences ; D) Gousses et Graines de caroubier.

Selon certains auteurs, le caroubier est originaire de la région Est-méditerranéenne de l'Europe (Turquie et Syrie). Actuellement, la culture de caroubier s'étend dans plusieurs pays tels que : Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Palestine, Sud de Jordanie, Egypte, Arabie, Algérie, Tunisie et Libye (Vavilov *et al.*, 1981).

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend de l'origine et parfois de la période de récolte [(Orphanos et Papaconstantinou, 1969) ; (Vardar *et al.*, 1972) ; (Calixto et Cañellas, 1982) ; (Albanell *et al.*, 1991)].

La pulpe est très utilisée soit comme aliment diététique, soit comme remplaçant du chocolat, ou encore en alimentation animale. Elle est très riche en sucre (48- 56%), en particulier, sucrose, glucose, fructose et maltose, mais pauvre en protéines (2- 6%) et en lipides (0,4- 0,6%) dont les acides saturés et insaturés sont en proportions égales (Puhan et Wieling, 1996). A partir d'extrait de gousses, cinq acides aminés, en l'occurrence, alanine, glycine, leucine, proline et valine, ont été isolés par Vardar et collaborateurs en 1972 et deux autres composés, tyrosine et phénylamine, ont été isolés par Charalambous et Paconstantinou (1966). En plus, la pulpe présente également une teneur très élevée en fibres (27- 50%) et une quantité non négligeable en tanins (18- 20%) [(Saura- Calixto, 1987) ; (Puhan et Wielinga, 1996)]. Par ailleurs, l'analyse minéralogique faite sur la pulpe, a révélé la présence des minéraux K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn et Zn.

La graine est composée de 30 à 33% d'enveloppe tégumentaire, de 42 à 46% de l'albumen et de 23 à 25% d'embryon (Neukom, 1988). L'enveloppe tégumentaire est considérée comme étant une source naturelle pour la production de polyphénol antioxydant [(Batista *et al.*, 1996) ; (Makris et Keflas, 2004)].

La valeur nutritionnelle de la gousse du caroubier est considérée similaire à celle de la plupart de céréales [(Coit, 1962) ; (NAS, 1979)].

L'arbre et toutes ses composantes sont utilisés pour différents usages. La farine issue de pulpe peut servir comme ingrédient de certaines préparations alimentaires [(NAS, 1979) ; (Whiteside, 1981) ; (Craig et Nguyen, 1984) ; (Vidal, 1985)]. De nombreuses études ont montré l'influence de la farine de caroube sur la performance et la santé des animaux soumis à un régime alimentaire (Lizardo *et al.*, 2002).

Par ailleurs, elle joue un rôle effectif dans la suppression des parasites intestinaux (Min et Hart, 2003) et dans le traitement de la diarrhée [(Serairi-Béji *et al.*, 2000) ; (Hamed *et al.*, 2003)]. Selon certains auteurs, les fibres solubles de la pulpe peuvent avoir un effet préventif ou curatif sur la santé humaine et animale, grâce à la réduction du risque de thrombose par biais de la diminution de pression sanguine et le niveau de cholestérol dans le sérum (Williams *et al.*, 1995).

Les graines de caroube sont bien appréciées et recherchées pour leurs qualités et multiples usages industriels. L'utilisation possible, dans l'industrie alimentaire, de polyphénol antioxydant contenu dans l'enveloppe tégumentaire (Makris et Kafalas, 2004) a soulevé d'énormes intérêts au même titre que la production industrielle de gomme de caroube (Batista *et al.*, 1996).

Les extraits des feuilles qui contiennent les tanins ont été, utilisés dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (Baytop, 1984). Ces extraits foliaires ont été également désignés comme étant porteurs des activités cytotoxiques et antimicrobiennes (Kivçak et Mart, 2002).

L'écorce du caroubier a été toujours utilisée en tannerie, particulièrement dans l'achèvement et l'émaillage des peaux (Batlle, 1997).

III.2. Salvadora persica

Salvadora persica, communément appelé miswak ou siwak, est une espèce de la famille des Salvadoraceae. C'est une espèce qui a été longtemps utilisée comme un moyen d'hygiène bucco-dentaire (Al-Sadhan et Almas, 1999) (**Photo 02**).

Selon Quezel et Santa (1962), sa systématique est comme suit :

Règne	Plantae
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	Brassicales
Famille	Salvadoraceae
Genre	Salvadora
Genre espèce	<i>Salvadora persica</i> L

Les feuilles, sont charnues, opposées, à bout pointu, d'une longueur de 10 mm de long. Les racines sont spongieuses et faciles à écraser entre les dents. Les morceaux de la racine gonflent généralement et deviennent mous lorsqu'ils sont trempés dans l'eau.

Ce type de plantes préfère les zones où les eaux souterraines sont facilement accessibles, par des berges, sur les périmètres des points d'eau, dans des sites saisonnièrement humides et le long des lignes de drainage dans les zones arides. Également trouvé dans les vallées, sur les dunes et sur

les termitières. L'arbre est capable de tolérer un environnement très sec. Il tolère le terrain salé et peut se développer dans les régions côtières et intérieures (Eid *et al.*, 1990) (**Photo 02**).

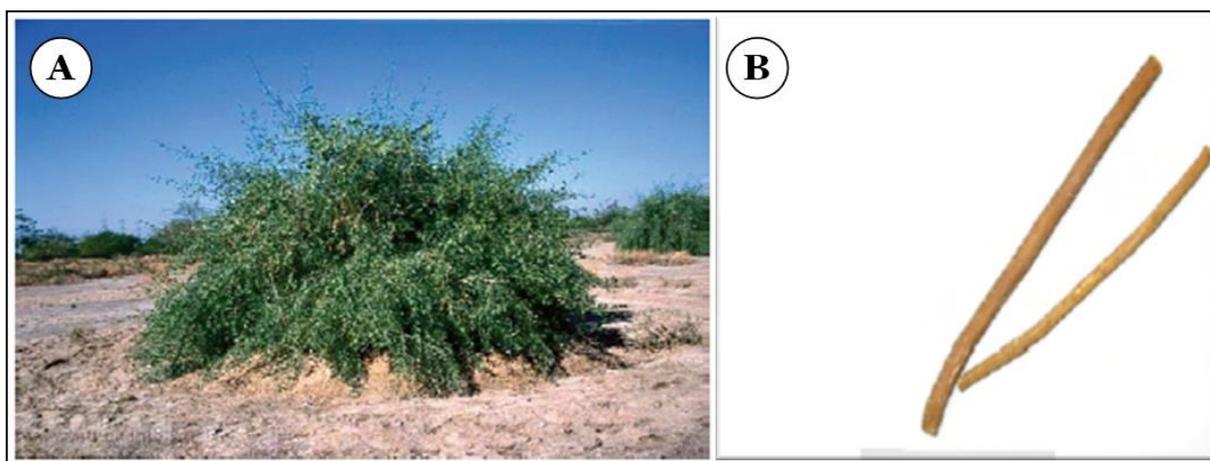


Photo 02- *Salvadora persica* (Arak)

A) Arbuste grandissant naturellement dans le desert ; B) Racines de *S. persica*.

El miswak a été utilisé pour la première fois par les Babyloniens (Wu *et al.*, 2001). Son usage s'est propagé par la suite chez les autres civilisations (Almas et Al-Lafi, 1995). Il est très répandu dans plusieurs régions du monde de l'Asie, l'Afrique, l'Amérique du Sud [(Khoory, 1983) ; (Wolinsky et Sote, 1983) ; (Cai *et al.*, 2000) ; (Darout *et al.*, 2000)].

Plusieurs études ont permis de mettre en évidence la richesse de cette plante par plusieurs composés bénéfiques pour la zone buccale entre autre les tanins, les huiles essentielles, la triméthylamine, l'alcaloïde salvadorine, la vitamine C (fortifiant des gencives) [(Farooqi et Srivastava, 1968) ; (Akhtar et Ajmal, 1981) ; (Al Lafi et Ababneh, 1995)], les sels minéraux tels que le chlorure et fluorure, de minéraux: le soufre, le phosphore, le calcium et le silicium (Char *et al.*, 1987), les saponines, les flavonoïdes et les stéroïdes (Abdel-Wahab *et al.*, 1990).

Les graines de *S. persica* contiennent 30-40% d'un jaune verdâtre, non comestible huile qui a plus de 50% d'acides laurique et myristique. Il a un point de fusion élevé et une odeur désagréable qui disparaît lors de la purification. L'aspect le plus important de l'huile est la présence d'un faible pourcentage de C8 et C10 des acides gras qui sont de grande importance économique. L'huile est une autre source de pétrole pour les industries de savon et de détergent (khoory, 1983).

L'utilisation du Siwak a été recommandée par l'OMS dans différents usages (Cai *et al.*, 2000). Les brosses à dents fabriquées à partir de racines et de petites branches d'environ 3-5 mm de diamètre ont été utilisées depuis plus de 1000 années, en particuliers par les populations

islamiques en Inde, en Arabie et en Afrique. Plusieurs agents qui se produisent dans l'écorce et le bois ont été suggérés dans la prévention des caries dentaires. Ils agissent comme des agents antimicrobiens qui inhibent la croissance bactérienne et la formation de la plaque (Bos, 1993).

Le cure-dent est également indiqué pour soulager les maux de dents et les maladies des gencives. Les racines sont également utilisées pour nettoyer les dents et réduire la formation du tartre. Les feuilles sont utilisées par décoction comme un rince-bouche, et les feuilles mastiquées pour les dents et les problèmes de gencives.

Le latex de l'écorce rayée est utilisé pour traiter les plaies. Les graines sont utilisées comme tonique, et l'huile des graines sont utilisées sur la peau contre les rhumatismes.

Enfin, dans un rapport de consensus international sur hygiène bucco-dentaire, l'OMS (1987) a encouragé l'utilisation de *Salvadora persica* (Al Salman *et al.*, 2005). L'OMS recommande aussi l'utilisation de bâtons à mâcher comme un outil d'hygiène buccale efficace dans les zones où il est coutumier.

III.3. Anastatica hierochuntica

Anastatica hierochuntica est une petite plante herbacée annuelle quelquefois bisannuelle. En Arabie saoudite, la Jordanie et l'Égypte, elle est connue sous le nom *Kaff Maryam*. Elle croît dans les déserts du Sahara-arabe et montre la propriété de s'enrouler vers l'intérieur dans les conditions sèches (James *et al.*, 2007) (**Photo 03**).

Selon Quezel et Santa (1962), sa systématique est comme suit :

Règne	Plantae
Embranchement	Angiospermes
Sous-embranchement	Rosidées
Ordre	Brassicales
Famille	Brassicaceae
Sous-famille	Euclidieae
Genre	<i>Anastatica</i>
Genre espèce	<i>A. hierochuntica</i>

Anastatica est un genre monotypique avec le type de l'espèce *Anastatica hierochuntica* L. Le genre est un membre de la famille (anciennement Crucifères) Brassicaceae, dans la division de la classe Magnoliophytae (William, 1981).

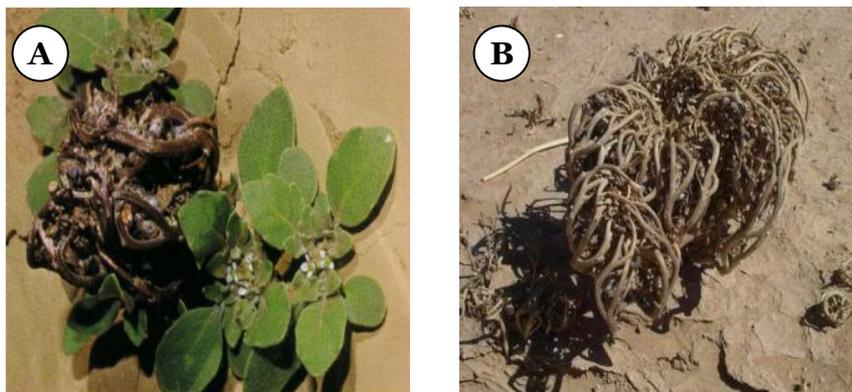


Photo 3- *Anastatica hierochuntica* (Hegazy *et al.*, 2006)

A) Plante verte ; B) Squelette seche enroulé

Origine de photo : A) Algérie – Adrar; (www.sahara-nature.com)

La plante est une petite herbe annuelle d'hiver gris qui pousse à une hauteur maximale de 15 centimètres. Elle est formée d'une rosette de rameaux courts et denses, florifères dès leur base. Sa tige rameuse, garnie de feuilles oblongues, est terminée par des épis de fleurs. L'inflorescence est en grappes courtes portant de petites fleurs blanches (Wickens, 1998).

La plante est une herbe de la résurrection, recourbée vers l'intérieur dans des conditions sèches, et se dégage alors de cet état inactif lorsque l'eau est disponible (James *et al.*, 2007).

A la maturité, les feuilles disparaissent et les rameaux sont couverts de fruits surmontés chacun de deux petites ailes, les rameaux en séchant se tournent vers le centre de la plante qui ressemblera, une fois morte, à une boule recroquevillée sur elle-même. Les rameaux sont sensibles aux variations d'état hygrométrique de l'air, en air sec la plante est recroquevillée en boule, dès qu'il pleut, elle étale ses rameaux (Baliga *et al.*, 2011).

Anastatica se trouve dans les zones arides du Moyen-Orient et le désert du Sahara, y compris les parties de l'Afrique du Nord et les régions de l'Iran, les Émirats arabes unis, l'Égypte, la Palestine, l'Irak, la Jordanie et le Pakistan, et peut survivre sans eau pendant de longues périodes (Friedman, 1980).

Les études disponibles sur les propriétés chimiques de Kaff Maryam sont limitée [(El-Ghazali *et al.*, 2010) ; (Nakashima *et al.*, 2010)]. Ces études ont permis de mettre en évidence la présence des composés phénoliques totaux.

Cette plante a la réputation, chez les sages-femmes traditionnelles, de faciliter les accouchements et d'en calmer les douleurs [(Khalifa, 1980) ; (El-Ghazali *et al.*, 2010)]. Elle est aussi utilisée, en infusion ou en poudre, contre les refroidissements.

En outre, elle est utilisée pour traiter l'asthme, les troubles gastro-intestinaux, la dépression, l'hypertension artérielle, l'indigestion, maux de tête, rhume, fièvre, le paludisme, l'épilepsie, la fatigue, le diabète, les maladies cardiaques et l'infertilité [(Batanouny, 1999) ; (Eman *et al.*, 2011)].

Il a été rapporté que l'extrait méthanolique de *A. hierochuntica* a des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes (Mohamed *et al.*, 2009) et que l'extrait aqueux avait un effet hypoglycémiant chez les rats présentant une glycémie normale et diabétique. Cet effet hypoglycémiant a été attribué à la régénération des cellules B sécrétant l'insuline (Rahmy et El-Ridi, 2002).

III.4. *Aloe vera*

L'*Aloe vera* est une des plantes médicinales les plus connues (**Photo 04**). Son usage remonte à plus de 5000 ans. Plusieurs traces de cette plante ont été retrouvées dans de nombreuses civilisations (Chinoise, Egyptienne, peuples méditerranéens, Grèce antique...) (Youngken, 1980).

Aujourd'hui sa réputation s'est élargie à cause de son utilisation en cosmétologie, pour soigner les brûlures, les coups de soleil, la cicatrisation des plaies et la lutte contre le vieillissement des cellules...etc. Les scientifiques lui ont rapporté certaines vertus médicinales très particulières dans l'assainissement de la flore intestinale, le combat de la constipation, le renforcement du système immunitaire et l'amélioration de la circulation sanguine. Son usage est donc très large, même si l'*Aloe vera* garde des atouts bien spécifiques sur la peau (Deutsches, 1996).

En latin, le mot « Vera » se traduit par « Vrai, authentique ». Elle pousse dans les régions tropicales chaudes et ne survit pas au gel (Tucker et Duke, 1989).

Par ailleurs, son nom dialectal a donné lieu à plusieurs dérivés tels *Mar w sbar* ; *Sobbara* ; *El alaci* en arabe, Aloés en français ...etc (Farnsworth et Napralert, 1995).

Plus de 250 espèces d'Aloès sont cultivées dans le monde, mais seules deux d'entre elles font l'objet d'une exploitation commerciale, les plus appréciées: *Aloe barbadensis* Miller et *Aloe arborescens* (Hänsel *et al.*, 1994).

Selon Quezel et Santa (1962), sa systématique est comme suit :

Règne	Plantae
Embranchement	Angiospermes
Sous-embranchement	Monocots
Ordre	ASparagales
Famille	Liliaceae
Sous-famille	Asphodeloideae
Genre	<i>Aloe</i>
Espèce	<i>Aloe vera .L</i>

L'aloès est une plante phanérogame (à fleurs), angiosperme, de la famille des liliacées et appartenant à l'espèce des plantes grasses ou succulentes (Akinyele et Odiyi, 2007). Elle peut atteindre à son âge adulte une hauteur de 75 cm à 1,20 m. Elle possède de 12 à 16 feuilles qui peuvent peser jusqu'à 1,5 kg.

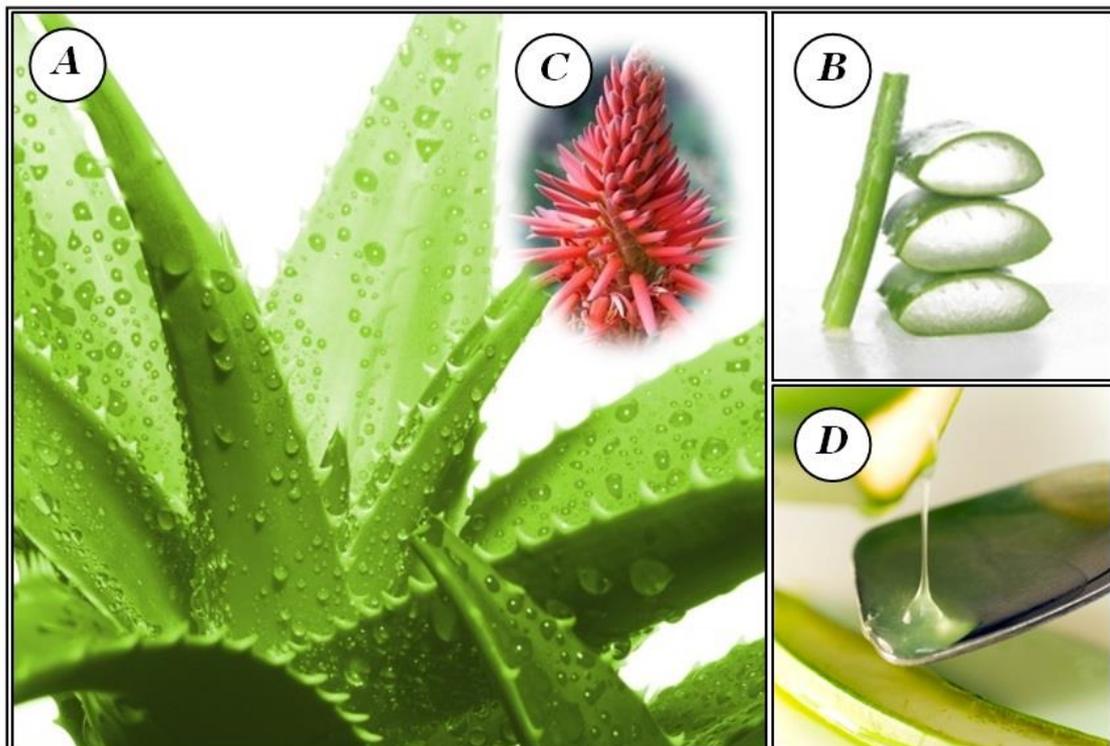


Photo 5 : L'aloès (*Aloe vera*)

A)- Aspect de l'arbre ; B)- Feuille de l'Aloe ; C)- Inflorescences ; D)- Gel de l'Aloès

Ses fleurs, sont des corolles réparties sur une ou plusieurs hampes. Ils ressemblent à des petites trompettes de couleur allant du blanc verdâtre au rouge (Yates, 2002).

Ses feuilles charnues et cassantes ornées de piquants forment une rosette spiralée autour de la tige. Ses longues feuilles élancées poussent en faisceaux de l'intérieur vers l'extérieur sur une tige courte et résistante (Hänsel *et al.*, 1994).

Le mucilage de l'aloès contient une sorte de tissu cellulaire spongieux capable de stocker l'eau filtrée par les racines et les feuilles (Gong *et al.*, 2002).

Le gel d'*Aloe vera*, tant recherché pour ses salutaires vertus, contient plus de 200 éléments dont 80 nutriments. C'est un liquide visqueux, incolore, inodore, a un goût légèrement amer, mucilagineux obtenu à partir de la cellule parenchymateuse dans les feuilles fraîches de la plante (Yates, 2002).

L'*Aloe vera* est une espèce d'Aloès originaire d'Afrique orientale et du pourtour méditerranéen. Elle pousse également sous les tropiques et dans plusieurs continents (Youngken, 1980) et par la suite introduite et naturalisée dans la plupart des régions tropicales ou subtropicales et les régions plus chaudes du monde, notamment en Asie, les Bahamas, la centrale Amérique, le Mexique, le sud des États-Unis d'Amérique, au sud-est de l'Asie, et les Antilles (Haller, 1990).

La sève incolore de la partie interne, du "cœur" de cette plante (le gel) est la partie la plus importante. Elle est composée de plus de 99% d'eau (Tucker *et al.*, 1989). Le 1% restant étant composé de plus de 200 éléments différents dont : les vitamines (Bruneton, 1995), les minéraux et oligo-éléments (le calcium, le fer, le phosphore et le potassium), les acides aminés importants dans la formation des protéines, surtout la lysine, l'arginine et la méthionine (Bradley, 1992) les enzymes (USP XXII, 1996), les stéroïdes : campesterol, lupéol et bêta-systostérol (IPC, 1953).

Toutes les grandes civilisations utilisèrent l'Aloès à des fins thérapeutiques et cosmétiques. Ses 150 principes actifs reconnus scientifiquement font de l'*Aloe vera* un complément alimentaire exceptionnel. On a en effet retrouvé des écrits et des traces de son utilisation en Egypte ancienne, en Grèce Antique, en Afrique et aussi dans les plus anciennes médecines du monde que sont la Médecine Traditionnelle Chinoise et la Médecine Ayurvédique (Inde) (Youngken, 1980).

C'est une plante qui a été utilisée pour soigner les blessures et pour traiter les douleurs des articulations et des spasmes musculaires (crampes), traiter les furoncles et les maux d'estomac,

contre la chute des cheveux et en tant que laxatif. Elle a été longtemps considérée comme la plante spécifique du traitement des brûlures et des affections de la peau (Hänsel *et al.*, 1994).

De nombreuses études sur le gel d'*Aloe vera* indiquent une efficacité dans des domaines d'application très divers tels que l'amélioration de l'activité intestinale, action anti-inflammatoire, activation du système immunitaire et accélération de la cicatrisation [(Reynolds, 1993) ; (Witte, 1993)]. De plus, avec sa répartition équilibrée de substances vitales, le gel d'Aloès constitue un complément alimentaire entièrement végétal pour de nombreux domaines d'application. Enfin, une étude récente montre que la biodisponibilité de vitamines est accrue par le gel d'Aloès.

Une étude menée sur l'interaction des polysaccharides de l'*Aloe vera* avec des stimulants tels que facteurs de croissance végétaux et phytostérols active sur les macrophages.

Le gel d'Aloès exerce, une action calmante pour la peau en inhibant la libération de médiateurs d'inflammation comme les prostaglandines (Tyler, 1994)

Enfin, les minéraux dont la plante est riche optimisent la fonction protectrice de la peau et lui rendent son équilibre (Tucker *et al.*, 1989).

La littérature spécialisée mentionne à de multiples reprises que le gel d'*Aloe vera* stimule la cicatrisation et qu'un grand nombre de substances actives de l'aloès participent alors aux processus régénérateurs complexes.

Matériels et méthodes

Ce travail est réalisé au laboratoire Antibiotiques Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique (Lapsab), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers, Université AbouBekr Belkaïd Tlemcen.

I. *Matériel Biologique*

I.1. Matériel végétal

Quatre plantes ont fait l'objet de **cette** étude. Les parties utilisées, les périodes et les régions de récolte sont résumés dans le tableau 01:

Tableau 01: Parties, périodes et régions de récolte des plantes utilisées

Plante utilisées	Parties utilisées	Période de récolte	Région de récolte
Le caroubier <i>Ceratonia siliqua</i>	grains	Avril 2013	Nédroma
l'Aloès <i>Aloe vera</i>	Feuilles	Mai 2013	El Marsa El Kbir
Siwak <i>Salvadora persica</i>	racines	Avril 2013	Timimoune Willaya d'Adrar
Jérose <i>Anastatica hierochuntica</i>	Plantes entières	Mai 2013	La Mecque

I.2. Bactéries

L'évaluation de l'activité antibactérienne des quatre plantes, a été réalisée vis-à-vis de douze bactéries (tableau 02). Ce sont des bactéries à gram positifs et négatifs connues pour être à l'origine de plusieurs maladies infectieuses telles que les maladies de la peau, respiratoire, digestive et urinaire.

Les douze souches bactériennes testées sont fournies par l'équipe de microbiologie du Laboratoire des Produits Naturels (Laprona), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen.

Les souches sont entretenues par des repiquages successifs puis conservées à 4°C sur gélose nutritive inclinée.

Tableau 02 : les bactéries utilisées dans cette étude.

Gram négatif	<i>Acinetobacter baumannii</i> ATCC 19606
	<i>Citrobacter freundii</i> ATCC 8090
	<i>Enterobacter cloacae</i> ATCC 13047
	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853
	<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 3565
	<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 13311
Gram positif	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876
	<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 49452
	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923

II. Méthodes

II.1. Etude ethno-pharmacologique

Dans un but de connaître la façon avec laquelle les plantes choisies sont utilisées dans la tradition, nous avons entrepris dans un premier temps une enquête ethno-pharmacologique de ces plantes (annexe). Cette étude est effectuée par la réalisation d'un questionnaire qui contient la photo, le nom vernaculaire, l'usage traditionnel, les parties utilisées et le mode d'extraction de la plante. Ce questionnaire est mis à la disposition des herboristes, pépiniéristes, botanistes, pharmaciens et usagers traditionnels.

II.2. Préparation des extraits

Les extraits sont préparés par macération à froid selon le protocole de Sharma (1990). 25g de la matière végétale séchées et broyées sont mise en contact avec 100 ml de solvant. Nous avons utilisé deux solvants, le méthanol à 70% et le chloroforme.

Le mélange est agité à la température ambiante à l'abri de la lumière pendant 24h. Les extraits sont ensuite filtrés par un papier filtre wattman N°3, puis évaporés à sec dans un rotavapor type HEIDOLPH. Les extraits bruts sont resolubilisés dans le DMSO et conservés à 4°C.

L'extraction de l'*Aloe vera* est réalisée par aspiration du mucilage des feuilles à l'aide d'une seringue.

Le rendement est calculé par la formule suivante:

$$\text{rendement}\% = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

m_0 : Masse en gramme de l'extrait brut évaporé ;

m_1 : Masse en gramme de la matière végétale initiale sèche.

II.3. Evaluation de l'activité antibactérienne

Les méthodes utilisées pour l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits sont inspirées à partir de celles décrites par l'Institut des Standards Cliniques et des Laboratoires [(NCCLS, 2006); (CLSI, 2009)]. Deux techniques sont utilisés, la technique de diffusion des disques sur milieu solide et la technique des dilutions (sur milieu solide).

Seuls les extraits qui ont donné une activité par la méthode des disques ont fait l'objet d'une évaluation de leur activité par la méthode de dilution pour une évaluation de la concentration minimale inhibitrice (CMI).

II.3.1. Technique de diffusion des disques sur milieu solide

L'inoculum est préparé par la mise en suspension de 4 à 5 colonies, d'une culture de 24 h, sur un bouillon nutritif. La suspension est ensuite ajustée au standard 0,5 McFarland à l'aide d'un spectrophotomètre. Le standard 0,5 McFarland, équivalent à 10^8 UFC/mL, correspond à une absorbance de 0,08 à 0,1 lue à 625 nm. L'ensemencement est réalisé par inondation sur milieu Mueller Hinton. Ensuite, des disques de 6 mm de diamètres et préalablement imprégnés par 10 μ L des extraits, sont transférés sur la boîteensemencée. Les disques témoins sont imprégnés successivement par 10 μ L d'eau distillée et 10 μ L de DMSO pur. La Gentamycine (Gent) est utilisée comme témoin positif. Les boîtes sont enfin incubées pendant 24h à 37 °C (NCCLS, 2006).

La lecture est réalisée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition. Elle est réalisée en prenant la moyenne de trois mesures différentes.

II.3.2. Méthode des dilutions

Une série de dilutions au ½ des extraits à tester est préparée dans des tubes à hémolyse stériles. Un volume de 1 mL de chaque dilution est ensuite bien mélangé avec 19 mL du milieu Mueller Hinton dans une boîte de pétrie stérile. Ces boîtes sont agitées et maintenues jusqu'à solidification de la gélose. L'ensemencement se fait par le dépôt d'un spot qui contient 10^4 UFC/mL. Les boîtes sont ensuite incubées pendant 24 h à 37 °C (CLSI, 2009).

A la différence de la méthode de diffusion des disques, la méthode des dilutions permet de tester les extraits directement mélangés avec le milieu de culture. A travers cette méthode toutes les souches bactériennes peuvent être testées en même temps et sur la même boîte. Ceci a l'avantage d'étudier le comportement des extraits vis-à-vis de toutes les souches dans des conditions identiques.

La lecture se fait à l'œil nu et la CMI est la plus faible concentration à laquelle aucune croissance visuelle n'est décelée.

Résultats et discussions

I. Résultats

I.1. Etude ethno pharmacologique :

Cette étude a été effectuée par la réalisation d'un questionnaire qui a été mis à la disposition des d'usagers de différentes professions. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 03. Nous remarquons que le fruit est la partie commune des quatres plantes. Ces derniers sont utilisées traditionnellement dans différents traitement et par différents modes d'extractions.

Tableau 03 : Etude Ethan-pharmacologique des plantes étudiées

Plantes	Usages traditionnels	Parties utilisées	Modes d'usages
<i>Aloe vera</i>	Produits de beauté Cicatrisante Hydratante	Racine, feuilles	Poudre sèche
<i>Anastatica hierochuntica</i>	Hypoglycémiant Régulateur des hormones stéroïdiennes	Racine, feuilles, graines et fruits	Infusion, macération et poudre sèche
<i>Ceratonia siliqua</i>	Problèmes gastriques Diarrhéiques Alimentation (chocolat)	Graines et fruits	Infusion, macération et poudre sèche
<i>Salvadora persica</i>	Brossage dentaire Contre les bactéries buccales Problèmes de la gencive	Racine et fruits	Infusion, macération et poudre sèche

I.2. Rendements

La préparation des extraits, à partir des différentes parties des plantes choisies, a été réalisée en utilisant deux solvants de polarités différentes. Les rendements obtenus par les différents extraits, sont représentés dans le tableau 04. Tous les extraits hydrométhanoliques ont montré les meilleurs rendements comparativement avec les résultats des extraits chloroformiques. L'*Aloe vera* a montré un rendement d'ordre de 22%.

Tableau 04: Rendement des différentes extractions des quatre plantes étudiées.

Plantes	Parties utilisées	Solvants	Concentration g/ mL	Rendement %
<i>Ceratonia siliqua</i>	Grains	Hydro méthanol	07	1,6
		Chloroforme	0,16	1,08
<i>Salvadora persica</i>	Racines	Hydro méthanol	07	10
		Chloroforme	0,06	1,12
<i>Anastatica hierochuntica</i>	Plantes entières	Hydro méthanol	07	02
		Chloroforme	0,09	1,4
<i>Aloe vera</i>	Mucilage	Extraction directe	5,5	22

I.3. Evaluation de l'activité antibactérienne

I.3.1. Méthodes de diffusion des disques

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits hydrométhanolique et chloroformique des quatre plantes étudiées est déterminée dans un premier temps par la méthode de diffusion des disques vis-à-vis des différentes souches à gram négatif à savoir : *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii* et *Proteus mirabilis*. Ces souches bactériennes représentent les espèces à gram négatif fréquemment rencontrées dans les maladies infectieuses. Les résultats des diamètres des zones d'inhibition sont représentés dans le tableau 06.

Nous remarquons que la plante la plus intéressante est *Ceratonia siliqua* qui a montré une activité antibactérienne vis-à-vis de cinq bactéries à gram négatifs. Les extraits hydrométhanolique et chloroformique de cette plante ont montré des diamètres qui sont rapprochée. Les diamètres des zones d'inhibition sont compris entre 15 et 30 mm vis-à-vis d'*Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium* et *Pseudomonas aeruginosa*. Pour cette dernière, elle s'est montré aussi la plus sensible vis-à-vis de des extraits des plantes *Salvadora persica* et *Anastatica hierochuntica*

Les plantes *Salvadora persica* et *Anastatica hierochuntica* ont montré aussi de bonnes activités vis-à-vis d'*Acinetobacter baumannii*. Les diamètres des zones d'inhibition sont compris entre 18 et 20 mm.

Enfin la plante *Aloe vera* n'a montré aucune activité intéressante vis-à-vis de toutes les bactéries à grams négatifs. Ceci peut être expliqué par la méthode inadéquate que nous avons utilisée pour préparer l'extrait.

Tableau 05 : Diamètres des zones d'inhibition des extraits des quatre plantes vis-à-vis des bactéries à gram négatifs

Bactéries	Extraits		<i>Ceratonia siliqua</i>		<i>Salvadora persica</i>		<i>Anastatica hierochuntica</i>		<i>Aloe vera</i>	Gent
	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol				
<i>Acenitobacter baumannii</i>	26	15	8	20	18	7	8	14,5		
<i>Citrobacter freundii</i>	7	9	6	10	6	6	6	26		
<i>Enterobacter cloacae</i>	10	6	7	8	6	6	10	18		
<i>Escherichia coli</i>	16	18	7	6	7	8	6	21,5		
<i>Klepsiella pneumoniae</i>	7	24	7	8	6	8	6	14		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	30	24	15	13	25	19	10	21,33		
<i>Proteus mirabilis</i>	6	7	6	6	6	6	7	23		
<i>Salmonella typhimurium</i>	24	22	7	6	9	8	10	25		

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits hydrométhanolique et chloroformique des quatre plantes étudiées est déterminée dans un deuxième temps vis-à-vis des différentes souches à gram positifs suivants : *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis* et *Lysteria monocytogenes*. Les résultats sont représentés dans le tableau 06.

Toutes les souches à gram positifs se sont montrées sensibles aux deux extraits de *Ceratonia siliqua*, mis à part *Staphylococcus aureus* qui s'est montré résistante à l'extrait chloroformique. Les diamètres des zones d'inhibition sont compris entre 16 et 30 mm.

La souche *Bacillus cereus*, s'est montré très sensible pour tous les extraits sauf celui de l'*Aloe vera*.

Salvadora persica a montrée des zones d'inhibitions dont le diamètre est compris entre 16 et 23 mm vis-à-vis des souches *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*.

En fin, l'*Aloe vera* et *Anastatica hierochuntica* n'ont montré aucune activité intéressante vis-à-vis de toutes les bactéries à grams positifs.

Tableau 06: Diamètres des zones d'inhibition des extraits des quatre plantes vis-à-vis des bactéries à gram positifs

Bactéries	Extraits		<i>Ceratonia siliqua</i>		<i>Salvadora persica</i>		<i>Anastatica hierochuntica</i>		<i>Aloe vera</i>	Gent
	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol				
<i>Bacillus cereus</i>	30	24	20	23	10	09	6	23		
<i>Enterococcus faecalis</i>	22	16	7	8	7	7	7	26		
<i>Listeria monocytogene</i>	23	18	8	6	6	7	6	18		
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	26	7	16	6	10	6	21,33		

I.3.2. Détermination des concentrations Minimales Inhibitrices (CMI)

Les résultats des concentrations minimales inhibitrices des extraits actifs vis-à-vis des bactéries à gram négatifs sont représentés dans le tableau 07.

Nous remarquons que les meilleurs résultats sont obtenus par l'extrait hydro méthanolique des quatre plantes.

Les CMI les plus basses obtenues par *Ceratonia siliqua* sont égales à 0,13 mg/ mL vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Enterobacter cloacae*. Les CMI vis-à-vis de *Citrobacter freundii* et *Acenitobacter baumannii* sont égales à 2 et 0,25 mg/ mL respectivement.

En plus, les CMI les plus basses obtenues par *Salvadora persica* sont égales à 0,05 mg/ mL vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*. Les CMI vis-à-vis de *Citrobacter freundii* et *Klepsiella pneumoniae* sont d'ordre de 0,35 mg/ mL. Les autres résultats en compris entre 0,35 et 43,75 mg/ mL.

La plante *Anastatica hierochuntica* montre des CMI égales à 0,07 mg/ mL vis-à-vis de *Citrobacter freundii* et *Pseudomonas aeruginosa*. Contrairement à ce qu'in s'attendait l'*Aloe vera* montre une CMI égale à 4,29 mg/ mL vis-à-vis d'*Enterobacter cloacae*.

Pour les concentrations minimales inhibitrices des extraits actifs vis-à-vis des bactéries à gram positifs, les résultats sont représentés dans le tableau 08.

Nous remarquons que la CMI la plus basse de *Ceratonia siliqua* est d'ordre 0,13 mg/ mL vis-à-vis d'*Enterococcus faecalis* pour l'extrait chloroformique et vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* pour l'extrait hydrométhanolique.

Cependant, *Salvadora persica* a montré une CMI plutôt élevée (43,75 mg/ ml) vis-à-vis de *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*, tandis que les plantes *Anastatica hierochuntica* et *Aloe vera* ne montrent aucune CMI vis-à-vis de toutes les souches.

Tableau 07 : Concentrations minimales inhibitrices des extraits des quatre plantes vis-à-vis des bactéries à gram négatifs (mg/ mL)

Bactéries	Extraits		<i>Ceratonia siliqua</i>		<i>Salvadora persica</i>		<i>Anastatica hierochuntica</i>		<i>Aloe vera</i>	Gent
	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol		
<i>Acenitobacter baumanii</i>	0,25	–	–	43,75	11,25	–	–	–	8	
<i>Citrobacter freundii</i>	2	21,87	0,75	0,35	0,07	5,47	–	0,5		
<i>Enterobacter cloacae</i>	0,13	–	1,5	–	–	–	4,29	0,5		
<i>Escherichia coli</i>	0,13	5,46	–	43,75	–	–	–	0,5		
<i>Klepsiella pneumoniae</i>	–	–	0,05	0,35	–	–	34,38	8		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,13	175	0,05	5,47	0,07	87,5	34,38	0,5		
<i>Proteus mirabilis</i>	–	–	–	–	–	–	–	0,5		
<i>Salmonella typhimurium</i>	–	–	–	–	–	87,5	137,5	0,25		

Tableau 08 : Concentrations minimales inhibitrices des extraits des quatre plantes vis-à-vis des bactéries à gram positifs

Bactéries	Extraits		<i>Ceratonia siliqua</i>		<i>Salvadora persica</i>		<i>Anastatica hierochuntica</i>		<i>Aloe vera</i>	Gent
	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol	Chloroforme	Hydro méthanol				
<i>Bacillus cereus</i>	1	0,7	43,75	43,75	-	-	-	-	0,5	
<i>Enterococcus faecalis</i>	0,13	5,46	-	-	-	-	-	-	16	
<i>Listeria monocytogene</i>	5	87,5	-	-	-	-	-	-	8	
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	0,13	-	43,75	-	-	-	-	0,5	

II. Discussion

Au cours de cette étude, les extraits ont été préparés par une extraction solide –liquide, en utilisant deux solvants de polarités différentes. Il y'a eu une grande influence de la polarité des solvants sur les rendements. Ces derniers augmentent avec la polarité du solvant, ce qui a été prouvé par plusieurs travaux antérieurs, menés sur d'autres plantes [(Moure *et al.*, 2000) ; (Vazquez *et al.*, 2008)]. Ces travaux montrent que l'évaluation de l'activité antibactérienne doit être entreprise dans un premier temps par des solvants polaires.

L'usage ainsi que les propriétés antimicrobiennes des quatre plantes pour lutter contre certaines germes pathogènes ont été rapportées par plusieurs études [(Matsuda *et al.*, 2001) ; (Boudreau et Beland, 2006) ; (Eid *et al.*, 2007)].

L'activité antibactérienne de la plante *Ceratonia siliqua* vis-à-vis de différentes souches bactériennes a été rapportée dans plusieurs études (Chanthaphon *et al.*, 2008). Les résultats obtenus à partir des travaux de Ben Hsouna *et al.*, (2011) et Yousif et Alghzawi, (2000) affirment que l'extrait méthanolique de la poudre des grains révèle une activité bactérienne vis-à-vis des souches *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii* et *Enterobacter cloacae*.

Les résultats obtenus avec *Salvadora persica* sont en accord avec l'étude d'Ozaki *et al.*, (2006) dans laquelle, la souche *Staphylococcus aureus* a montrée une zone d'inhibition égale à 15 mm pour les extraits méthanolique et aqueux alors que *Bacillus cereus* a montrée la zone d'inhibition 10 mm. Une autre étude réalisée par Biyiti *et al.*, (2004) a porté sur le criblage de l'activité antimicrobienne de 20 plantes d'Afriques de Sud. Dans ce criblage, l'extrait alcoolique des racines de *Salvadora persica* a montré un large spectre d'activité antimicrobienne vis-à-vis des souches multirésistantes: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *E. coli*. Cette activité a été considérée comme étant intéressante.

Les valeurs de CMI retrouvées ont montré un large éventail de valeurs en comparaison avec les zones d'inhibition. Ceux-ci suggèrent que la taille de la zone d'inhibition ne reflète pas la réelle efficacité antibactérienne d'un composé (Cimanga *et al.*, 2002).

Les CMI basses obtenues avec *Anastatica hierochuntica*, se justifient bien par les travaux Mohamed *et al.*, (2009), qui rapportent que l'extrait méthanolique de cette plante a une forte activité antimicrobienne.

Cependant, *Salvadora persica* a montré une CMI plutôt élevée (43,75 mg/ ml) vis-à-vis de *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*. Ces résultats ne sont pas en accord avec certains travaux où cette plante a montré une forte activité antibactérienne vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis* (Halawany, 2012).

Dans notre étude, l'*Aloe vera* et *Anastatica hierochuntica* n'ont montré aucune activité intéressante vis-à-vis de la majorité des bactéries utilisées. Ces résultats est en accord avec les travaux d'Al-Fatimi *et al.*, 2007 qui n'ont trouvés aucune activité antibactérienne vis-à-vis des souches des mêmes souches que nous avons utilisées.

D'après le tableau, on peut penser à éliminer l'implication des coumarines, alcaloïdes et les terpenoïdes dans l'activité antibactérienne. On peut donc penser, à partir de la composition de la fraction méthanolique et chloroformique, que l'activité antibactérienne est due essentiellement aux composés phénoliques qui existent dans la plante (Cowan, 1999).

Tableau . Solvants utilisés pour l'extraction des composants actifs (Cowan, 1999)

Eau	Ethanol	Méthanol	Chloroforme	Dichloro-méthanol	Ether	Acétone
Anthocyanines	Tanins	Anthocyanines	Terpénoïdes	Terpenoïdes	Alcaloïdes	flavonols
Amidon	Polyphénols	Terpénoïdes	flavonoïdes		Terpenoïdes	
Tanins	Polyécetylènes	Saponines			Coumarines	
Saponines	Flavonols	Tanins			Acides gras	
Terpénoïdes	Terpenoïdes	Xanthoxyllines				
Polypeptides	Stérols	Totarol				
lectines	Alcaloïdes	Quassinoids				
	propolis	Lactones				
		Flavones				
		Phenones				
		polyphenols				

Le travail que nous avons entamé n'est qu'une étude préliminaire dans le criblage de l'activité antibactérienne de ces plantes. La mise en évidence des principes actifs responsables de l'activité antimicrobienne nécessite d'autres démarches ayant pour objectifs la séparation, la purification et l'identification.

Ceci dit, le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est la plante la plus prometteuse dans cette étude qui peut servir comme source alternative d'agents antibactériens pour la protection des humains contre les maladies infectieuses.

conclusion

Conclusion

Le présent travail a été réalisé au laboratoire Antibiotiques Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique. Il a porté sur l'évaluation de l'activité antibactérienne de sept extraits obtenus à partir de quatre plantes.

Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à réaliser une étude ethno pharmacologique des quatre plantes afin de mieux connaître l'usage traditionnel de ces plantes dans notre région.

Nous avons procédé dans un deuxième temps à la préparation de nos extraits. Deux solvant ont été utilisés, le méthanol/ eau et le chloroforme. Les meilleurs rendements ont été obtenus par l'extrait hydro méthanolique.

Enfin, dans un troisième temps nous avons procédé à une évaluation de l'activité antibactérienne des sept extraits préparés. Deux méthodes ont été suivies pour réaliser les tests :

La technique de diffusion sur disques, nous a permis de mettre en évidence une activité antibactérienne pour les plantes *Ceratonia siliqua*, *Salvadora persica* et *Anastatica hierochuntica*.

L'étude de la concentration minimale inhibitrice (CMI) nous a permis de révéler des CMI intéressantes de *Ceratonia siliqua*.

Les résultats que nous avons obtenus ne nous ont pas permis de tirer les conclusions plus approfondies sur le principe actif des plantes.

Les résultats obtenus complètent une démarche scientifique très importante sur l'établissement d'une relation entre l'utilisation des plantes par les populations et la connaissance scientifique et plus particulièrement clinique de la plante :

Pour compléter ce travail, il serait intéressant :

- ✓ D'identifier et isoler les métabolites secondaires responsables de l'activité antibactérienne, à partir des extraits les plus actifs.
- ✓ De terminer l'extraction avec d'autres solvants à différentes polarités
- ✓ D'étudier la toxicité des extraits testés in vivo.
- ✓ D'évaluer d'autres activités de ces extraits (antioxydante,...)

