

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ BLIDA 1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES



Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Sciences de la nature et de vie

Option : Biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales et des produits naturels

Thème :

**Evaluation de l'activité insecticide des feuilles du henné *Lawsonia inermis*
(LINNE, 1753)**

Présenté par : DJOUAHIR Fatima.

Devant le jury :

Mme BELGUENDOZ.R	M.C.B	Présidente	U.BLIDA 1
Mme OUTTAR .F	M.C.B	Promotrice	U.BLIDA 1
Mr MAHDJOUBI .dj	M.A.A	Co-Promoteur	U.BLIDA 1
Mme HAMICHE.A	M.C.B	Examinatrice	U.BLIDA 1

ANNEE UNIVERSITAIRE 2016/2017

Remerciements

Remerciements

Je témoigne toute ma gratitude et mon respect à Mme OUTTAR F. ma promotrice pour son aide, sa dynamique, ces conseils précieux et sa disponibilité, mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier Mr MAHDJoubi DJ. mon Co-promoteur pour son aide et ses précieux conseils.

Mes vifs remerciements s'adressent à Mme BELGUENDOuz R. et à Mme HAMICHE A., respectivement présidente et examinatrice du jury d'avoir bien accepté de consacrer de leur temps précieux pour examiner ce travail.

J'adresse également mes sincères remerciements à Mme Haddouche F. et Mme Bissaad F.Z., respectivement biologiste au niveau du laboratoire de l'anatomie pathologique de l'hôpital de Kolea et Maître de conférences au département de biologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Boumerdes, pour leurs conseils, leur serviabilité et leur gentillesse.

Mes remerciements s'adressent aussi au personnel de l'INPV d'EL-HARRACH, pour m'avoir témoigné leur aide moralement et matériellement et pour leur sympathie et leur gentillesse.

Je remercie de tout mon cœur toutes mes amies et mes proches qui nous ont aidés pendant les périodes difficiles.

DJOUAHIR FATIMA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mon trésor éternel et la raison de notre vie, symbole du
sacrifice*

À mes parents

*A ma source de confiance et d'énergie mon frère « Abd Allah » et
ma sœur « Faiza »*

A tous mes oncles et à toute la famille

« DJOUAHIR » et « MERZAN »

A tous mes collègues et amies fidèles

Avec tous mes sentiments de reconnaissance et de gratitude

A toutes les personnes que j'aime.

Fatima

Résumés

العنوان: تقييم النشاط الحشري لأوراق الحناء *Lawsonia inermis* L

الملخص:

تهدف دراستنا الى اظهار اهمية اوراق نبات طبي وهو الحنة *lawsonia inermis* واستخدامه في مكافحة الجراد *schistocirca gregaria* في هذا البحث ركزنا الدراسة على الاختبار الفيتوكيميائي لأوراق نبات الحناء لهذا الغرض تم اختبارها على الشكل الظاهري وعلى البنية النسيجية للأنبوب الهضمي ليرقات الطور الخامس للجراد الصحراوي.

نتائج الاختبار الفيتوكيميائي غنى النبتة بالتانان ؛ فلافونويد و الالكلويد بحيث مردود التانان من مغلي الحنة كان بنسبة %23.16 بعد سلسلة من عمليات استخلاص المركبات الفينولية عن طريق استخدام عدة محاليل من بينها الماء؛ الميثانول والاثانول تبين ان الماء لديه فعالية كبرى في استخلاص هذه المركبات. اما بالنسبة لتطوير طرق مكافحة الحشرات اظهر ان لنبات تسبب في تشوهات شكلية كما اظهر تأثيرا على الانبوب الهضمي للجراد وايضا اظهر تأثيرا سمييا على الخلايا الايثالية للجراد .

كلمات المفتاح: *L. inermis, S. gregaria*، الفحص الكيميائي، نشاط المبيد الحشري

Evaluation de l'activité insecticide des feuilles du henné *Lawsonia inermis* L.

Résumé :

Notre étude vise l'évaluation des feuilles d'une plante médicinale de l'henné « *Lawsonia inermis* », en vue de son utilisation comme moyen de lutte contre le criquet pèlerin « *Schistocerca gregaria* ».

Dans ce travail, Nous nous sommes intéressés à l'étude phytochimique et l'évaluation de l'effet des extraits des feuilles de la plante sur le tube digestif des larves L5 du criquet pèlerin.

Les résultats expérimentaux du screening phytochimique réalisé sur les feuilles de la plante ont révélé la présence très importante des tanins, des alcaloïdes et des flavonoïdes seulement. En outre, Le rendement des tanins de *L. inermis* obtenues par décoction a donné une valeur moyenne de 23,16%. Par ailleurs, après une série d'extraction des composés phénoliques par différents solvants, l'extraction par l'eau a donné le meilleur rendement avec une valeur de 31,83%.

On ce qui concerne l'évaluation de l'effet insecticide sur les larves L5 de *S. gregaria*, les observations histologiques au niveau du tube digestif montrent que *L. inermis* a des effets toxiques certains sur les cellules épithéliales du mésentéron de *S gregaria*.

Mots clés : *L. inermis*, *S. gregaria*, screening chimique, activité insecticide.

The title: Evaluation of the insecticide activity of *Lawsonia inermis* leaves

Summary:

Our study aims the evaluation of the leaves from a medicinal plant; the henna, *Lawsonia inermis*, for its use in the management of *Schistocerca gregaria*.

In our work, we have been interested in the chemical screening of the plant and the assessment of the effect of the extracts from the leaves of *L. inermis* on the digestive system of the L5 larvae of *S. gregaria*.

The results of the phytochemical screening have shown us the important presence of the tannins, the alkaloids and the flavonoids. Besides, the yield of the tannins obtained from the decoction has given a value of 23,16%. Moreover, after a series of the extraction of the polyphenols with different solvents, water give the higher value of yield with 31,83%.

Finally, the evaluation of the insecticide effect on the L5 larvae of *S. gregaria*, the histological observation of the digestive system show that the plant has certain toxic effects on the epithelial cells of the mesenteron of *S. gregaria*.

Key words: *L. inermis*, *S. gregaria*, phytochemical screening, insecticide activity.

Listes des figures

<u>Figure 1</u> : Arbuste de <i>L. inermis</i>	6
<u>Figure 2</u> : Fleurs et fruits de <i>L. inermis</i>	7
<u>Figure 3</u> : Feuilles de <i>L. inermis</i>	7
<u>Figure 4</u> : Adulte grégaire de <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775).....	15
<u>Figure 5</u> : Cycle biologique de <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775)	16
<u>Figure 6</u> : Les limites des aires d'invasion et de rémission du criquet pèlerin et subdivision géographique de son aire d'habitat.....	21
<u>Figure 7</u> : Zones de reproduction du criquet pèlerin en période de rémission.....	22
<u>Figure 8</u> : Zones de reproduction printanière et déplacements du Criquet pèlerin en période d'invasion.....	22
<u>Figure 9</u> : Zones de reproduction estivale et déplacements du Criquet pèlerin en période d'invasion.....	23
<u>Figure 10</u> : <i>Lawsonia inermis</i>	30
<u>Figure 11</u> : Les pondoirs d'incubation des œufs.....	31
<u>Figure 12</u> : Cages utilisées pour l'élevage des adulte	31
<u>Figure 13</u> : Dissection du criquet pèlerin.	36
<u>Figure 14</u> : Rendement d'extraction des polyphénols.....	39
<u>Figure 15</u> : Aspect macroscopique du tube digestif de L5 de <i>S. gregaria</i> traitée par <i>L.inermis</i>	41
<u>Figure 16</u> : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif (caeca gastriques) des individus témoins de <i>S. Gregaria</i>	43
<u>Figure 17</u> : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif (caeca gastriques) des individus de <i>S. gregaria</i> traités (1ere répétition).....	44
<u>Figure 18</u> : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif (caeca gastriques) des individus de <i>S. gregaria</i> traités (2eme répétition).....	45

Liste des tableaux

Tableau 1: Composés isolés des feuilles de <i>Lawsonia inermis</i>	8
Tableau 2: Principales propriétés pharmacologiques répertoriées des feuilles de <i>L. inermis</i>	11
Tableau 3 : Durées, en jours, des principales étapes du cycle biologique du Criquet pèlerin en fonction de la phase et des conditions écologiques (Duranton et Lecoq, 1990 ; Popov, 1991).	17
Tableau 4: Principales différences phasaires chez le criquet pèlerin (Duranton et Lecoq, 1990).	18
Tableau 5: Pigmentation et coloration des individus du criquet pèlerin (Latchininsky et <i>al.</i> , 1997).	18
Tableau 6: Résultats des différentes réactions du screening phytochimique.....	38
Tableau 7 : Etat des tubes digestifs de <i>S. gregaria</i> de stade L5 en relation avec l'extraits.....	41

Sommaire

Sommaire

Dédicace	
Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	2
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	5
I. Généralités sur le henné <i>Lawsonia inermis</i> L.....	5
I.1. Origine et historique de la plante.....	5
I.2. Classification botanique.....	5
I.3. Description morphologique.....	6
I.4. Composition chimique.....	7
I.5. Domaines d'utilisation du henné.....	9
I.5.1. Dans le domaine tinctorial.....	9
I.5.2. Dans le domaine pharmacologique.....	10
I.5.3. Autres usages.....	11
II. Généralités sur le criquet pèlerin (<i>Schistocerca gregaria</i>).....	13
II.1. Identité taxonomique du criquet pèlerin.....	14
II.2. Morphologie générale.....	14
II.3. Cycle biologique.....	15
II.4. Grégarisation, Polymorphisme phasaire et mécanismes de transformation.....	17
II.5. Migration et invasion généralisée du criquet pèlerin.....	19
II.6. Distribution du criquet pèlerin en Algérie.....	20
II.7. Dégâts et importance économique.....	23
II.8. Les méthodes de lutte anti-acridienne.....	24
II.8. 1. La lutte mécanique.....	24

Sommaire

II.8. 2. La lutte écologique	24
II.8. 3. La lutte chimique	25
II.8. 4. La lutte biologique	25
Chapitre II : Matériel et Méthodes	29
I.1 Matériel biologique.....	29
I.1.1 Matériel Végétal.....	29
I.1.1.1 Préparation de l'extrait aqueux à partir de <i>Lawsonia inermis</i> L.....	29
I.1.2 Matériel animal.....	30
I.1.2.1 L'élevage du criquet.....	30
I.2. Matériel et produit utilisés.....	31
I.3. Méthodes.....	31
I.3.1. L'étude phytochimique.....	31
I.3.1.1. Extraction des composés phénoliques.....	34
I.3.1.2. Extraction des tanins de <i>Lawsonia inermis</i>	34
I.3.2. Etude de l'effet l'extrait de <i>Lawsonia inermis</i> sur la des larves L5 de <i>S.gregaria</i>	35
I.3.2.1. Dissection du tube digestif de <i>Schistocerca gregaria</i>	35
I.3.2.2. Protocole de expérimentale de l'étude histologique.....	35
Chapitre III : Résultats et discussions	
I. Le screening phytochimique.....	38
I.1. Rendement d'extraction des polyphénols.....	39
I.2. Rendement des Tanins.....	40
II. Etude histologique du tube digestif des larves L5 de <i>S. gregaria</i> traité par <i>L. inermis</i>	41
II.1. Aspect macroscopique.....	41
II.2. Aspect microscopique.....	42
II.3. Effet du traitement de <i>L. inermis</i> sur le Tube digestif de <i>S. gregaria</i>	42

Sommaire

Conclusion.....	48
Références bibliographiques.....	51
Annexe	

Introduction

Introduction

Dans plusieurs régions d'Algérie, les plantes médicinales représentent pratiquement le seul arsenal thérapeutique à disposition des guérisseurs traditionnels qui soignent dans certains cas plus de 90% de la population. L'Algérie par sa situation géographique et climatique, possède une flore particulièrement riche et diversifiée depuis longtemps exploitée par la médecine traditionnelle de ses habitants. Le nombre d'endémiques nationales est de 464 plantes (387 espèces, 53 sous espèces et 24 variétés) (Radford et al., 2011).

Plusieurs espèces végétales sont connues depuis longtemps pour leurs effets biologiques. De ce fait, les plantes médicinales et aromatiques constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur. (Ouraini et al., 2007).

Parmi ces plantes médicinales, le henné (*Lawsonia inermis*), un genre monotypique de la famille des Lythracées (Wong et Theng 1995). *Lawsonia inermis* caractérisée par ses multiples usages contre l'eczéma, les mycoses, astringent, antiseptique, antifongique, Leshmanicide, cicatrisant des plaies et des blessures (Hseini et Kahouadji, 2007 ; Serakta al., 2013). Les feuilles de la plante produisent des teintures telles que le rouge et le jaune utilisées en teinture textile et corporelle (Aweke et TapapulLekoyiet 2005). Les feuilles ont également des vertus pharmaceutiques. Depuis longtemps, des médecins les ont utilisées pour le traitement des cicatrices jaunes, de l'amibiase (Khorrami 1979). La poudre des feuilles est utilisée comme antimicrobien, antifongique, bactériostatique et antispasmodique (Khorrami, 1979).

En plus d'être utilisées dans le domaine médical, les plantes ont été longtemps utilisées par les paysans pour saveur des aliments ou pour protéger les produits récoltés (Jacobson, 1989 ; Keita et al., 2000; Isman, 2000). Les extraits de ces plantes ont été largement utilisés dans la lutte contre des ravageurs dévastateurs tels que les criquets. Leurs propriétés insecticides, larvicides et ovicides, stérilisantes, antiappétantes, répulsives ont fait l'objet de plusieurs études (Ketoh et al., 1998, Ndomo et al., 2009). Dans ce cas, plusieurs études antérieures ont été menées sur les produits (Jain et al. 2010) et sur les activités biologiques de *L. inermis*. (Zumrutdal et al., 2008).

Parmi ces ravageurs on trouve le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* qui constitue une menace pour l'agriculture au sein d'une très vaste zone s'étendant de l'Afrique du Nord à l'équateur et de l'Atlantique à l'Asie du Sud-Ouest en passant par le Proche Orient. Ce criquet des zones désertiques et semi désertiques, est un insecte très redouté en raison de l'ampleur des dégâts qu'il peut provoquer, en période d'invasion, aux productions agro-sylvo-pastorales et des perturbations socio-économiques et environnementales importantes qui peuvent en résulter (Bensalah, 2009). Dans les zones arides et semi-arides d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie, le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal, 1775) constitue une menace permanente pour la sécurité alimentaire (Lecoq, 2004) et pour l'économie (Bashir et al., 1998 ; Simpson et al., 1999). Dans sa phase grégaire, il peut provoquer jusqu'à 100% de perte des récoltes (FAO, 2007). En outre, ce criquet possède un immense.

En Algérie, beaucoup de travaux en fait l'objet d'étudier les différents moyens de lutte utilisées contre les acridiens soit les biologiques ou les chimiques. Parmi les travaux qui ont étudié les champignons, citons ceux de Hallouane (1997), Bissad (1998), Benssad (1999), Haddadj - (2001), Bissad - (2002), Kaida (2004), Hemour - (2005), Outtar (2006), Djezzar (2007), Kaidi (2007), Hallouane (2008) et Hemour (2009).

Le Henné est caractérisé par une large gamme des composés photochimiques y compris les glucides, les glucosides, les tanins, les composés phénoliques, des gommes, des mucilages, des dérivés naphtoquinones, des terpénoïdes, des stéroles, des dérivés aliphatiques, des xanthones, des coumarines, des acides gras, des acides aminés et bien d'autres constituants (Chaudhary et al. 2010 ; Makhija et al., 2011).

De ce fait, le présent travail consiste essentiellement à effectuer un criblage chimique afin de connaître les grandes familles chimiques auxquelles on peut rattacher la propriété attribuée de *Lawsonia inermis*, puis à réaliser quelques expériences de telles insecticide utilisations. Pour y parvenir, nous avons procédé à :

- L'extraction et la caractérisation chimique des extraits ;
- L'évaluation de l'activité insecticide contre les larves du stade L5 du criquet pelérim,

In vitro des extraits et fractions obtenus après les différents processus d'extractions et de partage.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

I. Généralités sur le henné *Lawsonia inermis* L.

I.1. Origine et historique de la plante

Le henné est l'un des plus anciens produits de beauté du monde. Son origine semble inconnue. Les données linguistiques accréditent la thèse d'une origine dans la région du Baloutchistan (Iran/Pakistan) jusqu'en Inde occidentale, où il pousse toujours à l'état sauvage (Aweke et Tapapul, 2005). De là, il se serait propagé vers l'Est jusqu'au reste de l'Inde et à l'Indonésie, et vers l'Ouest jusqu'au Proche-Orient où il devint l'une des plantes phares de l'islam (Scarone, 1939). Ce mot henné qui désigne « devenir reine », est une preuve que la plante a une valeur d'élégance chez les civilisations qui l'utilisent. Pendant des siècles, les feuilles de la plante de henné ont été connues comme étant des agents colorants, utilisés dans plusieurs civilisations (Botros et al., 2004). D'ailleurs, il était déjà mentionné dans l'Ancienne Egypte "kwpr" et apparaît dans les papyrus égyptiens hellénistiques (antiques) comme médicaments et comme une plante odorante, douce utilisée dans un contexte funéraire (Fletcher, 2002 ; Smith, 2009). Son usage aurait atteint le Sahara du Sud-Est et l'Afrique tropicale (Kawar et Tchad) par le canal de l'Égypte pharaonique bien avant l'arrivée des Arabes. Plus tard, il suivit les armées et les marchands islamiques depuis l'Arabie jusqu'à l'Espagne andalouse, l'Afrique du Nord, puis s'est répandu dans toute l'Afrique islamisée. Ainsi s'expliquerait l'aire d'emploi de la racine arabe "hinna" du mot henné et les vertus qu'on lui accorde en pays musulmans (Gast, 2000).

I.2. Classification botanique

Le genre *Lawsonia* comporte une seule espèce ; *L. inermis* L., appartenant à la famille des Lythracées connue pour sa possession d'un potentiel colorant important. L'espèce *L. inermis* ayant plusieurs synonymes : *L. alba* Lam ; *L. falcata* Lour ; *L. speciosa* L. ; *L. spinosa* L. ; *Ligusturum egypticum* L. (Dweck, 2002 ; The Plant List, 2010).

Selon Roques (1960) et Joy (2001), *L. inermis* est classée comme suit:

Règne : Plantae

Embranchement : Phanerogames

S/embranchement : Angiospermes

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : *Lythraceae*

Genre : *Lawsonia*

Espèce : *inermis* L.

I.3.Description morphologique

Lawsonia inermis est un arbuste ou petit arbre fortement ramifié, glabre, atteignant 6 m de haut, à écorce marron-grise (Figure 1) (**Fagbohoun, 2014**).

Ses feuilles opposées décussées, simples et entières brièvement pétiolées, de 2-4cm de longueur, sont presque sessiles à stipules minuscules ; limbe elliptique à oblong ou largement lancéolé, possède un sommet aigu, mucroné, à bord révoleté à la face inférieure (Figure 2) (**Fagbohoun, 2014**).

Inflorescence : panicule terminale de grande taille, pyramidale, atteignant 25 cm de long, à nombreuses fleurs bisexuées régulières et odorantes (Figure 3). Ses longues grappes dégagent une odeur extrêmement puissante et extrêmement diffusible (**Aweke et Tapapul, 2005 ; Chauhan et Pillai, 2007**).

Son fruit est une capsule globuleuse de 4-8 mm de diamètre, violet-vert, indéhiscente ou s'ouvrant irrégulièrement, contenant de nombreuses graines longues de 2-3mm, à tégument épais (Figure 3) (**Aweke et Tapapul, 2005 ; Chauhan et Pillai, 2007**).



Figure 1 : Arbuste de *L. inermis* (Mansour-Djaalab, 2014)



Figure 2 : Feuilles de *L. inermis* (Mansour-Djaalab, 2014)



Figure 3: Fleurs et fruits de *L. inermis* (Mansour-Djaalab, 2014)

I.4. Composition chimique

Beaucoup de travaux ont été réalisés sur la composition chimique de *L. inermis* ainsi que ses activités pharmacologiques. Les composés chimiques isolés sont des dérivés naphtoquinoniques, des composés phénoliques, des terpénoïdes, des stérols, des dérivés aliphatiques, des xanthones, une coumarine, des acides gras, et des acides aminés (Makhija *et al.*, 2011).

➤ Les feuilles

Les analyses phytochimiques des feuilles de *L.inermis* ont mis en évidence en plus de la Lawsonsie la présence d'autres constituants chimiques, les composés isolés des feuilles sont répertoriés dans le tableau 1.

➤ **Les tiges**

Les tiges de la plante renferment différentes substances complexes. Il a été rapporté que l'écorce de la plante contient des dérivés naphthoquinoniques tels que : la 2-méthyl- 8-hydroxy- 1,4-naphthoquinone (**Gupta et al., 1993**). En plus, deux triterpènes pentacycliques ont été isolés à partir de l'écorce et identifiés comme étant le 3 β, 30-dihydroxylup-20(29) - ène (hennadiol) et le (20S) 3 β, 30-dihydroxylupane (**Chakraborty et al., 1977**).

➤ **Les fleurs**

La fleur du henné s'est avérée contenir certains métabolites secondaires tels que le (Z)-2-hexenol, linalol et la β-ionone et ses dérivés (**Wong et Teng, 1995 ; Oyedeji et al., 2005**). Les fleurs donnent une huile essentielle. Les graines contiennent 5.6 % d'une huile fixe renfermant 10.5 % de cire et d'insaponifiable, 37.7 % d'acides solides avec une matière colorante. Les acides de cette huile sont les acides béhénique (1.69 %), arachidique (9.6 %), stéarique (15.78 %), palmitique (9.07 %), oléique (34.66 %), et linoléique (29.31 %). La distillation des graines à la vapeur d'eau conduit à l'obtention de 0.01 à 0.02 % d'huile essentielle brune formées à 90 % d'ionone (**Paris et Moyse, 1965**). Des caumarines et des xanthonnes sont aussi présents (**Bruneton, 1993**).

Tableau 1: Composés isolés des feuilles de *Lawsonia inermis*

Composés	Références
Dérivés naphthoquinoniques	Dixit et al. (1980)
<i>Lawsonone (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone)</i>	Afzal et al. (1984)
<i>1,3-dihydroxynaphthalène; 1,4-naphthoquinone; 1,2-dihydroxy-4-glucosylnaphthalène 2-méthoxy-3-méthyl-1,4-naphthoquinone</i>	
Composés phénoliques	Takeda et Fatope (1988)
<i>Lawsoniaside(1,3,4-trihydroxynaphthalène-1,4-di-β-D-glucopyranoside)</i>	Cuong et al.(2010)
<i>Lalioside(2,3,4,6-tétrahydroxyacetoxy-2-β-D-glucopyranoside)</i>	
<i>Lawsoniaside B (3-(4-O-α-D-glucopyranosyl-3,5-dimethoxy) phenyl-2Epropénol)</i>	
Stérols	Gupta et al. (1992)
<i>Lawsaritol (24β-ethycholest-4-en-3β-ol)</i>	

Stigmastérol et β -sitostérol

Flavonoïdes

Apigénine-7-O-glucoside (cosmosiin), apigénine-4'-O-glucoside, lutéoline-7-O-glucoside, lutéoline-3-O-glucoside, apigénine, lutéoline,

Pratibha et Korwar
(1999)

Huiles Essentielles

(Z)-2-hexénol; linalol; α -ionone, β -ionone, α -terpinéol, terpinolène, δ -3-carène et γ -terpinéol

Wong et Teng (1995)
Reichling et al.(1999)

Xanthones, Coumarine et autres constituants

Laxanthone I (1,3-dihydroxy-6,7-diméthoxy-xanthone)

Laxanthone II (1-hydroxy-3,6-diacétoxy-7-méthoxyxanthone)

Muhammad et
Muhammad (2005)
Chaudhary et al., 2010

Laxanthone III (1-hydroxy-6-acétoxyxanthone)

Lacoumarine (5-allyoxy-7-acétoxicoumarine)

Scopolétine; esculétine, fraxétine

Acide hennotannique ; acide gallique, acide para coumarique

Trace de métal: Cu, Ni, Mo, V, Mn, Sr, Ba, Fe et Al.

Minéral: Na₂O; CaO et K₂O

➤ **Les racines**

Des études phytochimiques basées sur des analyses spectrales et des réactions chimiques effectuées sur les racines de la plante *L. inermis* ont permis de mettre en évidence un stérol. Ce dernier, nommé lawsaritol, fut isolé à partir de l'extrait alcoolique. Sa structure est 24 β -éthylcholest-4-en-3 β -ol (Gupta et al., 1992).

I.5. Domaines d'utilisation du henné

I.5.1. Dans le domaine tinctorial

Le mot henné désigne également le colorant tiré de *Lawsonia inermis* et dont l'usage est très ancien, à travers les différents rituels auxquels il participe (Steer et Goudet, 2004). En effet, le tatouage au henné est utilisé depuis des siècles dans diverses cultures : juive,

chrétienne, musulmane, indou et bouddhiste à des fins rituelles, sociales ou esthétiques lors des événements tels que les mariages (**Kluger et al., 2008**).

Les propriétés colorantes du henné ont été utilisées dès les premiers temps de l'islam, il fut recommandé par le prophète Mohamed (paix et prière sur lui) qui l'utilisait pour colorer sa barbe (**Forestier, 1981 ; 2007**).

Il est actuellement en vogue dans les pays occidentaux pour des raisons multiples comme son utilisation facile, son caractère indolore, sa durée éphémère et le faible risque de transmission virale (**Lamchahab et al., 2011**). De nos jours il est utilisé partout dans le monde et il est même utilisé même dans l'industrie cosmétique comme ingrédient dans beaucoup de colorants capillaires et de produits de préconisés pour les cheveux fins et dévitalisés (**Sauriasari et al., 2007**) et certains produits de shampoings (**Ernst, 2000**).

I.5.2. Dans le domaine pharmacologique

Dans la tradition, on dit que le henné est un signe de bonne chance ; une tache de henné dans la main droite permet de se protéger contre le mauvais sort (**Steer et Goudet, 2004**). En plus de ses vertus tinctoriales (antipelliculaire, anti-séborrhéique, cicatrisante...), le henné est aussi reconnu pour beaucoup d'autres qualités pharmacologiques dont notamment celles testées au niveau des feuilles et énumérées dans le tableau 2.

Selon certaines citations du prophète Mohamed (paix et prière sur lui), des préparations à base de henné étaient recommandées pour divers maux (migraine, ulcère). A partir du 14^{ème} siècle, l'imam Ibn elkaim Eljawzia recommandait le henné sous forme de cataplasme pour cicatriser les blessures et pour calmer les douleurs (**Al-Jawziyya, 1998 in Rahmoun, 2009**).

Ainsi, plusieurs chercheurs ont démontré que l'extrait éthanolique de la plante entière de *L.inermis* présentait une activité antibactérienne (**Bakkalil et al., 1997 in Rahmoun, 2009**) et antifongique (**Ahmed et al., 2000 in Rahmoun, 2009**).

Certains tests biologiques ont permis d'évaluer différentes activités biologiques telles que l'activité antihelminthique (l'ascaride lombricoïde), antiprotozoaire (contre la maladie de sommeil), antispasmodique (**Bakkalil et al., 1997 in Rahmoun, 2009**) et même des propriétés antituberculeuses (**Sharma, 1990**). D'autres tests révèlent que l'extrait de la plante *L.inermis* sert par voie externe comme antiparasitaire, antiseptique, antimycotique, contre la gale et comme traitement de l'abcès (**Yogisha et al., 2002**). Par contre, l'utilisation interne

de l'extrait de la plante sert contre la dysenterie amibienne, les ulcères gastro-intestinaux et comme anti-diarrhéique (Wichtl, 1999).

Tableau 2: Principales propriétés pharmacologiques répertoriées des feuilles de *L. inermis*

Forme d'utilisation	Activités	Références
Décoctée des feuilles et tiges feuillées	Contre les dysménorrhées	Akoègninou <i>et al.</i> , (2006)
Extrait éthanolique des feuilles, Extrait aqueux des feuilles	Antioxydante	Ben Hsouna <i>et al.</i> , ; (2011) Hosein et Zinab, (2007)
Extrait chloroformique des feuilles, Extraits aqueux et alcooliques des feuilles	Anti cancérigène	Endrini <i>et al.</i> ,(2002)
Infusion des feuilles avec <i>Senna alata</i>	Antipaludique	Oladele et Adewunmi (2008)
Extraits bruts de feuilles fraîches ou séchées	Antimicrobienne	Babu et Subhasree (2009) El-Hag <i>et al.</i> , (2007)
Extraits aqueux et méthanoliques des feuilles	Antibactérienne	Ghosh <i>et al.</i> , (2008)
Extraits éthanoliques bruts des feuilles	Anti-inflammatoire, analgésique, antipyrétique	Ali <i>et al.</i> , (1995) Gupta <i>et al.</i> ,(1986)
Extraits de feuilles	Antitrypanosomienne	Atawodi <i>et al.</i> , (2002)
Extrait hydro-éthanolique des feuilles	Hépatoprotectrice	Sanni <i>et al.</i> ,(2010)

I.5.3. Autres usages

En artisanat, *L. inermis* était utilisée pour l'apprêt des peaux fines destinées à la maroquinerie de luxe et pour la teinture de la laine et de la soie, après addition d'alun, de tartre et de sulfate de fer (Badri et Burkinshaw, 1993 *in* Rahmoun, 2009). D'autres applications apparaissent dans certaines régions de l'Afrique du Nord et du sud-ouest d'Asie où le henné est largement cultivé comme plante ornementale de haie et colorante (Siddiqui et Kardar, 2001).

❖ **Effets secondaires**

L'usage du henné pour prévenir ou embellir peut-être à l'origine, dans certains cas, de l'apparition de certaines pathologies telles que l'anémie hémolytique due à une déficience de la glucose-6-phosphate déshydrogénase, ainsi que de nécrose tubulaire rénale chez les animaux (**Kok et al., 2004**). Cette anémie conduit dans certaines situations à une hyperbilirubinémie néonatale inexplicée (El-Shaer et al., 2007 *in* **Rahmoun, 2009**).

Par ailleurs, le henné ingéré, contient des composés cytotoxiques (**Uygun-Bayramicli et al., 2005**), mais il n'est pas réputé toxique pour les adultes en bonne santé, en usage externe et sur une peau saine, cependant, il peut se montrer hémotoxique (toxique pour le sang) chez le jeune enfant (**Kok et al., 2004**). Ainsi, la projection d'une solution de henné au niveau des yeux peut provoquer une irritation de ces derniers, due à la présence de tanins astringents (**Duke, 1985**).

II. Généralités sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*)

Introduction

Il n'y a pratiquement aucun groupe d'animaux que celui des acridiens sans distinction d'espèces, qui soient les plus redoutables ennemis de l'homme depuis l'apparition de l'agriculture. Présenté dans l'ancien testament comme l'une des plus terrifiantes et catastrophique phénomènes naturels (Pasquier et Gerbinot, 1945) et considérés comme la huitième plaie de l'Égypte pharaonique depuis l'exode (Dajoz, 1983), les criquets n'ont jamais cessé d'affronter l'humanité avec leurs pullulations épisodiques (**Duranton et al., 1979**).

Le plus grand nombre de ces espèces déclarés nuisibles à l'agriculture (**Hamdi, 1989**) se trouvent localisées sur le continent africain, dont 17 espèces de Caelifères Acrididae en Afrique du Nord. En l'occurrence l'Algérie, où on retrouve beaucoup d'acridiens locustes et sautériaux dont les dégâts sont parfois dévastateurs sur les cultures (**Doumandji-Mitiche et Doumandji, 1994**). Les conditions éco-climatiques du Sahara surtout, lui confèrent un habitat permanent favorable au maintien, au développement et à la reproduction de ces espèces acridiennes (**Popov, 1991**).

Le fléau acridien apocalyptique par excellence, *Schistocerca gregaria* ou le criquet pèlerin qui constitue l'espèce la plus redoutable vivant en bordure des déserts africains se trouve pratiquement dans tout le Sahara algérien. L'essor fantastique de l'acridologie a été stimulé par les grandes périodes d'invasion généralisée des locustes, en particulier celles du criquet pèlerin, dont l'ampleur des phénomènes de grégarisation pouvait concerner des pays entiers. Ces locustes sont les insectes ravageurs les mieux connus dans le monde. Leur aire de répartition est extrêmement vaste. L'un des traits les plus remarquables, dans leurs histoires de vie, est leur aptitude à modifier leur comportement, leur physiologie, leur développement, leur morphologie et leur coloration en réponse à des changements de densité de population (**Uvarov, 1966**). Ce phénomène est connu sous le nom de polymorphisme phasaire continu dépendant de la densité (**Duranton et Lecoq, 1990**).

Le criquet pèlerin représente un véritable fléau actuel, chaque année à l'approche de l'été, l'angoisse s'installe dans les pays du Sahel africain (Mauritanie, Niger, Mali, Sénégal...) mais également le nord-africain. En 2004, les criquets pèlerins ont détruit jusqu'à 50% de la production céréalière dans certains pays. Des essaims peuvent compter des dizaines de millions d'individus et occuper plusieurs centaines de mètres carrés. Le désastre

est d'autant plus important qu'un criquet pèlerin peut avaler son propre poids de nourriture par jour ce qui représente cent tonnes de végétaux pour un essaim de cinquante millions d'individus. Leur voracité n'a pas de limite, ces invasions ont de graves conséquences sur les populations locales. Beaucoup souffrent de famine à la suite des récoltes catastrophiques.

II.1. Identité taxonomique du criquet pèlerin

Le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) fait partie de l'ordre des Orthoptères et du sous-ordre des Caelifères. Le genre *Schistocerca* appartient à la famille des *Acrididae* de la sous-famille des *Cyrtacanthacridinae* et de la tribu des *Cyrtacanthacridini* selon la classification du système classique (Uvarov, 1966 ; Dirsh, 1974).

S. gregaria présente deux sous-espèces, l'une nominative et la plus connue *S. gregaria gregaria* (Forskål, 1775) et l'autre, *S. gregaria flaviventris* (Burmeister, 1838) plus modestement répartie en Afrique du Sud-Ouest, dont le nom commun "Criquet pèlerin" est traditionnellement attribué à la sous-espèce, *S. gregaria gregaria*. Ainsi, le Criquet pèlerin *S. gregaria* est considéré comme étant la seule espèce du genre *Schistocerca* habitant l'ancien monde (l'Afrique et l'Asie) (Latchininsky et al., 1997).

Donc la position taxonomique du criquet pèlerin est comme suit (Uvarov, 1966) ;

- **Ordre :** *Orthoptera*
- **Sous-ordre :** *Caelifera*
- **Superfamille :** *Acridoidea*
- **Famille :** *Acrididae*
- **Sous-famille :** *Cyrtacanthacridinae*
- **Tribu :** *Cyrtacanthacridini*
- **Genre :** *Schistocerca*
- **Espèce :** *S. gregaria*.

II.2. Morphologie générale

Le Criquet pèlerin est un acridien de grande taille. Les femelles mesurent de 70 à 90 mm de long, les mâles de 60 à 75mm. Les antennes sont filiformes. Le bord du pronotom (thorax) est anguleux. Les élytres comme les ailes sont longs, dépassant nettement l'extrémité abdominale. La coloration du Criquet pèlerin est très variable, elle dépend de l'état phasaire et de la maturation sexuelle. Les élytres sont maculés de taches brunes. Les

ailes sont hyalines, rosâtres ou jaunâtres selon la phase et l'état de maturation sexuelle de l'individu (Fig.4).



Figure 4: Adulte grégaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Outtar, 2015)

II.3.Cycle biologique

Au cours de l'année, le Criquet pèlerin peut développer 2 à 3 générations (voire 4) selon les conditions écologiques (Storozhenko, 1991) en passant par trois états successifs, l'œuf, la larve et l'imago. Contrairement à d'autres espèces acridiennes, *S. gregaria* ne présente pas d'arrêt obligatoire de développement, même si sous certaines conditions écologiquement défavorables il soit possible d'observer un ralentissement du développement, forme de quiescence à l'état imaginal (Latchininsky et al., 1997).

Les larves de Criquet pèlerin passent, de l'éclosion à l'état imaginal, par plusieurs stades. Leur nombre est variable en fonction de la phase : 5 stades chez les grégaires et 6 stades, le plus fréquemment, chez les solitaires (Fig.5). Le stade supplémentaire se situe entre le troisième et le quatrième stade. La durée du développement larvaire varie essentiellement en fonction de la température de l'air. Par ailleurs, dans des conditions écologiques identiques, les grégaires se développent plus rapidement que les solitaires (Duranton et Lecoq, 1990).

Popov (1991), Duranton et Lecoq (1990) ont résumé les vitesses du développement des différents stades du cycle biologique du criquet pèlerin selon les conditions écologiques, pour les solitaires et pour les grégaires observées sur le terrain pour l'ensemble d'une population (Tableau 3).

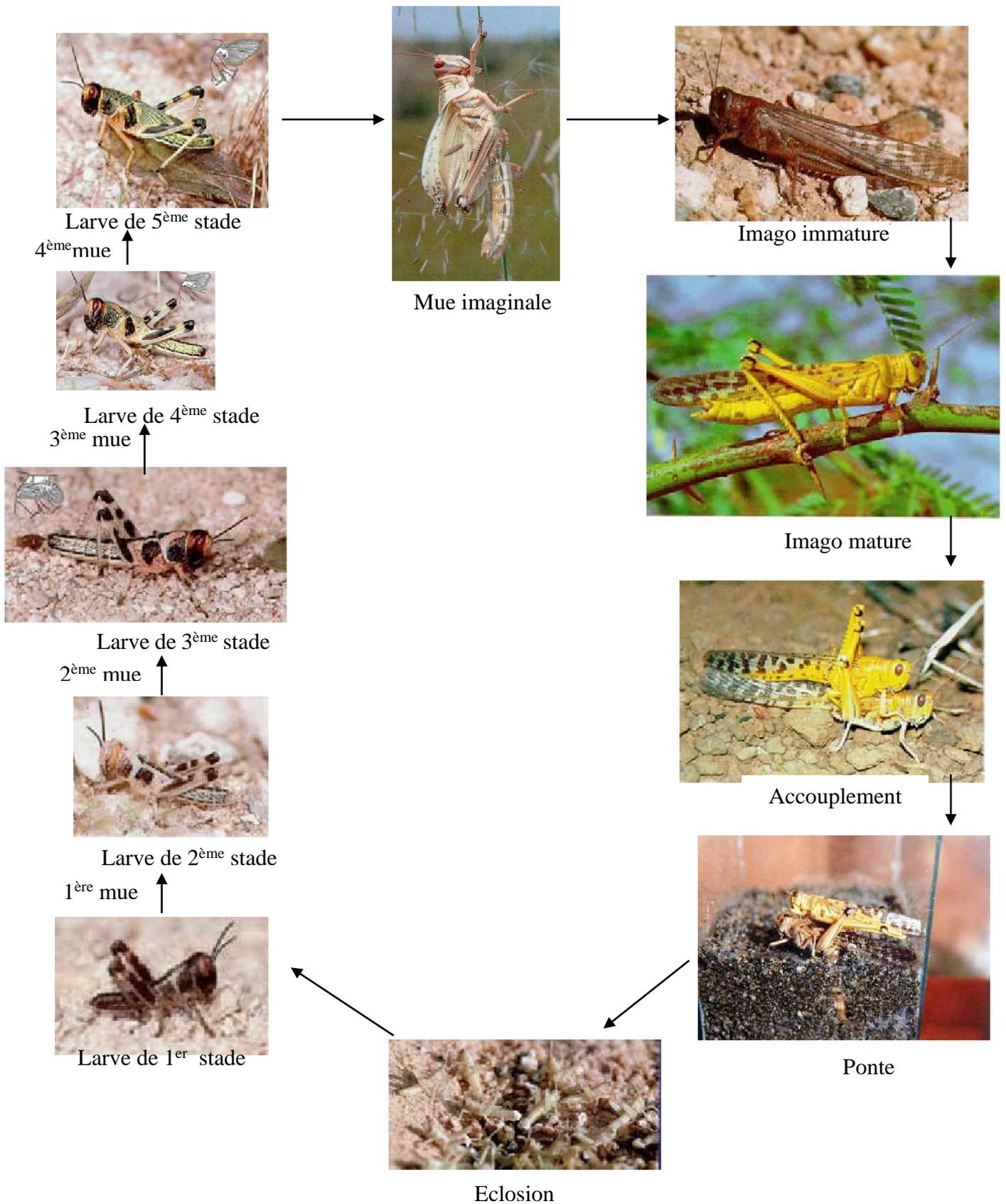


Fig. 5 : Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)
(Selon DURANTON et LECOQ, 1990 ; DE GREGORIO, 1996 ; SYMMONS et
CRESSMAN, 2001 modifié par OUTTAR, 2006)

Tableau 3 : Durées, en jours, des principales étapes du cycle biologique du Criquet pèlerin en fonction de la phase et des conditions écologiques (**Duranton et Lecoq, 1990 ; Popov, 1991**).

Etat phasaires et conditions écologiques	Œuf	Larve	Imago	Total
Solitaires				
➤ Bonnes conditions	12	30	34	58
➤ Mauvaises conditions	65	90	180	310
Grégaires				
➤ Bonnes conditions	10	25	34	50
➤ Mauvaises conditions	80	52	230	310

II.4. Grégarisation, Polymorphisme phasaire et mécanismes de transformation

Le Criquet pèlerin appartient au groupe des acridiens grégariaptés, encore appelés locustes, présentant un phénomène de polymorphisme phasaire, qui ont la particularité de se présenter sous la forme solitaire ou sous la forme grégaire selon certaines circonstances. Le passage d'une forme à l'autre se fait par un processus de transformation phasaire. Cette transformation est réversible et se fait de manière progressive (**Latchininsky et al., 1997**). Au cours de cette transition phasaire ou le passage d'une phase à l'autre, il existe d'ailleurs des formes intermédiaires dites transiens. On parlera de transiens congregans dans le cas d'une évolution de la phase solitaire vers la phase grégaire et de transiens degregans dans le cas inverse du passage de la phase grégaire vers la phase solitaire. Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire demande en général plusieurs générations successives (4 au minimum) au cours desquelles les conditions favorisant la transformation phasaire se maintiennent. Le passage de la phase grégaire à la phase solitaire est beaucoup plus rapide et s'effectue souvent en l'espace d'une ou deux générations (**Duranton et Lecoq, 1991**).

La transformation phasaire s'accompagne de modifications significatives de forme et de taille de l'insecte (**Latchininsky et al., 1997**). Ainsi, **Duranton et Lecoq (1990)** ont mentionné que le principal critère à prendre en compte pour caractériser l'état phasaire des larves et des imagos du criquet pèlerin est la pigmentation. Divers auteurs ont travaillé sur

Chapitre I : Synthèse bibliographique

les caractéristiques phasaires chez les individus du criquet pèlerin, on résume dans les tableaux 4 et 5 les principales différences phasaires qui existent.

Tableau 4: Principales différences phasaires chez le criquet pèlerin (**Duranton et Lecoq, 1990**).

Caractère	Solitaires	Grégaires
Comportement	Pas de groupes Vol de nuit	Groupes cohérents (bandes larvaires et essaims) Vol des essaims de jour
Biologie	6 stades de larve >90 œufs/ponte >3ponte/femelle	5 stades de larve <80 œufs/ponte >3ponte/femelle
Ecologie et Chorologie	Exigences écologiques strictes. Aire de reproduction et de dispersion limitée aux déserts chauds	Tolérance écologique accrue. Aire de dispersion beaucoup plus vaste.

Tableau 5: Pigmentation et coloration des individus du criquet pèlerin (**Latchininsky et al., 1997**).

	Solitaires	Transiens	Grégaires
Larves jeunes	vert uniforme	rosâtre avec une	jaune avec taches
Larves âgées	plus ou moins brun	teinte sombre	noires sur le front
Imago immature	brun pâle	Rose clair	Rose/brun rouge
Imago mature	Jaune pâle (male seulement)	Intermédiaire	Jaune citron vif
Pigmentation du corps	hétérogène	Intermédiaire	homogène
Pigmentation des élytres	Peu contrastée	Intermédiaire	Très contrastée

Le Criquet pèlerin fait partie des espèces les plus sensibles aux effets de la densité. Les caractères qui différencient les solitaires des grégaires sont extrêmement complexes et variés, ils sont autant éthologiques, physiologiques que morphologiques (**Latchininsky et al., 1997**). Le principal facteur déclenchant est la densité. Des individus grégaires ou solitaires peuvent être obtenus à partir d'une même ponte simplement en élevant les larves nouveau-nées les unes en groupe, les autres isolément. Si les mêmes conditions de densité sont imposées pendant plusieurs générations successives, on peut passer rapidement, via la phase transiens, de la phase solitaire type à la phase grégaire type ou inversement (**Duranton et Lecoq, 1991**).

Selon **Duranton et Lecoq (1990)**, trois phénomènes importants vont intervenir lors de la transformation phasaire du criquet pèlerin ;

- Le premier phénomène dans la succession d'événements qui vont permettre la transformation phasaire est, en général, le regroupement d'imagos solitaires. Donc, ce premier stade résulte des conditions d'environnement particulières qui vont imposer un rassemblement important d'imagos.
- Si les criquets solitaires rassemblés dans les circonstances exposées précédemment rencontrent des conditions éco-météorologiques favorables, ils effectuent rapidement leur maturation sexuelle et pondent. La concentration des pontes sera forte et les éclosions simultanées. Il va ainsi se former des rassemblements durables de larves organisés sous forme de bandes larvaires qui vont évoluer et les individus effectuer leur développement jusqu'à la mue imaginale.
- Finalement, Un essaim se forme à partir d'une bande larvaire dont les individus viennent d'effectuer leur mue imaginale.

II.5. Migration et invasion généralisée du criquet pèlerin

La capacité migratrice du Criquet pèlerin est peut-être un des caractères les plus remarquables de l'espèce. Bien qu'inféodé à la zone désertique chaude, ce criquet est néanmoins mésophile très dépendant de l'humidité du milieu pour sa survie et sa multiplication. Sa stratégie de résistance à l'aridité est la quiescence imaginale doublée d'une capacité de déplacement à très grande distance pour gagner des aires favorables, écologiquement complémentaires (**Latchininsky et al., 1997**).

Lorsqu'il y a de nombreuses bandes larvaires et de nombreux essaims sur de vastes territoires, on parle de période d'invasion. Les invasions généralisées du criquet pèlerin se

produisent suite à une série d'évènements au cours desquels les effectifs acridiens se sont accrus. Cela commence par une période de rémission normalement calme, suivie par des résurgences localisées et des recrudescences à partir desquelles une invasion généralisée peut se développer (**Kaidi, 2007**) ;

- Les périodes de rémissions se produisent lorsque le criquet pèlerin est présent à de faibles densités dans des zones semi-arides ou arides, loin des principales régions agricoles où les bandes larvaires et les essaims sont rares ou totalement absents (**Kaidi, 2007**).
- La période de transition entre une rémission et une invasion généralisée est caractérisée par des résurgences et des recrudescences. La résurgence est produite, pendant plusieurs mois, suite à la concentration, la multiplication et la grégarisation des effectifs acridiens (**Cressman, 2001**). Alors que les recrudescences sont le résultat de reproductions réussies sur plusieurs générations et l'augmentation de la taille et la cohésion des bandes larvaires et des essaims (**Symmons et Cressman, 2001**).
- Une invasion acridienne est dite généralisée lorsque des pullulations et des grégarisations couvrent l'ensemble d'un pays ou plusieurs domaines écologiques continentaux provoquant des dégâts sévères sur les cultures, les pâturages et la végétation naturelle (**Lecoq et al., 2003**) (Fig.6).

II.6. Distribution du criquet pèlerin en Algérie

Au cours des rémissions, les populations du criquet pèlerin sont confinées dans la partie centrale de l'Afrique, la plus aride de l'aire de distribution, couvrant environ 16 millions km² et les aires de reproduction sont quelque peu disjointes (**Guendouz-Benrima, 2005**). D'après Popov (1997), en période de rémission, le sud algérien est divisé en deux parties selon le 22^{ème} parallèle Nord de l'équateur, la partie sud de celui-ci avec une reproduction intervenant le plus souvent en été, alors qu'au Nord, la reproduction est printanière. Il s'agit d'un des lieux de plus haute fréquence de reproduction durant cette période.

Par ailleurs, **Guendouz-Benrima (2005)** considère que la répartition des individus solitaires (ou faiblement transiens) est dans la zone désertique, essentiellement. Deux reproductions sont possibles ; une printanière ou hivernale, plus abondante, au Sahara central et la deuxième automnale ou estivale au Sahara méridional. Cependant, les remontées des populations vers la zone septentrionale sont, généralement, dues à la présence d'individus

transiens, considérés comme non grégaire par la FAO (Guendouz-Benrima, 2005) (Fig.7,8 et 9).

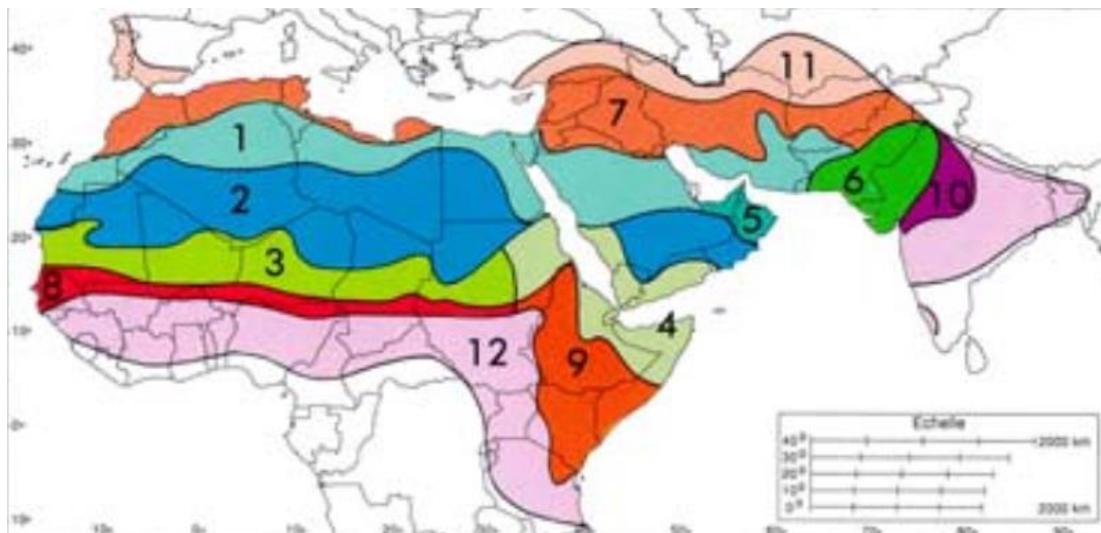


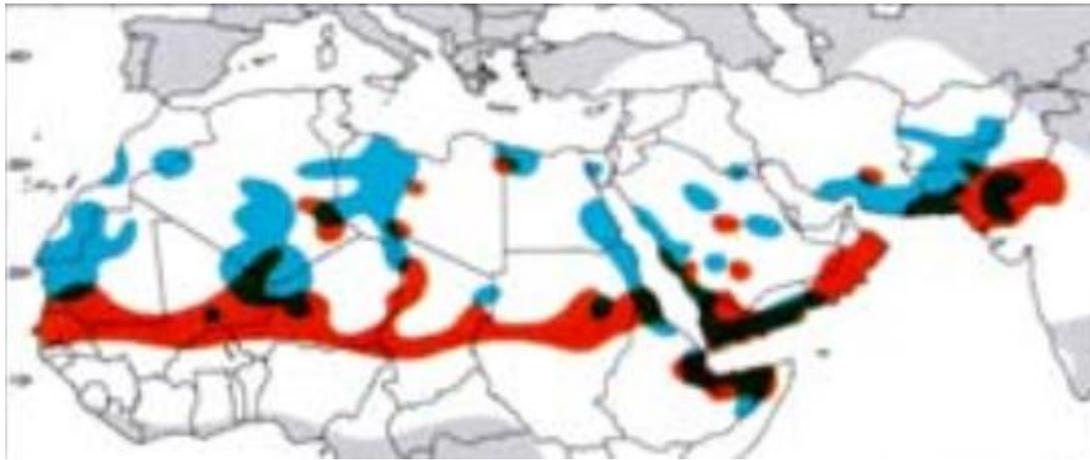
Figure 6: Les limites des aires d'invasion et de rémission du criquet pèlerin et subdivision géographique de son aire d'habitat.

Zone de rémission

1 Zone saharo-méditerranéenne de dispersion et de reproduction en période de rémission
2 Zone saharienne désertique de dispersion et de reproduction en période de rémission
3 Zone saharo-sahélienne de dispersion et de reproduction en période de rémission
4 Zone semi-aride subissant l'influence du front de convergence de la mer Rouge et permettant dispersion et reproduction en période de rémission
5 Zone saharienne tempérée par effet de relief et permettant des reproductions plus fréquentes qu'en zone saharienne désertique
6 Zone désertique atténuée sous double influence méditerranéenne et moussonienne permettant dispersion et reproduction en période de rémission

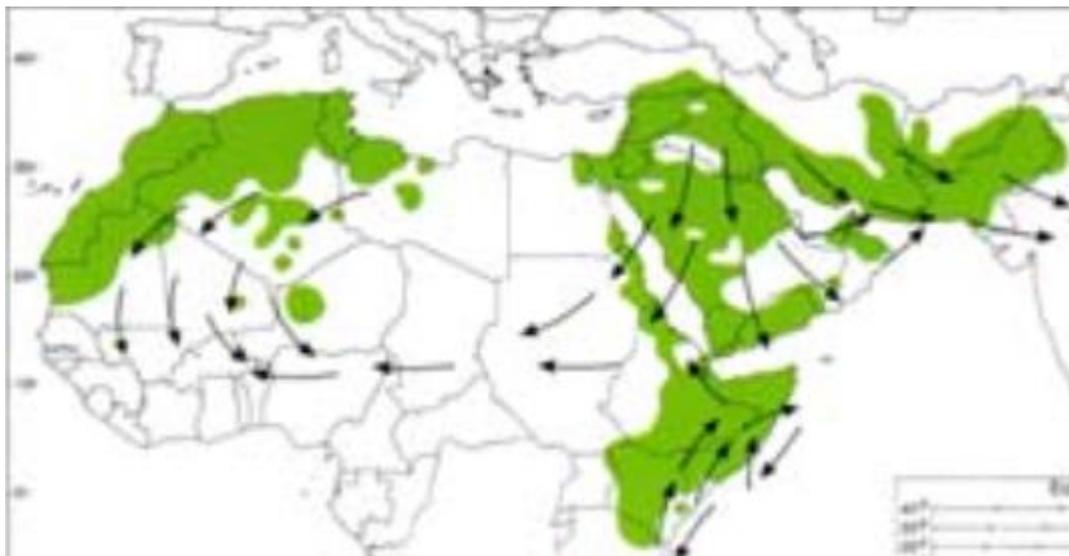
Zone d'invasion

Les zones de dispersion et de reproduction de période de rémission sont utilisées en période d'invasion mais, de plus, les zones suivantes sont également colonisées.
7 Zone méditerranéenne de dispersion et de reproduction des grégaires
8 Zone tropicale (soudano-sahélienne) de dispersion et de reproduction des grégaires
9 Zone de dispersion et de reproduction des grégaires de l'Est africain
10 Zone orientale de dispersion et de reproduction des grégaires
11 Zone septentrionale de dispersion des grégaires
12 Zone méridionale de dispersion des grégaires.



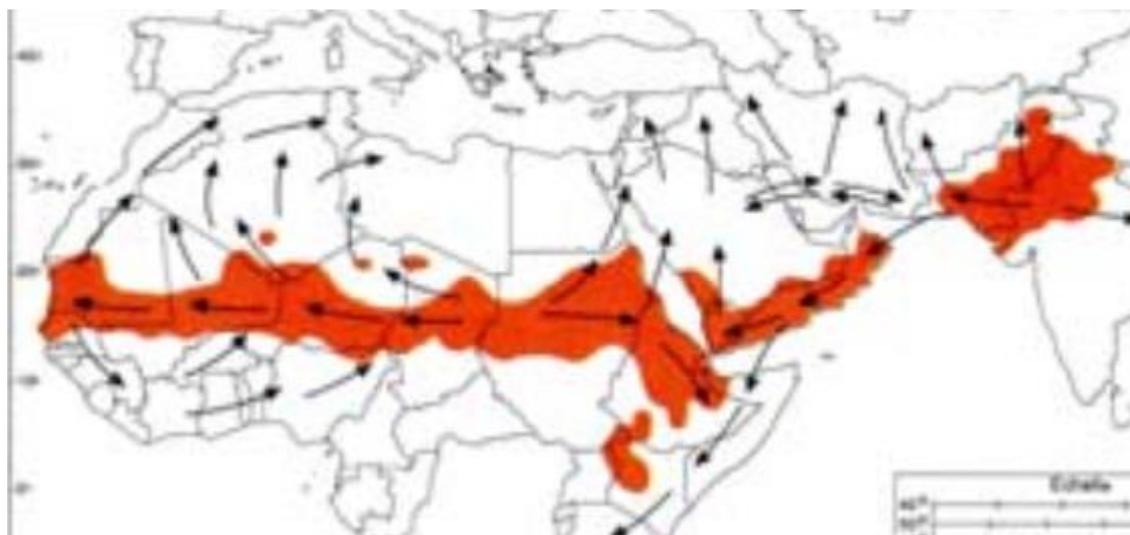
■ Reproduction hivernale ou printanière ■ Reproduction estivale ou automnale

Figure 7 : zones de reproduction du criquet pèlerin en période de rémission (Copr, 1981)



- Les zones en vert signalent la présence de bandes larvaires de mars à mai.
- Les flèches indiquent le sens de déplacement des essaims d'avril à juillet

Figure 8: Zones de reproduction printanière et déplacements du Criquet pèlerin en période d'invasion (Duranton et Lecoq, 1990)



- Les zones en rouge signalent la présence de bandes larvaires de juillet à septembre.
- Les flèches indiquent le sens de déplacement des essaims d'août à octobre.

Figure 9 : Zones de reproduction estivale et déplacements du Criquet pèlerin en période d'invasion (Duranton et Lecoq, 1990).

II.7. Dégâts et importance économique

Le criquet pèlerin constitue un ravageur majeur en période d'invasion. Toutes les plantes cultivées, graminéennes ou non, sont susceptibles d'être attaquées. C'est un ravageur migrant de régions extrêmement arides. Sa survie est conditionnée par la venue de pluies erratiques, sa capacité de vol à grande distance et sa faculté de se multiplier en grand nombre en passant de l'état solitaire à l'état grégaire en l'espace de quelques générations (Launois-Luong et Lecoq, 1989).

Selon Popov *et al.* (1991), quatre facteurs donnent à cet acridien une importance particulière :

- Sa grande mobilité,
- La fréquence élevée de ses invasions,
- Sa voracité (consommation de l'équivalent de son propre poids de matière végétale fraîche par jour),
- Sa polyphagie en phase grégaire (absence de discrimination alimentaire de sorte que pratiquement toute plante cultivée ou sauvage risque d'être attaquée).

La FAO a consacré, dans le cadre d'un programme d'urgence, près de 800 000 dollars à la Mauritanie et au Maroc dans le cadre de sa campagne acridienne et compte dépenser plus du double pour aider dans un futur proche l'Algérie, le Mali, le Niger, le

Soudan et le Tchad. La dernière estimation de l'organisation, qui remonte au 8 avril 2004, indiquait qu'il fallait près de 17 millions pour juguler le phénomène durant le printemps et traiter, pendant l'été, les aires de reproduction du criquet au Sahel et en Afrique de l'Ouest (**Gbadamassi, 2004**).

II.8. Les méthodes de lutte anti-acridienne

II.8. 1. La lutte mécanique

Les méthodes de lutte mécanique contre les acridiens sont les plus anciennes. Elles diffèrent selon qu'il s'agit de détruire physiquement les œufs, les larves ou les ailés. La destruction des œufs s'obtient en labourant les terres de 10 à 15 cm pour atteindre les pontes les plus profondes, cette méthode exige des zones cultivées car le labour ne peut pas être réalisé pour les sols inaccessibles au tracteur ou à la charrue. Les destructions des larves et des jeunes ailés à tégument non durcis se font en rassemblant les acridiens dans un fossé préparé à l'avance. Le rabattage est pratiqué en agitant des vêtements, des feuillages, ou en faisant du bruit (tambours, cris, chants). Le feu est entretenu sur des cordons de feuillages, d'herbes sèches, ou allumé au lance-flamme. Les ailés grégaires sont difficiles à détruire mécaniquement excepté à l'aube et au crépuscule où ils sont posés au sol. Des lance flammes et des grenades ont été utilisés contre eux (**Duranton et al., 1982**).

II.8. 2. La lutte écologique

La lutte écologique consiste à modifier l'environnement au désavantage de l'acridien et si possible au bénéfice de l'homme. Cela suppose une connaissance approfondie du tempérament écologique de chaque espèce acridienne, des facteurs agissant que l'on peut modifier, et des conséquences de ces changements sur l'écosystème tout entier.

Les suggestions de lutte écologique sont nombreuses, mais les applications à grande échelle sont encore très rares car on prend toujours le risque de remplacer un problème par un autre. Les moyens utilisés sont par exemple :

- L'inondation temporaire de certains sites de reproduction,
- La reforestation de clairières,
- le labourage de sols indurés,
- les semis de plantes répulsives,
- la suppression des jachères (**Duranton et al., 1987**).

II.8. 3. La lutte chimique

Selon **Duranton et al. (1982)**, la lutte chimique consiste à atteindre les acridiens ravageurs, directement ou indirectement (par la végétation) au moyen de substances actives, naturelles ou de synthèse, pour les tuer ou les faire fuir.

Pendant l'invasion du criquet pèlerin de 1987 à 1988, d'énormes quantités d'insecticides ont été utilisées pour venir à bout de ce fléau. Des écosystèmes fragiles de régions désertiques ou semi désertiques ont souvent été largement touchés par des pulvérisations massives de produits toxiques. Les pays impliqués et la communauté internationale des pays donateurs se sont à juste titre émus de cet état de fait. Les principales préoccupations concernaient à l'époque l'importance économique réelle de cet insecte et les coûts très élevés des opérations de lutte (315 millions de dollars dépensés en 1987-88). Mais l'une des préoccupations majeures était sans doute liée aux quantités considérables de pesticides utilisées : 32 000 tonnes et des millions d'hectares traités en l'espace d'à peine deux ans. Les dangers de l'utilisation de telles quantités d'insecticides pour la population humaine impliquée et l'impact sur l'environnement étaient évidents. Cet événement a permis de lancer ou de relancer de nombreux travaux de recherche destinés à trouver des produits de substitution aux insecticides chimiques traditionnels (**Luong- Skormand et al., 1999**).

II.8. 4. La lutte biologique

La lutte biologique est une alternative pour assurer une meilleure protection de la santé et de l'environnement. La lutte avec des agents biologiques offre des possibilités pour stopper l'invasion acridienne, tout en préservant la santé et l'environnement. Des espèces animales et végétales ont été identifiées dans le monde comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte antiacridienne (**Thiam et al., 2004**).

❖ Les ennemis naturels

Les acridiens sont aussi la proie d'un grand nombre d'ennemis naturels vertébrés et invertébrés : prédateurs, parasitoïdes, parasites, agents pathogènes (champignons, bactéries, protozoaires, virus). Beaucoup d'entre eux entraînent la mort de l'insecte (**Greathead et al., 1994**) Tableau I (annexe) et (fig.11,12,13).

❖ Les extraits végétaux

Les extraits provenant de deux méliacées, *Azadirachta indica* (margousier ou neem) et *Melia volkensii*, connus depuis longtemps pour leurs effets répulsifs et antiappétants contre les insectes, présentent également des propriétés antiacridiennes intéressantes. Des extraits

de fruits, de feuillages ou d'écorce protègent efficacement les cultures des attaques d'acridiens. Appliqués directement sur des larves et sur des imagos de criquets pèlerins, ces extraits végétaux provoquent une mortalité élevée au bout de deux semaines, retardent la croissance et la maturation sexuelle, réduisent considérablement le taux de reproduction et provoquent de nombreuses malformations (**Rembold, 1997 in Luong-Skormand et al., 1999**). Ces produits sont biodégradables et ne sont pas nocifs pour l'homme et l'environnement. Par ailleurs, les plantes-source sont communes, peu exigeantes sur la qualité des sols, et offrent un intérêt économique évident pour les pays d'Afrique et d'Asie qui peuvent tirer avantage en exploitant cette ressource naturelle. Il reste cependant à résoudre des problèmes importants concernant la production de masse de ces extraits (masse végétale nécessaire pour traiter un hectare infesté), le coût de récolte et d'extraction élevés ainsi que les homologations (**Luong-Skormand et al., 1999**).

❖ **Les mycopesticides**

Sur plusieurs centaines d'espèces de champignons entomopathogènes, seul un très petit nombre affecte les acridiens. Deux genres sont particulièrement prometteurs : *Beauveria* et *Metarhizium*. Ces champignons se trouvent communément dans le sol. Grâce à la germination des spores à travers la cuticule externe ou à travers le tube digestif, ils peuvent envahir la cavité générale de l'hôte. La contamination se fait donc par contact ou par ingestion de la plante traitée par le myco-insecticide. Durant cette première étape, diverses interactions pathogène-hôte agissent au niveau de la cuticule (mécanisme de défense de l'hôte, virulence de la souche, hygrométrie ambiante, etc....) décidant ou non de la pénétration du pathogène (**Fargues et Goettel, 1996 in Luong-Skormand et al., 1999**). Les champignons peuvent tuer très rapidement en l'espace de quelques heures par l'intermédiaire de toxines, ou plus lentement par épuisement de l'hôte dont ils prélèvent l'eau et les nutriments pour se développer. Dans ce dernier cas, on observe une perte d'appétit et une réduction des capacités de vol des criquets ce qui limite les dommages aux cultures avant la mort du ravageur. Le taux de mortalité peut atteindre 70 à 90% et les criquets meurent au bout d'une à deux semaines après le traitement, selon l'importance de la biomasse végétale qui influe sur le taux de dilution des spores épandues, de la dose de spores, de la virulence de la souche et de la susceptibilité des acridiens cibles (**Luong-Skormand et al., 1999**).

Le champignon entomopathogène, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* est en train d'être développé pour son utilisation éventuelle comme mycopesticide contre les locustes et les sautériaux en Afrique (**Arthur et Thomas, 2000 in Allache, 2005**).

❖ **Les bactéries entomopathogènes :**

Des bactéries impliquées dans des maladies épizootiques sont observées chez les populations de criquets sauvages et élevées au laboratoire. Deux espèces (*Serratia marcescens* et *Pseudomonas aeruginosa*) infectent uniformément des sauterelles une fois ingérées avec la nourriture et peuvent s'étendre dans la population de laboratoire (**Zelazny et al., 1997 in Allache, 2005**).

Chapitre III

Matériel et méthodes de travail

❖ Objectif de l'étude

Notre travail consiste essentiellement à l'étude de l'effet insecticide de l'extrait aqueux des feuilles du henné ; *Lawsonia inermis* provenant de la région d'Adrar à 14 Mars 2017. La préparation de l'extrait aqueux de *Lawsonia inermis* a été réalisée au niveau du laboratoire de la lutte antiacridienne (LAA) à l'institut national de protection des végétaux d'El-Harrach (I.N.P.V.).

Au cours de notre étude, nous avons traité les paramètres suivants :

- L'étude phytochimique de *Lawsonia inermis* : la recherche des substances actives existant dans notre plante en passant par l'application des tests phytochimiques (screening chimique)
- L'activité insecticide de *Lawsonia inermis*.

I. Matériel et Méthodes

I.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par un matériel végétal et un matériel animal.

I.1.1. Matériel Végétal

Le matériel végétal de départ est composé des feuilles de *Lawsonia inermis.L*. La récolte de ces dernières a eu lieu au mois de Mars 2017 au niveau de la wilaya d'Adrar.

I.1.1.1. Préparation de L'extrait aqueux à partir de *Lawsonia inermis.L*

Le protocole de préparation de l'extrait aqueux a été décrit par Grainge et Ahmed (1988) en y apportant quelques modifications :

Les feuilles du henné ont été séchées (Fig.10a) et broyées pour l'obtention d'une poudre (Fig.10b) qui va être utilisée par la suite. A cet effet, 10 milligrammes de la poudre de plante ont été ajoutés à 150 ml d'eau ébullition. Décoction pendant 20 minutes à la température ambiante à l'abri de la lumière. Après refroidissement, l'extrait est filtré à l'aide du papier filtre stérilisé et mit dans des flacons stérilisés dans les conditions aseptiques. L'extrait aqueux obtenu a été conservé à une température de 4°C pour une utilisation ultérieure.



a: Feuilles séchées

b: Poudre des feuilles séchées

Figure 10: *Lawsonia inermis* (Original)

I.1.2. Matériel animal

Notre étude a porté sur des larves L5 du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) issues d'un élevage permanent maintenu au niveau du département de la lutte antiacridienne de l'INPV d'El-Harrach.

I.1.2.1. L'élevage du criquet

L'élevage des adultes de criquet pèlerin est réalisé dans une cage parallélépipédique en bois de dimension : 60x 60 x 70 cm, grillagée sur un seul coté en haut et avec du plissé glace des quatre faces pour garder la chaleur avec un système d'aération. Cette cage est munie d'une porte coulissante en plexiglas et de deux fermetures pour faciliter le nettoyage, le renouvellement de la nourriture et la vérification des pondoirs. Ces derniers se trouvent dans les ouvertures à la base de la cage. Ils sont remplis de sable stérilisé et humidifié pour que les femelles puissent déposer leurs oothèques. L'élevage est soumis à une température de 37°C et une humidité relative de 40 à 60%. Quant à l'alimentation, elle est à base de gazon.

Les pondoirs contenant les pontes sont récupérés et remplacés par d'autres pondoirs. Ces pondoirs portent les indications nécessaires telles que la date de la ponte. Ils sont mis dans des conditions appropriées pour l'incubation des œufs (Fig.11). Le contrôle de ces pondoirs se fait quotidiennement pour la vérification de l'humidité du sable et les éclosions des œufs, afin d'éviter le dessèchement des œufs et la mort des larves néonates. Ces dernières sont récupérées et mises dans deux cages réservées à l'élevage des larves de 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stades avec les dimensions : 60 x 70 x 70 cm, de forme parallélépipédique en bois, recouvertes d'un tulle moustiquaire à petites mailles, avec une

fermeture. Quant aux larves de 5^{ème} stade et les imagos, ils sont élevés dans une cage de la même forme et les mêmes dimensions que celle des adultes (Fig.12). Les conditions d'élevage de tous les stades larvaires et les imagos sont les mêmes que pour les adultes.



Figure 11: Les pondoirs d'incubation des œufs



Figure 12: Cages utilisées pour l'élevage des adultes

I.2. Matériel et produits utilisés

L'ensemble de la verrerie, l'appareillage et les réactifs utilisés est représenté dans l'annexe.

I.3. Méthodes

I.3.1. L'étude phytochimique

L'analyse phytochimique est réalisée sur la base des tests de solubilité, de précipitations et de réactions de colorations caractéristiques en vue de mettre en évidence

les grands groupes chimiques. A cet effet, plusieurs types de réactifs ont été utilisés. La plupart des tests sont effectués selon la technique de **Harbone (1973)** et **Bruneton (1993)**.

➤ **Détection des tanins**

Les tanins sont des composés phénoliques hydrosolubles. On distingue des tanins galliques ou éllagiques qui sont des esters de l'acide gallique et du glucose. Ce sont des composés hydrolysables et des tanins catéchiques qui sont condensés et non hydrolysables. L'importance des drogues à tanins est liée à leur propriété tannante (**Bruneton, 1993 ; Diallo 2005**).

Les tanins sont mis en évidence à partir de 5 ml d'extrait placé dans un tube en présence de quelques gouttes de FeCl₃ (5% préparé au méthanol). Après agitation de l'extrait, la couleur vire au bleu noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiques (**Karumi et al., 2004 ; Gacem, 2011**).

➤ **Détection des flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont très répandus chez les végétaux. Ils sont responsables de la coloration jaune de certaines fleurs et de certains fruits. Ils se trouvent le plus souvent sous la forme d'hétérosides ou de flavonosides (**Paris et Hurabielle, 1981**). Leur présence ou leur absence dans un extrait peut être mise en évidence par un test simple et rapide appelé " réaction de Shinoda (**Lock et al., 2006**). Le test consiste à ajouter à 5ml de l'extrait, quelques gouttes d'HCl et environ un copeau de magnésium métallique et 1ml d'alcool isomylique. Laisser agir 3 min et regarder le changement de couleur (rose, orange ou rouge) (**Malec et Pamilio, 2003**).

➤ **Détection des alcaloïdes**

La majorité des principes actifs des plantes médicinales est issue des alcaloïdes et des hétérosides. Les alcaloïdes sont des substances organiques azotées, qui se comportent comme des bases donnant des réactions de précipitations avec certains réactifs (**Paris et Hurabielle, 1981**). Les alcaloïdes ont été caractérisés à partir des réactifs de Mayer ou Wagner. En ajoutant 5ml d'extrait à 10ml d'acide sulfurique (10%) puis en agitant énergiquement pendant 2 minutes et filtrés puis ajouté 2gouttes de réactifs de Drangenadorff enfin l'apparition d'une précipitation rouge orangé indique la présence d'alcaloïdes. (**Mojab et al., 2003**).

➤ **Détection des anthocyanes**

Les anthocyanes sont une famille de structure très proche des flavonoïdes. On les classe donc dans ce groupe. Mais ils donnent des colorations rouges et bleu violacé, Les anthocyanines changent de couleur en fonction de leur pH (Attia, 2007; Benbrook, 2005).

Ils sont issus de l'hydrolyse des anthocyanes (flavonoïdes proches des flavones), qui donnent aux fleurs et aux fruits leurs teintes bleue, rouge ou pourpre Ces puissants antioxydants nettoient l'organisme des radicaux libres. Ils maintiennent une bonne circulation, notamment dans les régions du cœur, des mains, des pieds et des yeux La mûre sauvage (Eberhard *et al.*, 2005).

Les anthocyanes ont été caractérisés à partir des réactifs de Mayer ou Wagner. 5ml d'extrait et ajouté quelque gouttes d'ammoniaque ½ l'apparition d'une couleur rouge, et indique la présence des anthocyanes.

➤ **Détection des glucosides**

Présents dans de nombreuses plantes médicinales, ils ont une action directe et puissante sur le cœur. Ils l'aident à maintenir le rythme cardiaque en cas d'affaiblissement. Ces glucosides sont également diurétiques. Ils contribuent à transférer les liquides des tissus et du système circulatoire vers les conduits urinaires (Takeda et Fatope 1988).

Les glucosides ont été testé à partir de quelques gouttes d'acide sulfurique (H₂SO₄) ajouté à 5 ml d'extrait aqueux. La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique la présence des glucosides.

➤ **Détection des quinones (quinones libre)**

On concentre l'extrait à sec et on ajoute quelques gouttes de NaOH (1/10). La présence des quinones libres est confirmée par un virage de couleur de la phase aqueuse au jaune, rouge ou violet.

Le test consiste à ajouter à 5ml de l'extrait, quelques gouttes d'HCl 1N et ils sont mis en contact pendant 3 heures dans 20 ml de chloroforme, puis filtrer le solvant. Le filtrat est agité avec 5 ml d'ammoniaque ½, la formation d'une coloration rouge indique la présence des quinones libres. (Hsouna *et al.*, 2011)

➤ **Détection des mucilages**

Les mucilages : Ces sont des polymères complexes de fructose, d'acide glucorinique et d'acide manuronique. Les mucilages sont des mélanges colloïdaux qui gonflent avec l'eau (agar agar).

♦ **Etude comparative des techniques d'extraction des polyphénols de *Lawsonia inermis* L.**

La technique d'extraction est une étape très importante dans l'isolement et la récupération des composés phytochimiques existants dans le matériel végétal (Quy Diem Do et al, 2014). Elle est influencée par sa nature chimique, la méthode utilisée, la taille d'échantillon étudié, ainsi que la présence de substances interférentes (Stalikas, 2005).

Introduire 5ml d'extrait aqueux dans un tube et en lui ajoutant 5 ml d'éthanol absolu, l'obtention d'une précipitation floconneuse indique la présence des mucilages.

I.3. 1.1.Extraction des composés phénoliques

✓ **Extraction par décoction :** L'extraction des polyphénols par décoction a été effectuée selon le protocole décrit par Chavane et al. (2001) : 1 à 2 g de la poudre du henné sont ajoutés à 40 ml de solvant d'extraction (Eau, éthanol et méthanol à 70 % v/v dans l'eau et eau). Chaque mélange est porté à ébullition dans un bain Marie durant 30 min puis filtré sur un tissu mousseline. Les marcs sont extraits de la même manière que précédemment et les filtrats sont réunis, centrifugés à 4000 tr/min pendant 20 min et conservés à 4°C jusqu'à utilisation.

✓ **Rendement de l'extraction :** Le rendement d'extraction est calculé par la formule donnée par Falleh et al. (2008) : $R (\%) = 100 M_{ext}/M_{éch}$. Où : R est le rendement en %; M_{ext} est la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg et $M_{éch}$ est la masse sèche de l'échantillon végétal en mg.

I.3. 1.2. Extraction des tanins de *Lawsonia inermis* L .

Le protocole d'extraction des tanins a été adopté par Gredir et al., 2005 en y apportant quelques modifications :

25 g de la poudre de *Lawsonia inermis* a été macéré dans 150 ml du mélange acétone / eau distillée (70 /30 : v/v) avec agitation pendant 24 h, puis laisser la solution décanter pendant une autre 24 h et filtrer la macérât, ensuite le filtrat a été évaporé sous pression réduit à 60 °C, enfin le résidu sec a été récupéré dans un volume de 100 ml d'eau distillée et conserver à 4°C.

✓ **Rendement des tanins**

Le rendement des tanins est déterminé selon la formule suivante :

$$R(\%) = P1 - P2 / P3 \times 100$$

P1 : poids du ballon après évaporation ; P2 : poids du ballon vide ; P3 : poids de la matière végétale de départ.

I.3.2. Etude de l'effet de l'extrait de *Lawsonia inermis* sur les larves L5 du criquet pèlerin

Pour réaliser cette étude, nous avons pris 6 larves L5 venant de muer, 3 pour le traitement et 3 pour les témoins.

Les larves vont être mises à jeuner pendant 24h afin de leur permettre de vider leur tube digestif et d'augmenter leur appétit.

Après 24h, nous avons donné aux du gazon traité avec de l'extrait du henné. Nous avons choisi une dose subléthale D1 (S/8=12,5%), afin de suivre l'effet de l'extrait sur l'anatomie du tube digestif. Le prélèvement des tubes digestifs se fait par une dissection sous une loupe binoculaire suivant les techniques décrites par **Beaumont et Cassier (1970)**.

I.3.2.1. Dissection du tube digestif de *Shistocerca gregaria*

Le criquet a été épinglé ventralement contre la cuvette au niveau des deux pattes du mésothorax puis bloquer derrière les épingles les deux élytres, effectuer deux incisions latérales à l'aide de ciseaux fins de l'arrière vers l'avant en prenant garde de ne pas léser les organes sous-jacents et coupé à l'aide ciseaux fins les deux ailes membraneuses à un centimètre de leur point d'insertion sur le métathorax.

Au niveau du thorax, effectuer l'incision au-dessus des points d'insertion des pattes et des ailes et stoppé l'incision à l'avant du pronotum. Effectué une incision transversale du côté postérieur afin de relier entres-elles les deux incisions latérales, ainsi retiré à l'aide d'une pince le tergite sectionné en prenant garde de ne pas retirer les organes sous-jacents qui pourraient y être accrochés.

Enfin, Retiré à l'aide d'une pince fine les muscles alaires, le corps gras (jaune) et les sacs aériens afin de pouvoir observé le système digestif sous-jacent (Fig.13).

I.3.2.2. Protocole expérimental de l'étude histologique

Le protocole expérimental a été introduit par **Martoja et Martoja (1967)**, la technique utilisée est la suivante ; des tubes digestifs prélevés des individus sont immédiatement fixés avec du formol pendant 7 heures. Les organes ainsi fixées sont déshydratées pendant 24 heures puis, respectivement, mise dans quatre bains d'éthanol ; le premier à 70% pendant 1heure, le deuxième à 80%, puis à 95% et le dernier à 100% pendant 3 heures. Les pièces sont ensuite pré-imprégnées dans le xylène pendant 3 heures puis l'imprégnation proprement dite se déroule dans deux bains de paraffine liquide pendant 4 heures dans l'étuve à 60°C. Ensuite, l'inclusion est faite dans des barres de Leuckart avec la

paraffine liquide, refroidie à température ambiante. Une décalcification des tubes digestifs de L5 intervient avant déshydratation avec un mélange à base d'acide formique (5 ml), de formol (5 ml) et d'eau distillée (100 ml). Des coupes de 10 µm réalisées au microtome Reichert Jung sont montées à l'eau gélatinée sur des lames et séchées. Elles sont ensuite colorées à l'Hémalun-Eosine. L'observation et les photos sont faites au photomicroscope de type Axioskop 40.



Figure 13 : Dissection du criquet pèlerin.

Chapitre III

Résultats et Discussions

I. Le screening phytochimique

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés existantes dans la partie étudiée de la plante par les réactions qualitatives de caractérisation. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composé. Les résultats des tests phytochimiques effectués sur l'extrait aqueux et la poudre des feuilles de *L. inermis* sont regroupés dans le tableau 6

Tableau 6: Résultats des différentes réactions du screening phytochimique.

Métabolites secondaires	Résultats
Glucosides	-
Alcaloïdes	+
Quinones	-
Anthocyanes	-
Flavonoïdes	+
Tanins	+++
Mucilage	-
+ présence / - absence	

Réaction franchement positive : + + +, Réaction positive : +, Réaction négative : -

Les résultats expérimentaux des tests phytochimiques réalisés sur l'extrait aqueux préparé par décoction de feuilles de *L. inermis* montrent la présence des Alcaloïdes, Tanins et Flavonoïdes avec l'absence des Anthocyanes, Glucosides, Mucilage et les Quinones.

Les résultats de notre screening phytochimique concordent avec de nombreux travaux publiés. En revanche, Pour **Raja et al. (2013)**, le criblage phytochimique des extraits de feuilles de *Lawsonia inermis* a montré la présence des glycosides, phytostérols, des stéroïdes, des saponines, des tanins et les flavonoïdes. Ce constat est affirmé par **Trigui et al. (2013)** qui a mis en évidence des flavonoïdes, des quinones, des tanins et des terpènes lors de son analyse chimique sur les feuilles de *L. inermis*.

Par ailleurs, Selon **Musa et Gasmelseed (2012)**, l'analyse phytochimique des constituants polyphénoliques des extraits de feuilles de *L. inermis* a permis l'isolement et l'identification des tanins condensés dans les proportions de (11,12%). Effectivement, quatre groupes de composés bioactifs sont identifiés : stérols et triterpènes, flavonoïdes, tannins et saponines sont franchement présents dans extraits bruts méthanoliques des feuilles de *L. inermis* (**Gagandeep et al., 2010**).

I.1.Rendement d'extraction des polyphénols

Rendement d'extraction par décoction : Il ressort à travers l'observation des rendements d'extraction, de la figure que l'eau donne le meilleur rendement d'extraction soit une valeur de 31,83%, par contre l'éthanol et le méthanol donnent des valeurs respectives très proche soit 29,12% et 29,06%. (Fig.14)

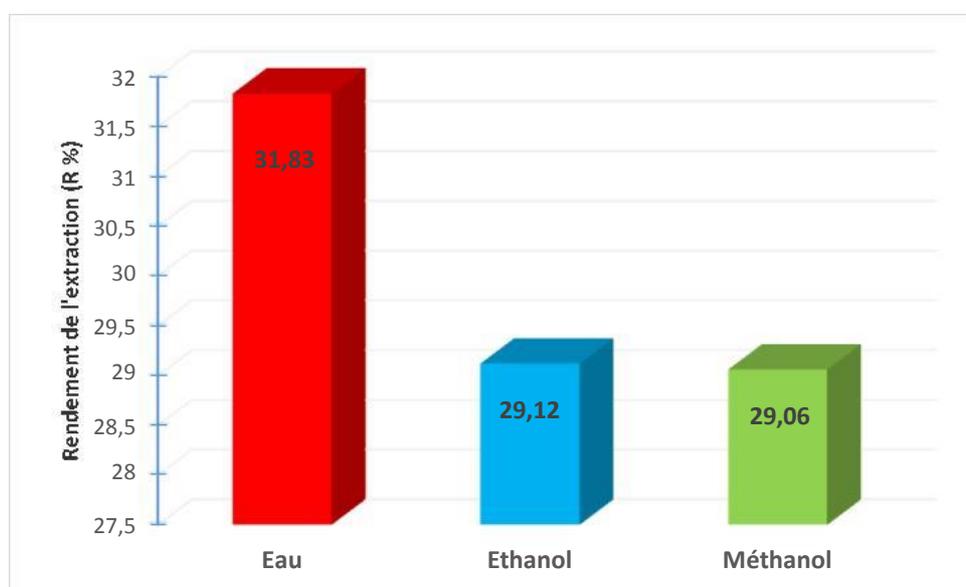


Figure 14: Rendement d'extraction des polyphénols

D'après les résultats présentés sur la figure 14, nous pouvons déduire que :

- Le rendement le plus élevé a été obtenu par la méthode d'extraction avec de l'eau suivie par la méthode de décoction
- Le rendement de l'extraction avec de l'eau est plus élevé que celui de l'extraction avec le méthanol et éthanol.

D'après **Quy Diem Do et al. 2014**, l'utilisation combinée de l'eau et du solvant organique peut faciliter l'extraction des substances chimiques qui sont solubles dans l'eau et / ou dans le solvant organique.

Dans ce contexte, **Rhazi et al, 2015**, ont observé que le solvant le plus efficace pour extraire les polyphénols à partir de la plante marocaine *Acacia mollissima* est le méthanol aqueux (80%) suivie par l'éthanol aqueux (80%) et enfin l'eau. Ainsi, la progression de temps d'extraction peut diminuer le rendement de l'extrait et cela peut être dû à la dégradation de certaines substances naturelles comme les polyphénols.

Par ailleurs, l'extrait sec ne renferme pas uniquement des polyphénols, il contient également d'autres substances naturelles (**Békro et al., 2007 ; Kebièche et al., 2011**).

Uma et Wan (2010) notent une valeur supérieure de nos résultats, 4684.7 mg EAG/100g de MS pour l'extrait éthanolique à 60% et 6298.0 mg EAG/100g de MS pour l'extrait acétonique à 60% des feuilles de *L. inermis*.

Enneb et al. (2015) signalent des teneurs en flavonoïdes de l'ordre de 20.5 ± 1.4 milligramme équivalent de quercitine par gramme de matière sèche (mg EQ /g de MS) pour l'extrait méthanolique des feuilles de *L. inermis*.

Dans ses travaux sur les feuilles de *L. inermis* **Ben Hsouna et al. (2011)**, rapportent un rendement de 8.84 % pour l'extrait aqueux, ce taux est plus faible que ce que nous avons noté dans nos travaux.

I.2.Rendement des Tanins

Le rendement des tanins de *Lawsonia inermis* obtenus par décoction a été exprimé en pourcentage par rapport à la matière végétale sèche, et nous avons obtenu une valeur de 23,16%.

Contrairement aux travaux de **Ait Taadaouit et al., 2012** qui ont montré un rendement d'extrait de *L. inermis* très important 30.5% de Poids sec de départ 20(g) dans la région du Souss (sud-ouest du Maroc) en utilisant un évaporateur rotatif (40°C) et du méthanol comme solvant.

Par ailleurs, **Enneb et al.,2015** a confirmé la plus grande quantité du tanin chez *Lawsonia inermis* est trouvée au niveau des feuilles ($17.93\pm 0.67\text{mg EC /g MS}$) alors qu'avec des quantités moins importantes dans les tiges et les racines ($5.32\text{mg EC /g MS}\pm 1.06$). Tandis que les analyses phytochimiques portés sur les feuilles de *L. inermis* réalisés par **Musa et Gasmelseed (2012)** montre que les tanins condensés représentent 11% des tanins totaux.

II. Etude histologique du tube digestif des larves L5 de *S. gregaria* traité par *L. inermis*

II.1.Aspect macroscopique

Des observations macroscopiques (couleur, aspect des tube digestifs) et des mesures (taille, poids des ovaires) ont permis de définir l'effet de l'extrait de *L. inermis* à 15 jours (Tableau 7) (Fig.15).

Tableau 7 : Aspect macroscopique des tubes digestifs des larves L5 de *S. gregaria* observés après traitement

	Forme	couleur	Taille (mm)	Poids (mg)	Aspect général
Extraits	allongée, fine	ocre	6	3	filament terminal réduit.
Témoin	allongée, très fine	Noire	7	4	-filament terminal long.



Figure 15: Aspect macroscopique du tube digestif de L5 de *S. gregaria* traitée par *L. inermis*

II.2. Aspect microscopique

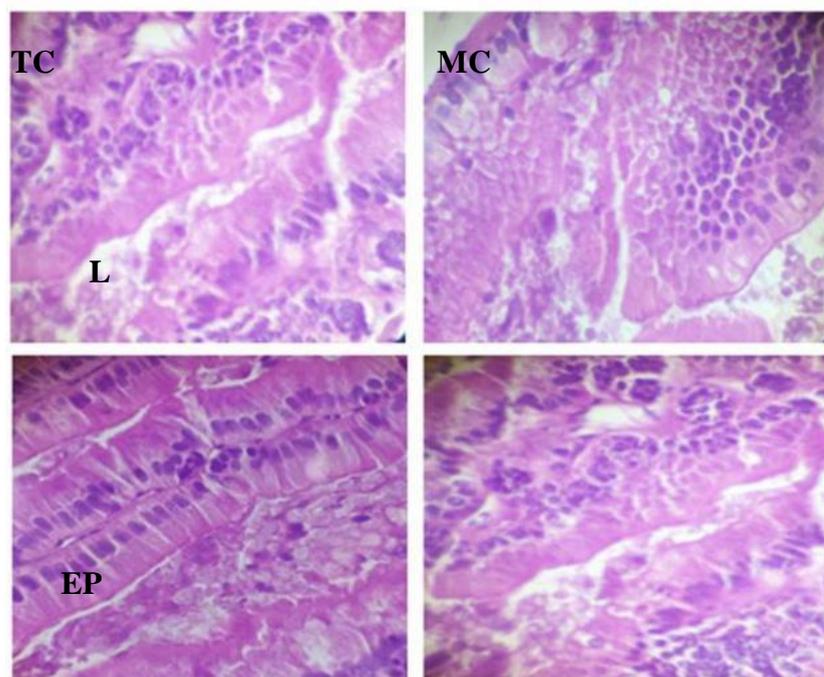
Chez le criquet pèlerin, la région du mésentéron est pourvue de six caeca gastriques disposés radialement autour de la lumière centrale du tube digestif. La paroi du mésentéron est faite d'un épithélium à cellules sécrétrices et absorbantes, isolé du bol alimentaire par une membrane péritrophique, protectrice et filtrante.

- L'épithélium est constitué de cellule fréquemment cylindriques à noyaux généralement situés au milieu ou dans la partie distale des cellules.
- Le cytoplasme est homogène et finement granuleux. L'assise est souvent plissée, les cellules basales sont régulièrement réparties et distribuées le long du mésentéron ou se regroupent en nids.
- Les cellules épithéliales du mésentéron portent à leur face apicale une bordure en brosse très régulière. Des cryptes de régénération sont fréquemment localisées à la base des replis de l'épithélium. Lors de la dissection des survivants, nous avons remarqué chez les individus traités une absence du corps gras. Leur intestin est flasque et de couleur noire par rapport aux témoins, le pigment du tube digestif est normalement une mélanine (Chauvin, 1938) mais chez les traités, il s'agit d'une mélanisation très poussée.

II.3. Effet du traitement de *L. inermis* sur le Tube digestif de *S. gregaria*

• Chez les individus témoins

Les cæca gastriques des individus témoins présentes un épithélium unistratifié formant des villosités. La musculature est très réduite et composée d'une seule couche de muscles circulaires très fines (Figure 16).



Ep : épithélium intestinale, Tc : Tissu conjonctif, L : lumière intestinal, Mc : muscle circulatoire

Figure 16: Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif (caeca gastriques) des individus témoins de *S. gregaria*.

•**Chez les individus traités au *L. inermis***

1^{ère} répétition

L'intestin moyen des individus traités par *L. inermis* présente une destruction complète des cellules épithéliales accompagné des déchirures de la couche de muscle circulatoire avec un élargissement de la lumière intestinale (Figure 17).

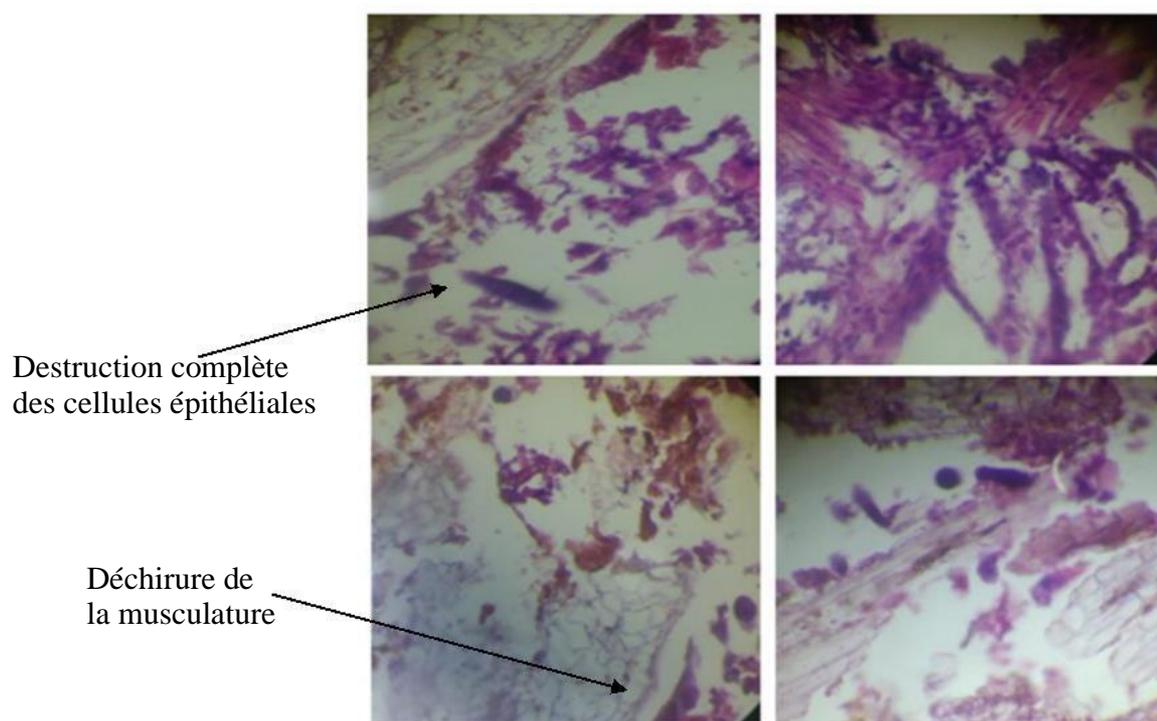


Figure 17: Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif (caeca gastriques) des individus de *S. gregaria* traités (1ere répétition).

2^{ème} répétition

Chez les individus traités dans la 2eme répétition, nous avons constaté des rejets de débris cytoplasmiques sont présents dans la lumière des caeca gastriques qui est à peine visible du fait de l'hypertrophie des cellules. Le plateau strié est morphologiquement modifié (Figure 17). Après la 1ere répétition au traitement de *L. inermis*, une lyse des cellules des caeca gastriques est constatée (Figure 18).

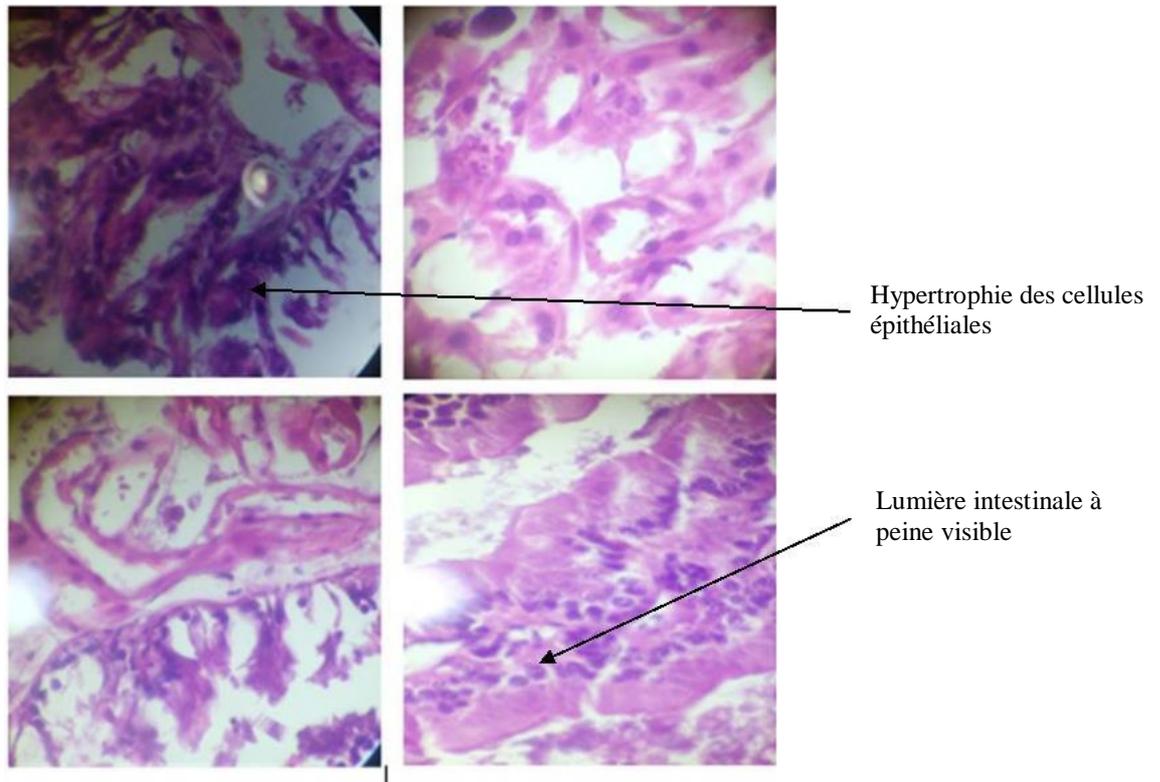


Figure 18 : Coupes histologiques transversales au niveau du tube digestif (caeca gastriques) des individus de *S. gregaria* traités (2eme répétition).

Chez les individus traités comme chez les témoins, les coupes présentent un bol alimentaire riche et nous avons constaté que la membrane péritrophique était souvent présente. Nous avons également remarqué une différence de coloration des coupes entre les témoins et les traités bien que nous ayons pris la précaution de bien alterner les lames histologiques lors des bains de coloration. En ce qui concerne l'aspect de l'intestin, celui-ci présente un diamètre supérieur à celui des témoins résultant probablement d'un relâchement des assises musculaires, en effet l'observation de l'assise musculaire circulaire montre une atrophie et une distension de celle-ci. L'examen de l'épithélium mésentéral des individus traités montre qu'il présente une hauteur réduite par rapport aux témoins.

Son aspect est granuleux, sa bordure est irrégulière. Il présente un espace intercellulaire anormalement important. Les cellules épithéliales sont fortement vacuolisées et leur bordure en brosse dégradée.

Les observations histologiques au niveau du tube digestif montrent que *L. inermis* a des effets toxiques certains sur les cellules épithéliales du mésentéron de *S. gregaria*. Nos observations du tube digestif sur les témoins concordent avec la littérature (Chauvin, 1938 ; Grassé, 1976).

L'étude histologique pratiquée au niveau de l'intestin moyen montre que ce dernier présente une réduction de la musculature circulaire externe entraînant un relâchement de l'intestin et une atrophie de la muqueuse intestinale qui présente un épithélium strié réduit chez les individus traités. L'épithélium mésentéral chez les individus traités présente un aspect granuleux, une bordure en brosse altérée et des signes typiques de nécrose cellulaire.

Ces effets de l'alimentation en *L. inermis* sur le tube digestif du *S. gregaria* sont comparables à celles exercées par *Azadirachta indica* sur le tube digestif de *Spodoptera littoralis*, *Plutella xylostella* (Adote, 1994), *Locusta migratoria* et *Schistocerca gregaria* (Nasiruddin et Mordue, 1993 ; Adote, 1994). La différence de hauteur épithéliale et de coloration de coupes de mésentéron que nous avons observé entre les individus témoins et les individus traités a également été rapportée pour *Trialeurodes vaporariorum* (mouche des serres) nourrie sur *Ageratum houstonianum* (Asteracées). L'auteur attribue cette différence de hauteur épithéliale aux métabolites secondaires produits par cette dernière plante (Triseleva, 1996).

Par ailleurs, chez les femelles de *Labidura riparia* injectée par l'azadirachtine, ces effets sont observés sur d'autres tissus comme l'épithélium folliculaire (Sayah et al., 1996, Sayah 1999), le corps gras (Sayah et al., 1996) et sur le corps allate (Sayah et al., 1998). La même cytotoxicité est observée sur différents tissus des larves d'*Epilachna varivestis* (Schlüter et Schulz, 1984).

Conclusion

Conclusion

Dans le présent travail mené sur les feuilles de *Lawsonia inermis* .L, nous nous sommes intéressés à évaluer :

- La composition phytochimique des feuilles de la plante à travers le screening chimique ainsi que l'extraction des composés phénoliques et des tanins.
- L'effet insecticide de l'extrait aqueux des feuilles sur les larves du criquet pèlerin

Une étude phytochimique est faite sur les feuilles de *Lawsonia inermis* récoltée de la Wilaya d'Adrar.

De point de vue identification des groupements chimiques, il s'est avéré que les feuilles de *Lawsonia inermis*.L sont très riches en tanins, moyennement riche en alcaloïdes et en flavonoïdes avec l'absence des Anthocyanes, Glucosides, Mucilage et des Quinones.

Une série d'extraction des polyphénols par décoction a été réalisée sur les feuilles de *L. inermis* à l'aide de trois solvants. Le rendement d'extraction présente une petite variabilité en fonction de la nature du solvant, l'extraction par l'eau a donné le meilleur rendement avec une valeur de 31,83%, et l'extraction éthanolique et méthanolique a révélé des valeurs très proches 29,12% et 29,06% respectivement. Ainsi, Le rendement de tanins de *L. inermis* obtenues par décoction a été exprimé en pourcentage par rapport à la matière.

L'étude préliminaire de l'effet insecticide de l'extrait aqueux des feuilles de *L. inermis* à travers une étude histologique sur le tube digestif des larves L5 de *Schistocerca gregaria* permet d'une variation entre le tube digestif des larves témoins et le tube digestif des larves traitées.

Par ailleurs, Les observations histologiques microscopiques au niveau du tube digestif ont révélé que *L. inermis* a certains effets toxiques sur les larves de *S. gregaria*, étant donné que, L'étude histologique pratiquée au niveau de l'intestin moyen montre que ce dernier présente une réduction de la musculature circulaire externe entraînant un relâchement de l'intestin et une atrophie de la muqueuse intestinale qui présente un épithélium strié réduit chez les individus traités.

Conclusion

En fin, l'ensemble de ces résultats obtenus ne constituent qu'une première étape dans la recherche des substances naturelles biologiquement actives, dans les feuilles de *Lawsonia inermis*.

Ce travail basé sur l'utilisation des plantes pour différentes activités biologiques nous ouvre de large perspectives dans plusieurs domaines, pour ce là il serait intéressant de :

- Etendre l'étude phytochimique à d'autres composés ainsi qu'à d'autres plantes médicinales préjugés utiles.
- Elargir l'évaluation de l'activité insecticide des plantes médicinales sur d'autres insectes utiles ou bien nuisibles à l'agriculture moderne pour pouvoir donner des alternatives à la lutte chimique.
- Approfondir les connaissances sur les activités antimicrobiennes et antifongiques de telles plantes, ainsi que leur activité cicatrisante.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. -**Adote A.K., 1994.** Etude des propriétés insecticides de l'extrait de graines de neem *Azadirachta indica*. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier II, 116 p.
2. -**Afzal M., Al-oriquat G., Al-Hassan JM and Muhammad N., 1984.** Isolation of 1,2-Dihydroxy-4 glucosyloxynaphthalene from *Lawsonia inermis*. *Heterocycles*, 22(4): 813.
3. -**Ait Taadaouit N. Hsaine M., Rochdi, A., Nilahyane A. et Bouharroud R., 2012.** Effet des extraits végétaux méthanoliques de certaines plantes marocaines sur *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae). *Journal compilation Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42(2): 275–280.
4. -**Akoègninou A., Vander Burg W.J. and Vander Maesen L. J. G., 2006.** Flore Analytique du Bénin, Backhuys Publishers, Leiden. Netherlands, 1034 p.
5. -**Ali BH., Bashir AK., and Tanira MO., 1995.** Anti-inflammatory, antipyretic, and analgesic effects of *Lawsonia inermis* L. (henna) in rats. *Pharmacology*, 51(6): 356-363.
6. -**Allache F., 2005.** Activité biologique d'un dérégulateur de croissance des insectes: l'hexaflumuron sur la cuticule des larves de *Locusta migratoria* (linné, 1758) (orthoptera, oedipodinae). Thèse Magister Scie. agro. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
7. -**Amarowicz R., Troszynska A., and Shahidi Fereidoon., 2005.** Antioxydant activity of Almond seed extract and its fractions. *Journal of Food Lipids*, 12(3): 44-358.
8. -**Atawodi SE., Ameh DA., Ibrahim S., Andrew JN, Nzelibe HC, Onyike EO, and collaborateurs., 2002.** Indigenous knowledge system for treatment of trypanosomiasis in Kaduna state of Nigeria. *J Ethnopharmacol*, 79(2): 279-282.
9. -**Attia F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement écophysiological et la maturité phénolique de la vigne *Vitis vinifera* L. étude de cinq cépages autochtones de midi-pyrenees. Thèse de doctorat, l'institut national polytechnique de Toulouse, France, 194 p.

10. **-Aweke G. and Tapapul L. S. 2005.** *Lawsonia inermis* L. In: Jansen, P.C.M. and Cardon, D. (Editeurs). PROTA 3: Dyes and tannins/Colorants et tanins. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas. Tec and doc , Lavoisier, Paris, 915 p.
11. **-Ba K., Tine E., Destain J., Cisse N. et Thonart P., 2010.** Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnol. Agro. Soc. Environ*, 14 : 131-139.
12. **-Babu PD and Subhasree RS., 2009.** Antimicrobial Activities of *Lawsonia inermis* . A Review. *Acad J Plant Sci*; 2 (4): 231-232.
13. **-Beaumont A. and Cassier P., 1983.** Classe des Insectes. In : Biologie Animale : des Protozoaires aux Métazoaires Epithélioneuriens T 2. Eds. Dunod Univ, pp. 632-833.
14. **-Békro Y.A., Janat A., békro M ., Boua B.B ., Trabi F.H and Éhilé E., 2007.** Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *caesalpinia benthamiana* (baill.) herend et zarucchi (*caesalpinaceae*). *Sciences and nature*, 2: 217 - 225.
15. **-Ben Hsouna A., Trigui M., Culioli G., Blache Y., and Jaoua S., 2011.** Antioxidant constituents from *Lawsonia inermis* leaves: Isolation, structure elucidation and antioxidative capacity. *Food Chemistry*, 125:193-200.
16. **-Benbrook C.M., 2005.** Elevating Antioxidant Levels in Food Through Organic Farming and Food Processing. The Organic Center, Foster, R.I, 81 p.
17. **-Bensaad H., 1999.** Activité biologique de *Beauveria bassiana* Bals (*Hyphomycètes, Deuteromycotina*) sur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (*Orthoptera, Acrididae*). Etude de l'influence de la température sur la croissance mycélienne, la sporulation et le cycle biologique de cet Hyphomycète. Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 98 p.
18. **-Bensalah M.K., 2009.** Etude de quelques aspects bioécologiques du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (*Orthoptera, Acrididae*) durant l'invasion 2004-2005 dans la région de Biskra. Thèse de magister en sciences agronomiques : Ecole Nationale Supérieure Agronomique -El - Harrach - Alger ,111 p.
19. **-Bissaad F.Z., 1998.** Etude de l'activité biologique de *Beauveria bassiana* sur *Schistocerca gregaria* (*Orthoptera, Acrididae*). Efficacité et effet sur la respiration et le rythme cardiaque de cet acridien. Mém Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 94 p.
20. **-Bissaad F.Z., 2002.** Etude comparative de l'effet du fipronil et d'un entomopathogène *Beauveria bassiana* Bals. sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (*Orthoptera, Acrididae*). Thèse Magister Sci. Agro, Inst. Nati. Agro, El Harrach, 112 p.

21. **-Botros R., Mikhaeil A., Badria Galal T., Maatooq and Mohamed M. A., 2004.** Antioxidant and Immunomodulatory Constituents of Henna Leave, *Z. Naturforsch.* 59c: 468-476.
22. **-Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Tec and Doc, Lavoisier, Paris, 915 p.
23. **-Chaieb I., 2005.** Les saponines du *Cestrum parquii* (l'herit) (*Solanaceae*) : nature chimique, implication physiologiques et potentiel biopesticide. Thèse de Doctorat en Science Agronomiques. Ecole supérieure d'Horticulture et d'élevage de Chott-Mariam, Tunis ,154 p
24. **-Chakraborty T., Podder G. and Deshmukh SK ., 1977.** Triterpenoids and other constituents of *Lawsonia inermis*. *Indian Journal of Chemistry Section B Organic Chemistry Including Medicinal Chemistry*; 15: 96-97.
25. **-Chaudhary G., Goyal S., and Poonia P., 2010.** *Lawsonia inermis* Linnaeus: A Phytopharmacological Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* , 2: 91-98.
26. **-Chauhan MG and Pillai APG., 2007.** Microscopic profile of powdered drug used in Indian system of medicine, Jamnagar, Gujarat, 84-85.
27. **-Chauvin R., 1938.** Anatomie et histologie du tube digestif de *Schistocerca gregaria*. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 18: 488-499.
28. **-Chavan U.D., Shahidi F., and Naczki M., 2001.** Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents. *J. Food Chem*,75: 509-512.
29. **-Copr., 1981.** Desert Locust Forecasting Manual. – Centre for Overseas Pest Research (London). D.PEDGLEY éd. T. 1: 268 p, T. 2: 142 p.
30. **-Cressman K., 2001.** Directives sur le criquet pèlerin. Prospection. Ed. Org. Nat. Uni. Agric. Alim., Rome, 33 p.
31. **-Cuong NX., Nhiem NX., Thao NP., Nama NH., Dat NT., Anh HLT., Huong LM., Kiem PV., Minh CV., Wonc J., Chung W., and Kim YH., 2010.** Inhibitors of osteoclastogenesis from *Lawsonia inermis* leaves. *Bioorg. Med. Chem. Lett*, 20(16): 4782-4784.
32. **-Dajoz R., 1983.** Précis d'écologie fondamentale et appliquée. Ed.Gauthier-Villars, Paris, 503 p.

33. **-Diallo A-M., 2005.** Etude des plantes médicinales de niafunke (region Tombouctou) Phytochimie et pharmacologie de *Maeruacrassi folia* Forsk. (*Capparidacée*). Thèse de Doctorat, Université de Bamako, 125 p.
34. **-Dirsh V.M., 1965a.** Preliminary note for the revision of the genus *Schistocerca* Stal, 1873. *Eos*, 41: 31-43.
35. **-Dirsh V.M., 1974.** Genus *Schistocerca* (*Acridomorpha*, *Insecta*). Coll. Series Entomologica no 10, W. Junk B.V. The Hague, 238 p.
36. **-Dixit SN., Srivastava HS., and Tripathi RD., 1980.** Lawsone, the antifungal antibiotic from the leaves of *Lawsonia inermis* and some aspects of its mode of action. *Indian Phytopathological*, 31: 131-133.
37. **-Djezzar M., 2007.** Effet d'un biopesticide « Green muscle » sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera-Acrididae*) et impact sur quelques espèces de la biocénose aquatique. Thèse Magister, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 155 p
38. **-Doumandji S., et Doumandji-Mitiche B., 1994.** Criquets et sauterelles (Acridologie). Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 99 p.
39. **-Duke J. A., 1985.** Handbook of medicinal herbs. Ed. CRC Press, 558 p.
40. **-Duranton J.-F. et Lecoq M., 1990.** Le criquet pèlerin au Sahel. Coll. : Acridologie opérationnelle, n°6, Ministère des affaires étrangères des Pays-Bas, Ed. La Hague/Montpellier, 183 p.
41. **-Duranton j.f., Launois m., Launois-luong m.h. et Lecoq m. et Rachadi t., 1987.** Guide antiacridien du Sahel. Ed. Cirad / Prifas, Départ. G.E.R.D.A.T, Montpellier, 343 p.
42. **-Duranton J.F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M., 1979.** Les voies privilégiées de déplacement du Criquet migrateur malgache en phase solitaire. *Bull. Ecol.* 10(2) : 107-123.
43. **-Duranton J.F., Launois M., Launois-luong M.H. et Lecoq M., 1982.** manuel de prospection acridienne en zone tropicale seche. tome i. editions gerdat. paris, 695 p.
44. **-Dweck A. , 2002.** Natural ingredients for coloring and styling, *International Journal of Cosmetic Science*, 24: 287-302
45. **-Eberhard T, Robert A, et Annelise L., 2005.** Plantes aromatiques, épice aromates, condiments et huiles essentielles. Tec et Doc. Lavoisier. Paris France, 446 p.

46. **Echeuk F., 2012.** Evaluation des effets du Téflubenzuron et de l'extrait méthanolique de la plante *Haplophyllum tuberculatum* (Rutacée) sur le développement et la reproduction du criquet migrateur : *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Orthoptera ,Oedipodinae). Thèse de doctorat, Ecole Nationale supérieure Agronomique El-Harrach Alger, 151 p.
47. **-El-Hag AG., Al-Jabri AA and Habbal OA., 2007.** Antimicrobial properties of *Lawsonia inermis* (henna): a review. *Australian Journal Medical Herbalism*, 19 (3): 114-125.
48. **-Endrini S., Rahmat A., Ismail P and Taufiq-Yap YH., 2007.** Comparing of the cytotoxicity properties and mechanism of *Lawsonia inermis* and *Strobilanthes crispus* extract against several cancer cell lines. *J Med Sci.* 7(7):1098-1102.
49. **-Enneb H., Bekadhi A., Cheour F et Ferchichi A., 2015.** Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis* L.). *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 20(2): 788-793.
50. **-Ernst E., 2000.** Adverse effects of herba drugs in dermatology. *British Journal of Dermatology*; 143: 923-929.
51. **-Fagbohoun L., 2014.** Etude Chimique De Colorants Naturels Et Matériaux Résineux Traditionnels Du Bénin Dans Le Domaine Artisanal. Thèse de Doctorat. Univ. D'Avignon Et Des Pays De Vaucluse (France), 296 p.
52. **-Falleh H., R. Ksouri, K. Chaieb, N. Karray-Bouraoui, N. Trabelsi, M. Boulaaba and Abdely C., 2008.** Phenolic composition of *Cynaracac dunculus* L. organs, and their biological activities. *Compt. Rend. Biol.* 33:1372-379.
53. **-Fargues J. et Goettel M., 1996.** Environmental constraints of mycopesticides ; a challenge. *Bull OILB srop*, 19(8).
54. **-Fletcher J., 2002.** Ancient Egyptian Hair and Wigs. *The Ostrakon: The Journal of the Egyptian Study Society.* 13 (2): 2-8.
55. **-Forestier J.P., 1981.** Un séné, *Cassia obovata*, utilisé comme cosmétique : le henné neutre. *International Journal of Cosmetic Science* , 3: 211-226.
56. **-Forestier J.P., 2007.** Henna. Sorption of lawsone by hair. *International Journal of Cosmetic Science*, 4: 153 - 174.
57. **-Gacem M. A., 2011.** Contribution à l'étude de l'activité antifongique et antimycotoxinogène des extraits méthanolique et aqueux des graines de

- Citrullus colocynthis* sur la croissance de quelque moisissure d'altération de blé tendre stocké. Magister en biologie, Université Kasdi Merbah- Ouargla, 87 p.
58. -**Gagandeep C., Sandeep G., and Priyanka P., 2010.** *Lawsonia inermis* Linnaeus: A Phytopharmacological Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* ,2(2): 91-98.
59. -**Gast M., 2000.** Encyclopédie berbère in Hadrumetum-Hidjaba« Henné ». *Aix en Provence, Edisud* , 22: 3437-3440.
60. -**Gosh A., Das BK, Roy A., Mandal B. and Chandra G. (2008).** Antibacterial activity of some medicinal plant extracts. *J Nat Med*, 62(2): 259-62.
61. -**Gough D., 2004.** Le grand festin : l'Afrique de l'ouest envahie par le criquet pèlerin. Ed. Réseau intégré régional d'information (IRIN), Nairoubi, 15 p.
62. -**Grainge M., Ahmed S., 1988.** Handbook of plant with pest control properties. Wiley, New York 2nd edition, 470 p.
63. -**Grassé P.P., 1976.** Traité de Zoologie. Tome VIII. Masson. Paris, 226-259.
64. -**Greathead d.j., Kooyman c., Launois-luong m.h. et Popov g.b., 1994.** Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ed. Cirad / Prifas, 'Collection Acridologie Opérationnelle n°8', Montpellier, 147 p.
65. -**Guendouz-Benrima A., 2005,** - Ecophysiologie et bioécologie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera ; Acrididae) dans le sud algérien. Thèse doctorat. Sci. Agro. Ins. Nat. Agro., El-Harrach, 210 p.
66. -**Gupta A., Saifi AQ, Modi NT and Mishra N., 1986.** Anti-inflammatory activity of some active principles of *Lawsonia inermis* leaves. *Indian Journal of Pharmacology*; 18(2): 113-114.
67. -**Gupta S., Ali M. et Alamo M.S., 1993.** A naphthoquinone from *Lawsonia inermis* stem bark. *Phytochemistry*, 33: 723-724.
68. -**Gupta S., Ali M., Alam MS, Niwa M. and Sakai T. 1992.** 24 β -ethylcholest-4-en-3- β -ol from the Roots of *Lawsonia inermis*. *Phytochemistry* , 31(7) : 2558-2560.
69. -**Halouane F., 1997.** Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et de *Locusta migratoria* (Linné, 1768) (Orthoptera, Acrididae). Efficacité de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Hyphomycètes, Deuteromycotina) et effet sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria*. Thèse Magister sci. agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 235 p.

70. -**Halouane F., 2008.** Recherche sur l'acridopathogène *Beauveria bassiana* (Hyphomycète, Deuteromycotina) : Biologie, production et application sur *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) et *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Orthoptera, Acrididae). Thèse de Doctorat d'Etat, Inst. Nati. Agro., El Harrach, 190 p.
71. -**Hamidi H., 1989.** Etude bioécologique des peuplements orthoptérologiques des dunes fixées du littoral algérois. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El Harrach, 165 p.
72. -**Harborne J.B., 1973.** Phytochemical methods. Chapman and Hall Ltd., London. 188 p.
73. -**Hemour S., 2005.** Etude morphométrique et effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina, Hyphomycètes) sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 103 p.
74. -**Hemour S., 2005.** Etude morphométrique et effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina, Hyphomycètes) sur quelques paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). Mém. Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 103p.
75. -**Hemour S., 2009.** Effet d'un bio pesticide « Green Muscle » (*Metarhizium anisopliae* var. *acridum* IMI 330189) sur la reproduction du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) en conditions contrôlées. Thèse Magister, Ecole. Nati. Agro., El Harrach, 163 p.
76. -**Hosein HKM and Zinab D., 2007.** Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Henna Leaves Extracts (*Lawsonia inermis*). *World J Dairy and Food Sci*; 2(1): 38-41.
77. -**Idrissi Hassani L. M., et Hermas J., 2008.** Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. baetica*, 19: 71-84.
78. -**Jacobson M., 1989.** Botanical pesticides past, present and future. In: insecticide of Plant Origin. *ACS Symposium Series*, 387: 1-10.
79. -**Jain VC., Shah DP., Sonani NG., Dhakara S., and Patel NM., 2010.** Pharmacognostical and preliminary phytochemical investigation of *Lawsonia inermis* L. leaf. *Romanian Journal of Biology - Plant Biology*, 55: 127-133.

80. -Joy P.P., Thomas J., Mathew S., et Skaria B.P. 2001. Medicinal Plants. Tropical Horticulture Vol. 2, (eds. Bose, T.K., Kabir, J., Das, P. and Joy, P.P.). NayaProkash, Calcutta, pp. 449-632.
81. -Kaidi N., 2004. Effet de la température et des milieux de culture sur *Beauveria bassiana* Bals. (*Hyphomycètes, Deuteromycotina*). Activité biologique de cet entomopathogène vis-à-vis des imagos de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Cyrtacanthacridinae, Acrididae*) et de *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (*Oedipodinae, Acrididae*). Mém.Ing. Inst. Nati. Agro., El Harrach, 115 p.
82. -Kaidi N., 2007. Bioécologie de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (*Orthoptera ; Cyrtacanthacridinae*) dans la région de l'Ahaggar. These magister. Sci. Agro. Ins. Nat. Agro., El-Harrach, 168 p.
83. -Karumi Y., Onyeyili P.A., and Ogugbuaja V.O., 2004. Identification of active principals of *M. balsamina* (Balsam apple) leaf extract. *J Med Sci* ,4: 179-182.
84. -Kebèche M., Lakroun Z., Mraïhi Z et Soulimani R., 2011. Effet antidiabétogène et cytoprotecteur de l'extrait butanolique de *Ranunculus repens* L. et de la quercétine sur un modèle expérimental de diabète alloxanique. *Phytothérapie*. 9: 274-282
85. -Keita Y., koné O., Ethakinen V., 2004. Etude chimique et activité antibactérienne des distillats de quelques variétés de mangue de Guinée. *Compte rendus chimie*, 7: 1095-1100
86. -Khorrami J.S., 1979. Dosage du Lawsone dans le Henné par la méthode colorimétrique. *Pharmaceutical Biologie*, 17 (3) : 131-134.
87. -Kluger N., Raison-Peyron N. et Guillot B., 2008. Tatouages temporaires au henné: des effets indésirables parfois graves. *Presse Med*, 37 :1138-1142.
88. -Kok A. N., Ertekin M. V., Ertekin V. et Avci B., 2004. Henna (*Lawsonia inermis* Linn.) induced haemolyticanaemia in siblings. Ltd In. *Journal Clin Pract*; 58: 530-532.
89. -Lamchahab F.Z., Guerrouj B., Benomar S., Ait Ourhroui M., Senouci K., Hassam B. et Benzekri L., 2011. Du henné d'un tatouage symbolique à une vraie dermatose. *Archives de Pédiatrie-Elsevier Masson SAS*, 18 : 653-656.
90. -Latchininsky A.V., et Launois-Luong M.H., 1997. Le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal, 1775) dans la partie nord-orientale de son aire de distribution. CIRAD-PRIFAS : Montpellier (France) / Institut Pan Russe de la Protection des Plantes (VIZR) : Saint Pétersbourg (Russie), 192 p.

91. **-Lecoq M., 2003.** La menace du criquet pèlerin pour le développement agricole et la sécurité alimentaire et le rôle de la FAO pour son contrôle. Conférence présentée lors du 8eme congrès arabe de protection des plantes, El-beida : 1-8 p.
92. **-Lock O., Cabello I., and Doroteo V. H., 2006.** Analysis of flavonoids in plants. *Current Medicinal Chemistry*, 20 : 6-11.
93. **-Luong-Skormand M.H., Rachadi t. et Lecoq M., 1999.** La lutte contre les criquets ravageurs : l'intérêt des mycopesticides. Ed. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures ,Paris,19 :49-52. (Disponible sur [http://www.inra.fr/dpenv/ do.htm#d19](http://www.inra.fr/dpenv/do.htm#d19)).
94. **-Macheix JJ., Fleuriet A et Chritian JA., 2006.** Composés phénoliques dans la plante- structure, biosynthèse, répartition et rôles In « les polyphénols en agroalimentaire». Édition Lavoisier , 1-27 p.
95. **-Makhija IK., Dhananjaya DR., Kumar VS., Devkar R., Khamar D., Manglani N., Chandrakar S., 2011.** *Lawsonia inermis* -from traditional use to scientific assessment. *African Journal of Pharmaceutical Sciences and Pharmacy*, 2: 145-165.
96. **-Malec L.S., and Pamilio A.B., 2003.** Herbivory effects on the chemical constituents of *Bromus pictus*. *Molecular Medicinal Chemistry* .1: 30-38.
97. **-Mansour-Djaalab H., 2014.** Evaluation chimique et activite antidermatophyte de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse de Doctorat. Univ. De Constantine (Algérie),161p.
98. **-Marston A., and Hostettmann K., 2006.** Developments in the application of counter current chromatography to plant analysis. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2): 181-194.
99. **-Martoja R., and Martoja M., 1967.** Initiation aux techniques de l'histologie animale. Paris, France : Masson et Cie. 345 p.
100. **-Mojab F., Kamalinejab M., Ghaderi N., and Vahidipour H.R., 2003.** Phytochemical screening of some species of Iranian plants. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 77-82.
101. **-Muhammad HS and Muhammad S., 2005.** The use of *Lawsonia inermis* linn. (Henna) in the management of burn wound infection. *Afr. J. Biotechno*, 14 (9):934-937.
102. **-Musa AE., and Gasmelseed GA., 2012.** Characterization of *Lawsonia inermis* (Henna) as Vegetable Tanning Material. *Journal of forest products and industries*, 1: 35-40.

103. **Nasiruddin, M. Etmordue(LUNTZ) A.J., 1993.** The effect of azadirachtin on the midgut histology of the locusts *Schistocerca gregaria* and *Locusta migratoria*. *Tissue and Cell*, 25: 875-884.
104. **-Oladele A.T and Adewunmi CO., 2008.** Medicinal plants used in the management of malaria among the traditional medicine practitioners (TEPS) in south western Nigeria. *Afr J Infect Dis*; 2(1): 51-59.
105. **-Ouraini D., Agoumi A., Ismail-Alaoui M., Alaoui K., Cherrah Y., Alaou M.A.et Roubar , I.,2004.** Plantes médicinales d'outre-mer et pharmacopée : Aspect juridiques, économique et culturels. *Phytothérapie*, 1 :16-21.
106. **-Outtar F., 2006.** Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* bals. et *Metarhiziumanisopliae* var *acridium* Metch. (*Hyphomycètes, Deuteromycotina*) sur l'état embryonnaire de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk. ,1775), (*Cyrtacanthacridinae, Acrididae*).Mem. Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 102 p.
107. **-Outtar F., 2015.** Place des biopesticides dans la lutte antiacridienne : Essai et méthodes d'utilisation contre les criquets. Thèse de Doctorat en Science Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El-Harrach 182 p.
108. **-Oyedeji A.O., Ekundayo O. and Koenig W.A., 2005.** Essential Oil Composition of *Lawsoniainermis* L. Leaves from Nigeria. *Journal of Essential Oil Research: JEOR*.
109. **-Paris M., Hurabielle M., 1981.** Abrégé de Matière médicale pharmacognosie. tomes 1, Masson M, Paris, P 339.
110. **-Paris R.R et Moysse., 1965.** Précis de matière médicale. Edition Paris : Masson. 412 p.
111. **-Pasquier R. et Gerbinot B., 1945.** Utilisation du mélia pour la protection des cultures contre les invasions de la sauterelle pèlerine. *Bull. Sem. Off. Nat. Lutte antiacridien* 2(2) : 17-23.
112. **-Popov G.B., 1997.** Atlas des aires de reproduction du criquet pèlerin. Ed. Org. Nat. Uni. Agric. Alim., Rome, 122 p.
113. **-Popov G.B., Duranton J. F. et Gigault J., 1991.** Etude écologique des biotopes du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) en Afrique du Nord Occidentale. Ed. Cirad/ Prifas, Minist. Coop. Dév. ONU, Cent. Coop. Inter. Rech. Agro. Dév., 743 p.
114. **-Pratibha G and Korwar G.R., 1999.** Estimation of lawsonine in henna (*Lawsoniainermis*). *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*. 21: 658-660.

115. **-Quy Diem Do , Artik E.A ., Phuong Lan T.N ., Lien Huong H., Felycia Edi S ., Suryadi I and Yi-Hsu J., 2014.** Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatic*. *journal of food and drug analysis*, 2 2 : 296 -302.
116. **-Rahmoun M. N., 2009.** Evaluation de l'activité antibactérienne et antifongique de produits dérivés de la lawsone. Mem. Magister enBiologie. Univ. De Telemcen (Algérie), 90 p.
117. **-Raja P. B., Qureshi A.K., Rahim A. A., Awang K, Mukhtar M. R., and Osman H., 2013.** Indole Alkaloids of *Alstonia angustifolia* var. *latifolia* as Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl Media. *J. Mat. Engr. Perf*, 22: 1072-1078.
118. **-Reichling VJ., Harkenthal M., Brandt H., and Bayerl C., 1999.** Temporare Henna Taottoos. *Deutsche Apotheker Zeitung*, 139 (33):35-41.
119. **-Rembold H., 1997.** *Melia volkensii*: a natural insecticide against desert locust, pp.185-191 in KRALL S., PEVELING R. and BA DIALLO D., *New strategies in locust control*, Ed. Birkhäuser Verlag, Basel/ Switzerland, 522 p.
120. **-Rhazi N., 2015.** Mise au point de mélanges collants écologiques d'*Acacia mollissima* du Maroc. Thèse de doctorat en Chimie des matériaux composites, Université Hassan II de Casablanca et L'Université de Pau et des Pays d'Adour, 153 p.
121. **-Roques H., 1960.** Précis de botanique pharmaceutique : Phanérogamie. Librairie Maloine S.A, 546 p.
122. **-Sanni S., Thilza IB, Ahmed MT, Sanni FS, Talle M. and Okwor GO., 2010.** The effect of aqueous leaves extract of henna (*Lawsonia inermis*) in carbon tetrachloride induced hepato-toxicity in swiss albino mice. *Academia arena*, 2(6): 87-89.
123. **-Sauriasari R., Wang D.H., Takemura Y., Tsutsui K., Masuoka N., Sano K., Horita M., Wang B.L. et Ogino K. 2007.** Cytotoxicity of lawsone and cytoprotective activity of antioxidants in catalase mutant *Escherichia coli*. *Toxicology*; 235 :103-111.
124. **-Saya H F., 1999.** Action de l'azadirachtine, biopesticide potentiel extrait d'une plante Méliacée *Azadirachta indica*, sur la reproduction d'un insecte. Actes du colloque international «Les substances naturelles au service de l'industrie et de la médecine»: Université My Ismail. Meknès, 57-64.
125. **-Saya H F., Idaomar M., Sorenzo L. Etkarlinsky A., 1998.** Endocrine and neuroendocrine effect of azadirachtin in adult females of *Labidura riparia*. *Tissue and Cell*, 30: 86-94.

126. **-Saya H, F., Fay E T C., Idaomar M., Etkarlinsky A., 1996.** Effet of azadirachtin on vitellogenesis of *Labidura riparia* (Insect Dermaptera). *Tissue and Cell*, 28: 741-749.
127. **-Scarone F., 1939.** Le henné dans le monde Musulman. *L'Agronomie Coloniale*, 28: 97-107.
128. **-Schlute R., U. Etschulz W.D., 1984.** Structural damages caused by neem in *Epilachna varivestis*: A summary of histological and ultrastructural data. I. Tissue affected in larvae. (Eds) *Natural Pesticides from the Neem Tree (Azadirachta indica A. Juss) and other tropical plants*, 227-236.
129. **-Sharma V.K., 1990.** Tuberculostatic activity of henna (*Lawsonia inermis* Linn.). *Tubercle*; 71: 293-295.
130. **-Siddiqui B.S., et Kardar M.N., 2001.** Triterpenoids from *Lawsonia alba*. *Phytochemistry*; 58: 1195-1198.
131. **-Smith M. J., 2009.** Traversing eternity: texts for the afterlife from Ptolemaic and Roman Egypt.
132. **-Stalikas C D., 2007.** Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci.*, 30: 3268-3295.
133. **-Steer L. et Goudet M., 2004.** Les plantes aromatiques, médicinales et tinctoriales, un atout pour le développement rural de la région de Tata-Etudes thématiques en vue du développement des oasis de la région de Tata (Maroc). CNEARC-Montpellier, 46 p.
134. **-Storozhenko S.YU., 1991.** Locusts and grasshoppers pests of USSR. Coll. The Orthopterists'Society, Series of Field Guides. The Field Guides to the most serious locust and grasshopper pests of the World no D7E, Orthopterists' Society: Quebec, 89 p.
135. **-Symmons P.M. et Cressman K., 2001.** Directives sur le criquet pèlerin : le criquet pèlerin, biologie et comportement. *Ed. Food agric Org*, Rome, 22 p.
136. **-Takeda Y and Fatope MO., 1988.** New phenolic glucosides from *Lawsonia inermis*. *J. Nat. Prod*, 51(4):725-729.
137. **-The Plant List., 2010.** Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> en consulté le 21 -07 2017.
138. **-Thiam a., Diouf h.r., Kuiseual j., Sarr a., Thiam m., 2004 .** Pesticides et Alternatives. Lutte antiacridienne : Guérir c'est bien, mais prévenir c'est mieux.N° 23. Ed. Pesticide Action Network (PAN) Africa, Dakar, n°23, 23p.

139. **-Triguia M., Ben Hsouna A., Hammami I., Culioli G., Ksantini M., Tounsi S., and Jaoua S., 2013.** Efficacy of *Lawsonia inermis* leaves extract and its phenolic compounds against olive knot and crown gall diseases. *Crop Protection*, 45: 83-88.
140. **-Triseleva T.A., 1996.** On the influence of feeding on different plants on the epithelium of the midgut in *Myzodes persicae* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Entomological Review*, 75: 155-161.
141. **-Uma D.B., Wan W.M., 2010.** Optimization of extraction parameters of total phenolic compounds from henna (*Lawsonia inermis*) leaves (pengetimuman parameter pengekstrakan jumlah sebatian fenolik daripada daun inai (*Lawsonia inermis*)). *Sains malaysiana*, 39(1): 119-128.
142. **-Uvarov B.P., 1966.** Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. Vol. 1, anatomy, physiology, development, phase polymorphism, introduction to taxonomy, Cambridge (University Press), 481 p.
143. **-Uygur-Bayramicli O., Dabak R., and Sargin M., 2005.** Acute chemical colitis resulting from oral intake of henna. *J. Clin. Gastroenterol*, 39: 920-921.
144. **-Wichtl M., 1999.** Plantes thérapeutiques: Tradition, pratique officinale. Science et thérapeutique 3ème édition. Edition française par Robert Anton. Technique et documentation, 262-264.
145. **-Wong KC., and Teng YE., 1995.** Volatile Components of *Lawsonia inermis* L. Flowers. *J Essent Oil Res*, 7 : 425-428.
146. **-Yogisha S., Samiulla S. D., Prashanth D., Padmaja R., Amit A., 2002.** Trypsin inhibitory activity of *Lawsonia inermis*. *Filoterapia*; 73 :690-691.
147. **-Zumrutdal ME, Ozaslan M, Tuzcu M, Kalender ME, Dag lioglu K, Akova A., Karagoz ID., Kilic IH., Colak O., Koksall F., 2008.** Effect of *Lawsonia inermis* treatment on mice with sarcoma. *African Journal of Biotechnology*, 7: 2781-2786.

Annexe

Tableau 1 : Matériels et produits utilisés

Réactifs, additifs et solutions	Verreries	Appareils
- Agar Agar -Eau de javel -Eau distillé - FeCl ₃ -Méthanol - HCl - Drangenadorff - Acide sulfurique - Ammoniaque - NaOH - éthanol absolu - Formol	-Flacon en verre de 250 ml stériles -Portoir -Spatule en inox -Tube à essai stérile -Béchers stériles -Burettes -Eprovettes graduées -Erlen Meyer Portoir -Seringue -Ballon de 500 ml -Ependorf -Papier aluminium	-Thermomètre -Bain marie -Etuve à température réglable (37°C et 44°C) -Balance analytique -Microscope photonique



Photo 1 :Plaque de refroidissement



Photo 2 : Etuve Déparaffinage



Photo 3 :Appareil de circulation



Photo 4 : Microtome

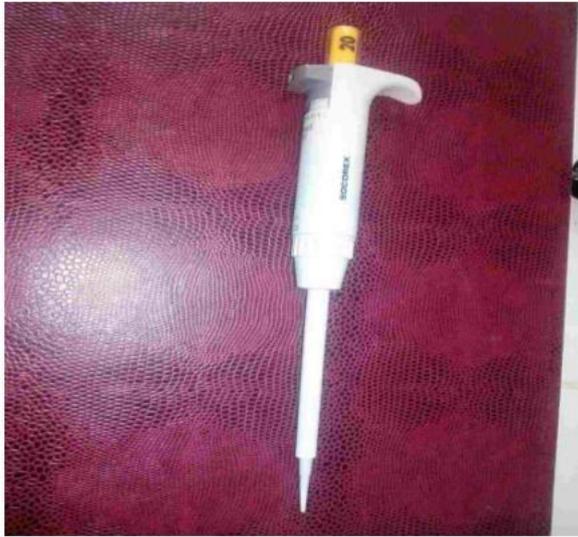


Photo 5 : Micropipette



Photo 6 : Balance de précision