

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Larbi Ben M'hidi –Oum El bouaghi-**



**Faculté Sciences exacte et sciences de la nature et de la vie**  
**Département: Sciences de la nature et de la vie**

**N° d'ordre :**

**N° de série :**

**Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Science**  
**Filière: Biologie Végétale**  
**Spécialité: Biotechnologie végétale**

**Titre :**

**Etude phytochimique et biologique**  
**de *Lantana camara* L.**

**Présentée et soutenue par : M<sup>me</sup> TALHI Fahima épouse KADRI**

**Soutenu le : 30 Mai 2022**

**Devant le jury :**

**Président :**

ZELAGUI Amar                      Professeur                      Université Larbi Ben M'hidi                      Oum El bouaghi

**Directeur de thèse :**

GHERRAF Noureddine                      Professeur                      Université Larbi Ben M'hidi                      Oum El bouaghi

**Examineurs :**

AKKAL Saleh                      Professeur                      Université Mentouri1                      Constantine

KADI Kenza                      Professeur                      Université Abbes Leghrour                      Khenchela

BENBBOT Amel                      MCA                      Université Larbi Ben M'hidi                      Oum El bouaghi

CHERAIRIA Mouna                      MCA                      Université 8 Mai 1945                      Guelma

**Année universitaire 2021/2022**

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Larbi Ben M'hidi –Oum El bouaghi-**



**Faculté Sciences exacte et sciences de la nature et de la vie**  
**Département: Sciences de la nature et de la vie**

**N° d'ordre :**

**N° de série :**

**Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Science**  
**Filière: Biologie Végétale**  
**Spécialité: Biotechnologie végétale**

**Titre :**

**Etude phytochimique et biologique**  
**de *Lantana camara* L.**

**Présentée et soutenue par : M<sup>me</sup> TALHI Fahima épouse KADRI**

**Soutenu le : 30 Mai 2022**

**Devant le jury :**

**Président :**

ZELAGUI Amar	Professeur	Université Larbi Ben M'hidi	Oum El bouaghi
--------------	------------	-----------------------------	----------------

**Directeur de thèse :**

GHERRAF Nouredine	Professeur	Université Larbi Ben M'hidi	Oum El bouaghi
-------------------	------------	-----------------------------	----------------

**Examineurs :**

AKKAL Saleh	Professeur	Université Mentouri1	Constantine
-------------	------------	----------------------	-------------

KADI Kenza	Professeur	Université Abbes Leghrour	Khenchela
------------	------------	---------------------------	-----------

BENBBOT Amel	MCA	Université Larbi Ben M'hidi	Oum El bouaghi
--------------	-----	-----------------------------	----------------

CHERAIRIA Mouna	MCA	Université 8 Mai 1945	Guelma
-----------------	-----	-----------------------	--------

**Année universitaire 2021/2022**

## **Remerciement**

*Avant toute chose, je remercie **ELLAH** le tout puissant de m'avoir donné la force et la patience pour affronter ce laborieux travail de thèse.*

*J'exprime mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance au professeur **GHERRAF Noureddine** mon directeur de thèse, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique. Merci pour les conseils, le soutien et la confiance que vous m'avez accordée pour réaliser le présent travail dans les meilleures conditions ; pour m'avoir guidé mes premiers pas dans la recherche, je vous remercie pour votre disponibilité, merci pour toutes les remarques constructives apportées à ce manuscrit.*

*Au Professeur **ZELLAGUI Amar**, qui, malgré ses nombreuses occupations a accepté d'évaluer ce travail et de présider mon jury de soutenance.*

*Merci pour tout l'intérêt que vous avez accordé à ce travail.*

*Mes remerciements vont également à Mr **AKKAL Saleh** Professeur à l'Université Frères Mentourie Constantine 1,*

*À M<sup>me</sup> kadi Kenza professeur à l'Université Abess Laghrour Khenchla, à M<sup>me</sup> **BENBBOT Amel** maitre de conférence classe A à l'Université Larbi Ben M'hidi –Oum El bouaghi- et M<sup>me</sup> **CHERAIRIA Mouna** maitre de conférence classe A à l'université 8 Mai Guelma, de me fait l'honneur et le plaisir d'avoir accepté d'être examinatrices de ma thèse.*

## *Dédicace*

*A la lumière de mes yeux,*

*l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie*

*ma mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

*A mon cher père qui ma appris le sens de la persévérance  
tout au long de mes études, pour son sacrifice, ses conseils et ses  
encouragements*

*A mes chers sœurs et mes chers frères*

*Á mon cher mari qui m'a tant soutenu*

*A mes chers enfants Rafik, Djoud, Zain et Yazen*

*A mes adorables nièces et neveux*

*A mes amies surtout Awatif et Meriem, et tous*

*mes collègues au centre universitaire Abdelhafid BOUSSOUF -Mila-*

## Résumé

*Lantana camara* L. est une plante appartenant à la famille des Verbénacées, largement distribuée dans le monde et présente de multiples propriétés médicinales. La présente étude est portée sur la caractérisation botanique et phytochimique de cette plante ; pour cela plusieurs testes ont été effectués.

L'extraction par des solvants organique a mis en évidence 3 extraits de polarité différente, de plus l'extrait aqueux obtenu par macération aqueuse.

La quantification des polyphénols, des tanins hydrolysables, des flavonoïdes et des sucres totaux par les testes spectrophotométriques a révélé leurs présences en quantités considérables.

L'activité antioxydantes des différents extraits a été évaluée par des testes chimiques tels que la méthode de la réduction du fer et celle du piégeage du radical libre DPPH. Les résultats obtenus ont montré un pouvoir réducteur important de certains extraits.

Le pouvoir antibactérien des différents extraits a été évalué vis à vis des bactéries à gram positif et à gram négatif par la méthode de diffusion sur milieu solide ; les résultats obtenus ont montré que l'extrait méthanolique est le plus puissant sur la souche *Staphylococcus aureus*.

L'activité insecticide des différents extraits à des concentrations différentes a été évaluée contre les adultes et les larves de l'espèce *Tribolium castaneum* L. les résultats obtenus montrent que l'extrait méthanolique possède le plus fort pouvoir sur cette espèce.

La capacité hémolytique et anticoagulante de cette plante a été évaluée sur le sang humain ; les résultats obtenus ont montré l'efficacité de cette espèce.

Le potentiel allélopathique de l'extrait aqueux sur la germination et le développement de quatre espèces céréalières et légumineuses a montré son effet inhibiteur sur plusieurs paramètres de germination et de croissance. La poudre des feuilles de cette plante a montré d'une part son effet inhibiteur sur les mêmes espèces céréalières et légumineuses ; et d'autre part son efficacité sur la conservation en poste récolte de ces mêmes espèces. L'effet inhibiteur de l'extrait aqueux sur le développement et la croissance des espèces adventices a montré son efficacité.

**Mots clés :** Activité antioxydante, *Lantana camara* L., métabolites secondaires, phytochimie, activité antibactérienne, activités biocides, activité anticoagulante.

### Abstract

*Lantana camara* L. is a plant belonging to the Verbenaceae family, widely distributed in the world and presenting multiple medicinal properties. This work aims to study its botanical and phytochemical characteristics; In this regard some tests were carried out. Organic extraction by solvents gave 3 extracts of different polarity, and the aqueous extract was prepared by aqueous maceration. The quantification of polyphenols, flavonoids, tannins and sugar by spectrophotometric method revealed their presence in important quantities. Antioxidant activity of the different extracts was evaluated by iron reduction and DPPH free radical scavenging methods. The obtained results showed a significant reducing power of some extracts. The antibacterial activity of the different extracts was evaluated against Gram positive and Gram negative bacteria using the method of diffusion on a solid medium; the obtained results showed that the methanolic extract is the most powerful against *Staphylococcus aureus* strain. The insecticidal activity of the different extracts at different concentrations was evaluated on adults and larvae of the species *Tribolium castaneum* L. methanolic extract has the strongest power on this species.

The haemolytic and anticoagulant capacity of this plant has been evaluated using human blood; the results showed the effectiveness of all the plant extracts.

The allelopathic potential of the aqueous extract on the germination and development of four cereal and legume species showed an inhibitory effect on several germination and growth parameters. The powder of the leaves of this plant has shown, on one hand its inhibiting effect on the same cereal and leguminous species; and on the other hand, its effectiveness on the preservation of these same species during harvest. The inhibitory effect of the aqueous extract on the development and growth of weed species was significantly efficient.

**Keywords:** Antioxidant activity, *Lantana camara* L., secondary metabolites, phytochemistry, antibacterial activity, biocidal activities, anticoagulant activity.

## ملخص

*Lantana camara* هو نبات ينتمي إلى عائلة منتشر على نطاق واسع في العالم و لديه العديد من الخصائص الطبية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص النباتية و خصائص الكيمياء النباتية لهذا النبات لذلك قمنا بإجراء العديد من الاختبارات.

أظهر الاستخلاص بالمذيبات العضوية ثلاث مستخلصات ذات قطبية مختلفة، بالإضافة إلى المستخلص المائي الناتج عن النقع المائي

كشفت قياس البوليفينول والفلافونويد والعفص و السكريات عن طريق الاختبارات الطيفية وجودها بكميات معتبرة. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمختلف المستخلصات عن طريق الاختبارات الكيميائية مثل طريقة إرجاع الحديد (FRAP) و طريقة تقليل الجذور الحرة (DPPH) حيث أظهرت النتائج المحصل عليها قدرة اختزال معتبرة تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصات المختلفة ضد البكتيريا موجبة الجرام وسالبة الجرام من خلال طريقة الانتشار على وسط صلب؛ أظهرت النتائج التي تم الحصول عليه أن المستخلص الميثانولي هو

الأقوى على سلالة *Staphylococcus aureus*

تم تقييم فعالية المستخلصات النباتية المحصل عليها بتركيزات مختلفة ضد الحشرات البالغة ويرقات النوع

*Tribolium castaneum*

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن المستخلص الميثانولي له أقوى نشاط على هذا النوع من الحشرات

تقييم قدرة هذا النبات على تحليل و تخثير دم الإنسان؛ أظهر فعاليته على هذين النشاطين

أظهرت القدرة الأيلوباثية للمستخلص المائي للنبات المدروس على إنبات وتطور أربعة أنواع من الحبوب والبقوليات تأثيرها التثبيطي على العديد من عوامل الإنبات والنمو كما أظهر مسحوق أوراق هذا النبات تأثيره المثبط على نفس أنواع الحبوب والبقوليات من ناحية؛ ومن ناحية أخرى فعاليته في الحفاظ على نفس هذه الأنواع أثناء التخزين.

أظهر التأثير التثبيطي للمستخلص المائي فعاليته على نمو و تطور بعض أنواع الحشائش الضارة

## الكلمات المفتاحية

النشاط المضاد للأكسدة ، المستقلبات الثانوية ، الكيمياء النباتية ، النشاط المضاد للبكتيريا ، *Lantana camara* L

أنشطة المبيدات الحيوية، النشاط المضاد للتخثر

*Table des matières*

<b>Remerciement</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Résumés</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>I</b>

*Partie I : Revue bibliographique*

**Chapitre I : Les plantes médicinales**

<b>1- Phytothérapie.....</b>	<b>4</b>
<b>2- Plante médicinale.....</b>	<b>4</b>
<b>3- Fonctionnement des plantes médicinales.....</b>	<b>5</b>
<b>4- Drogue végétale.....</b>	<b>5</b>
<b>5- Toxicité des plantes médicinales.....</b>	<b>6</b>
<b>6- Récolte des plantes médicinales.....</b>	<b>6</b>
<b>6-1 Identifier les plantes.....</b>	<b>6</b>
<b>6-2 Respecter l'environnement et la loi.....</b>	<b>6</b>
<b>6-3 Conservation.....</b>	<b>6</b>

**Chapitre II : Généralités**

<b>1- Botanique de la plante.....</b>	<b>7</b>
<b>1-1 Famille des Verbénacées.....</b>	<b>7</b>
<b>1-2 Genre <i>Lantana</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>1-3 Espèce <i>Lantana camara</i> L.....</b>	<b>8</b>
<b>1-4 Caractéristiques morphologiques de <i>Lantana camara</i> L.....</b>	<b>8</b>
<b>1-4-1 Les feuilles.....</b>	<b>8</b>

1-4-2 Les fleurs.....	9
1-4-3 Les racines.....	10
1-4-4 La tige.....	10
1-4-4 Les fruits.....	11
2- Variétés de <i>L. camara</i> L.....	11
3- Origine de <i>L. camara</i> L.....	13
4- Habitat et écologie de la plante.....	14
5- Répartition géographique.....	15
6- Position systématique.....	16
7- Cycle de vie de <i>L. camara</i> L.....	17
8- Niveau de ploïdie.....	18
9- Reproduction de <i>L. camara</i> L.....	19
10- Toxicité de <i>L. camara</i> L.....	20
11- Control de <i>L. camara</i> L.....	21
12- Impact de <i>L. camara</i> L.....	22
13- Importance de <i>L. camara</i> L.....	23
14- Composition phytochimique.....	23
15- Propriétés médicinales de <i>L. camara</i> L.....	25
15-1 Activité antioxydante.....	25
15-2 Activité antimicrobienne.....	25
15-3 Activité antifongique.....	25
15-4 Activité anti-ulcérogène.....	25
15-5 Activité larvicide.....	25
15-6 Activité de guérison des blessures.....	26
15-7 Activité hémolytique.....	26
15-8 Activité antipyrétique.....	26
15-9 Activité anti-hyper glycémique.....	26
15- 10 Activité anticancéreuse et antiproliférative.....	26
15- 11 Activité antimutagène.....	26
15-12 Activité de cicatrisation.....	27
15-13 Activité anti-motilité.....	27
15-14 Activité antiurolithiatique.....	27
15-15 Activité anti-filarienne.....	27
15-16 Activité anti-fertilité (toxicité de l'embryon).....	27

15-17 Effet sur les globules rouges.....	27
16- Potentiel allélopathique de <i>L. camara</i> L.....	28
17- Utilisation de <i>L. camara</i> L.....	28

### Chapitre III : Les métabolites secondaires

1- Généralités sur les métabolites secondaires.....	31
2- Classification des métabolites secondaires.....	31
2-1 Les composés phénoliques.....	31
2-2-1 Structure chimique.....	31
2-2-2 Propriétés des polyphénols.....	32
2-2 Les alcaloïdes.....	32
2-2-1 Structure chimique.....	33
2-2-2 Propriété des alcaloïdes.....	34
2-3 Les terpénoïdes.....	34
2-3-1 Structure chimique.....	34
2-3-3 Propriétés des terpénoïdes.....	35

### Chapitre V : Le stress oxydatif

1- Radical libre.....	37
2- Espèces réactives de l'oxygène.....	37
3- Dommages induits par les espèces réactives de l'oxygène (ERO).....	38
3-1 Oxydation de l'acide désoxyribonucléique (ADN).....	38
3-2 Oxydation des protéines.....	38
3-3 Oxydation des sucres.....	39
3-4 Oxydation des lipides.....	39
4- Stress oxydant.....	40
5- Antioxydants.....	40
5-1 Antioxydants enzymatiques.....	41
a- Catalase.....	41
b- Superoxydes Dismutases.....	42
c- Glutathion peroxydase.....	42
5-2 Antioxydants non enzymatiques.....	42

5-2-1 Vitamines.....	42
5-2-2 Oligoéléments.....	43
5-2-3 Composés phénoliques.....	43

*Partie II : Matériel et méthodes*

<b>I-</b>	<b>Matériel végétal.....</b>	<b>45</b>
1-	Récolte de la plante.....	45
2-	Préparation de la poudre.....	45
<b>II-</b>	<b>Méthodes.....</b>	<b>46</b>
1-	Calcul des rendements.....	46
1-1	Détermination de la teneur en eau.....	46
1-2	Détermination de la teneur en cendres totales.....	46
1-3	Teneur en substances extractibles par l'eau.....	47
1-4	Teneur en substances extractibles par l'éthanol.....	47
2-	Extractions.....	48
2-1	Extraction par macération à l'eau distillée.....	48
2-2	Extraction avec les solvants organiques.....	48
3-	Dosage spectrophotométrique.....	51
4-1	Dosage des polyphénols totaux.....	51
4-2	Dosage des tanins hydrolysables.....	52
4-3	Dosage des flavonoïdes.....	53
4-4	Dosage des sucres totaux.....	53
4-	Activité antioxydante.....	54
5-1	Activité antioxydante par diphenyle-picryl-hydrazyl (DPPH).....	54
5-3	Pouvoir réducteur par la méthode FRAP.....	55
5-	Activité antimicrobienne.....	55
6-	Activité hémolytique.....	57
7-	Activité anticoagulante.....	58
8-1	Évaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie endogène.....	59
8-2	Évaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie exogène.....	60
8-	Activité insecticide.....	60
9-1	Activité adulticide.....	61
9-2	Activité larvicide.....	62

9- Potentiel allélopathique de <i>L. camara</i> L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales.....	62
9-1 Effet de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales.....	63
9-2 Effet de la poudre de <i>L. camara</i> L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales.....	66
9-3 Effet de la poudre de <i>L. camara</i> L. sur le stockage de quelques espèces végétales.....	67
9-4 Effet herbicide de <i>L. camara</i> L. sur quelques espèces adventices.....	70
✚ Analyse statistique.....	72

### *Partie III : Résultats et discussion*

1- Calcule des rendements.....	74
2- Extraction.....	74
3- Dosage spectrophotométrique.....	76
3-1 Dosage des polyphénols totaux.....	76
3-2 Dosage des tanins hydrolysables.....	78
3-3 Dosage des flavonoïdes.....	79
3-4 Dosage des sucres totaux.....	81
4- Activité antioxydante.....	81
5-1 Activité antioxydante par diphényle-picryl-hydrazyl (DPPH).....	82
5-2 Pouvoir réducteur par la méthode FRAP.....	84
5- Activité antibactérienne.....	84
7- Activité hémolytique.....	88
8- Activité anticoagulante.....	90
8-1 Évaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie endogène.....	90
8-2 Évaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie exogène.....	93
9- Activité insecticide.....	95
9-1 Activité adulticide.....	96
9-2 Activité larvicide.....	100
10- Potentiel allélopathique de <i>L. camara</i> L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales.....	105
10-1 Effet de l'extrait aqueux sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales.....	105

10-2 Effet de la poudre de <i>L. camara</i> L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales.....	114
10-3 Effet de la poudre de <i>L. camara</i> L. sur le stockage de quelques espèces végétales.....	119
10-3-1 Qualité organoleptique des grains stockés.....	119
10-3-2 Germination et croissance des espèces traitées et non traitées.....	121
10-4 Effet herbicide de l'extrait aqueux des feuilles de <i>L. camara</i> L. sur quelques espèces adventices.....	129
10-4-1 Effet sur la germination des graines.....	129
10-4-2 Effet sur la croissance des racines.....	130
10-4-3 Effet sur la croissance des tiges.....	130
10-4-4 Pourcentage de stimulation et/ou d'inhibition des racines.....	131
Conclusion générale.....	134
Références bibliographiques.....	137
Publications et séminaires	

### *Liste des abréviations*

- AG** : Acide gallique
- AGE** : Advanced Glycation End Products
- ATCC** : American Type Culture Collection
- ATPase** : Adénosine triphosphatases
- BN** : Bouillons nutritif
- CAT** : Catalase
- DO** : Densité optique
- DPPH** : 2,2 diphényl-1-picryl hydrazyl
- EAq** : Extrait aqueux
- ECh** : Extrait chloroformique
- EEp** : Extrait éther de pétrole
- EMe** : Extrait méthanolique
- GPx** : Glutathion peroxydase
- GAE** : Equivalent acide gallique
- Ig** : Index de germination
- K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>** : Ferrocyanure de potassium
- M** : Longueur moyenne des racines des plantes traitées
- Mc** : Longueur moyennes des racines (ou des pousses) des plantes témoins
- MH** : Miller Hinton
- Ms** : Longueur moyenne des pousses des plantes traitées
- Ng** : Nombre de graines germées.
- Nn** : Nombre de graines germées au temps T<sub>n</sub>
- Nn** : Pourcentage de germination au n<sup>ème</sup> jour
- Ns** : Nombre de graines semées
- PDA** : Potatos Dextrose Agar
- RBC** : Red Blood Cell
- RL** : Radicale libre
- RLC** : Longueur des tiges ou des racines des plantes témoins
- RLT** : Longueur des tiges ou des racines des plantes traitées
- Rr** : Longueur relative des racines
- Rs** : Longueur relative des pousses
- SOD** : Superoxydes Dismutases

## Liste des abréviations

---

**TCK** : Temps du Céphaline Kaolin

**Tg** : Taux de germination

**Ti** : Taux d'inhibition de croissance des tiges ou des racines

**Ti** : Taux d'inhibition germination

**TQ** : Temps de Quick

**TP**: Taux de prothrombine

**UV** : Ultra Violet

**V** : Vitesse de germination

**X%** : Pourcentage de germination

*Liste des figures*

N°	Titre	Page
1	<i>Lantana camara</i> L. (Photo personnelle, Octobre 2019)	8
2	Feuilles de <i>Lantana camara</i> L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)	9
3	Fleurs de <i>Lantana camara</i> L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)	10
4	Tige de <i>Lantana camara</i> L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)	10
5	Fruits de <i>Lantana camara</i> L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Avril 2019)	11
6	<i>Lantana camara</i> L. variétés <i>Brasier Rouge</i> (Maaoui, 2014)	12
7	<i>Lantana camara</i> L. variétés <i>Flava</i> (Maaoui, 2014).	12
8	<i>Lantana camara</i> L. variétés <i>Feston Rose</i> (Maaoui, 2014).	12
9	<i>Lantana camara</i> L. variétés <i>Avalanche blanc</i> (Day et al., 2003).	13
10	<i>Lantana camara</i> L. variétés <i>sunrise rose</i> (Photo personnelle, Ferdjiwa 2020).	13
11	Répartition géographique de <i>Lantana camara</i> dans le monde (Taylor et al., 2011)	16
12	Structure chimique des lantadènes A, B, C et D (Sharma, 1997)	21
13	Propriétés médicinales de <i>Lantana camara</i> L. (Sanjeeb, 2012).	24
14	Structure chimique des polyphénols (Rufatto et al., 2017)	32
15	Les principaux cycles azotés des alcaloïdes (Lucienne, 1958)	33
16	Structure de base de l'isoprène (Bruneton, 2009)	35
17	Molécules intervenant dans les protections cellulaires (Michelin et Severino, 1987)	37
18	Réactions de peroxydation lipidique (Cillard et Cillard, 2006)	39
19	Réaction de détoxification du radical-anion superoxyde et du peroxyde d'hydrogène (Hennebelle, 2006).	41
20	Situation géographique de la zone de prospection	45
21	Préparation de la poudre des feuilles <i>L. camara</i> L. (A : Feuilles Sèches, B : Poudre)	46
22	Schéma de macération aqueuse des feuilles de <i>L. camara</i> L.	48

<b>23</b>	Schéma d'extraction de la poudre des feuilles de <i>L. camara</i> L. par les solvants organiques	<b>50</b>
<b>24</b>	Les différentes étapes d'extraction : A : agitation, B : filtration, C : évaporation	<b>51</b>
<b>25</b>	Effet des différents extraits de <i>L. camara</i> L. contre les adultes de <i>T. castaneum</i>	<b>62</b>
<b>26</b>	Dispositif germinatif des graines testées	<b>64</b>
<b>27</b>	Espèces adventices A : <i>Centaurea macrocephala</i> ,B : <i>Silybum marianum</i> , C : <i>Brassica rapa</i>	<b>71</b>
<b>28</b>	Rendement des différents extraits des feuilles de <i>L. camara</i> L.	<b>75</b>
<b>29</b>	Teneurs en polyphénols totaux des différents extraits de <i>L. camara</i> .	<b>77</b>
<b>30</b>	Teneur en tanins hydrolysables des différents extraits des feuilles de <i>L. camara</i> L.	<b>78</b>
<b>31</b>	Teneur en flavonoïdes des différents extraits des feuilles de <i>L. camara</i> L.	<b>80</b>
<b>32</b>	Pourcentage d'inhibition de DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits de <i>L. camara</i> L.	<b>82</b>
<b>33</b>	Réduction du fer des différents extraits de <i>L. camara</i> L. en fonction de concentration	<b>84</b>
<b>34</b>	Photos de sensibilité des souches bactériennes aux différents extraits et au témoin positif (gentamicine) et négatif (DMSO)	<b>87</b>
<b>35</b>	Pourcentage d'hémolyse des différents extraits de <i>L. camara</i> L. en fonction de leurs concentrations.	<b>90</b>
<b>36</b>	Temps de coagulation (TCK) des différents extraits en fonction des différents volumes.	<b>92</b>
<b>37</b>	Temps de coagulation (TQ) des différents extraits en fonction des différents volumes.	<b>93</b>
<b>38</b>	Taux de mortalité des insectes de <i>T. castaneum</i> sous l'influence de différentes concentrations de l'extrait éther de pétrole de <i>L. camara</i> L	<b>96</b>
<b>39</b>	Taux de mortalité des insectes de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait méthanolique de <i>L. camara</i> L.	<b>97</b>
<b>40</b>	Taux de mortalité des insectes de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L.	<b>98</b>
<b>41</b>	Taux de mortalité des insectes de <i>T. castaneum</i> sous l'influence de différentes concentrations de l'extrait chloroformique de <i>L. camara</i> L.	<b>99</b>
<b>42</b>	Taux de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait éther de pétrole de <i>L. camara</i> L.	<b>101</b>
<b>43</b>	Taux de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait chloroformique de <i>L. camara</i> L.	<b>102</b>
<b>44</b>	Taux de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait méthanolique de <i>L. camara</i> L.	<b>103</b>
<b>45</b>	Taux de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L.	<b>103</b>
<b>46</b>	Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur le taux de germination des quatre espèces étudiées	<b>105</b>
<b>47</b>	Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur le taux d'inhibition de germination des quatre espèces étudiées.	<b>106</b>
<b>48</b>	Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la	<b>107</b>

## Liste des figures

	cinétique de germination de blé dur.	
<b>49</b>	Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la cinétique de germination de l'orge	<b>107</b>
<b>50</b>	Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la cinétique de germination de lentille.	<b>108</b>
<b>51</b>	Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la cinétique de germination de pois chiche.	<b>108</b>
<b>52</b>	Vitesse de germination des graines des quatre espèces végétales traitées par les différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. et comparées avec le lot témoin	<b>109</b>
<b>53</b>	Index de germination des quatre espèces végétales traitées par différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. et comparées avec le lot témoin	<b>110</b>
<b>54</b>	Longueur relative des racines des quatre espèces végétales traitées par différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L.	<b>111</b>
<b>55</b>	Longueur relative des pousses des quatre espèces végétales traitées par différentes concentrations de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L.	<b>111</b>
<b>56</b>	Effet inhibiteur de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la croissance des racines des quatre espèces végétales.	<b>112</b>
<b>57</b>	Effet inhibiteur de l'extrait aqueux de <i>L. camara</i> L. sur la croissance des pousses des quatre espèces végétales	<b>113</b>
<b>58</b>	Pourcentage de germination des espèces étudiées.	<b>114</b>
<b>59</b>	Vitesse de germination des quatre espèces	<b>115</b>
<b>60</b>	Longueur relatives des pousses des quatre espèces étudiées	<b>116</b>
<b>61</b>	Pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses	<b>116</b>
<b>62</b>	Longueur relatives des racines des quatre espèces étudiées	<b>117</b>
<b>63</b>	Pourcentage d'inhibition de la longueur des racines	<b>118</b>
<b>64</b>	Taux de germination des graines avant et après le stockage, avec ou sans traitement par la poudre de <i>L. camara</i> L.	<b>122</b>
<b>65</b>	Taux d'inhibition de germination des graines avant et après le stockage, avec ou sans traitement par la poudre de <i>L. camara</i> L.	<b>123</b>
<b>66</b>	Cinétique de germination de blé dure	<b>123</b>
<b>67</b>	Cinétique de germination de l'orge	<b>124</b>
<b>68</b>	Cinétique de germination de lentille	<b>124</b>
<b>69</b>	Cinétique de germination de pois chiche	<b>125</b>
<b>70</b>	Vitesse de germination des quatre espèces	<b>126</b>
<b>71</b>	Index de germination des quatre espèces	<b>126</b>
<b>72</b>	Longueur maximale des tiges	<b>127</b>
<b>73</b>	Longueur maximale des racines	<b>128</b>
<b>74</b>	Pourcentage de germination des graines des espèces adventices comparé avec le témoin	<b>129</b>
<b>75</b>	Longueur des racines des espèces adventices comparées avec le témoin	<b>130</b>
<b>76</b>	Longueur des tiges des espèces adventices comparées avec le témoin	<b>131</b>
<b>77</b>	Pourcentage de stimulation et/ou d'inhibition des racines	<b>131</b>

*Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Description de l'habitat de <i>Lantana camara</i> L. (Neena et Jochi, 2013)	<b>15</b>
<b>II</b>	Relation classe chimique/solvant (Snyder, 1979).	<b>49</b>
<b>III</b>	Souches bactériennes testées	<b>56</b>
<b>IV</b>	Caractéristiques des différentes espèces végétales utilisées	<b>64</b>
<b>V</b>	Rendement des différentes substances dans les feuilles de <i>L. camara</i> L	<b>74</b>
<b>VI</b>	Couleurs, masse et rendement des différents extraits de <i>L. camara</i> L.	<b>75</b>
<b>VII</b>	Valeurs IC50 des différents extraits de <i>L. camara</i> L.	<b>83</b>
<b>VIII</b>	Diamètres des zones d'inhibition des bactéries par les différents extraits.	<b>85</b>
<b>IX</b>	Pourcentage d'hémolyse des différents extraits de <i>L. camara</i> L.	<b>89</b>
<b>X</b>	Temps de coagulation TCK des différents extraits en fonction du volume	<b>92</b>
<b>XI</b>	Temps de coagulation TQ des différents extraits en fonction du volume.	<b>93</b>
<b>XII</b>	Taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations des extraits de <i>L. camara</i> L.	<b>Annexe</b>
<b>XIII</b>	Taux de mortalité des larves de <i>T. castaneum</i> sous l'influence des différentes concentrations des extraits de <i>L. camara</i> L.	<b>Annexe</b>
<b>XV</b>	Evaluation de la perte en poids et de l'infestation des graines stockées.	<b>120</b>
<b>XVI</b>	Couleur, odeur et goût des variétés traitées et non traitées.	<b>121</b>

# *Introduction*

## Introduction

Malgré son ancienneté, la chimie des plantes médicinales est toujours d'une brûlante actualité. Cela tient principalement au fait que le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives. Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie (**Bahorun et al., 1996 ; Ferrari, 2002**).

Durant des siècles, ce sont les plantes qui ont fourni la plupart des médicaments. Des gens mal informés, impressionnés par le nombre croissant des médicaments chimiques de synthèse, pourraient penser que la phytothérapie n'occupe plus actuellement qu'une place négligeable en thérapeutique. Cependant bien des principes d'origine végétale restent indispensables et irremplaçables, beaucoup d'autres entrent dans la composition de multiples spécialités pharmaceutiques (**Dillemann, 2014**).

La plupart des moyens découverts par l'homme pour soulager ses maladies et panser ses blessures sont d'origine végétale. La plante constitue en effet un arsenal très riche en alcaloïdes, glucosides, saponines, huiles essentielles, coumarines, acides phénoliques, tannins, terpènes, flavonoïdes ou encore en résines.

Les plantes médicinales et aromatiques ont connus ces dernières années un important regain d'intérêt et ceci devant le recul des produits chimiques (**Baba Aissa, 2000**). La diversité de leur utilisation (pharmacologie, cosmétique, fabrication de détergents, teinture et produits de massage) a accru la demande. Cette demande a été étendue aux études de la valorisation des ressources phytogénétiques (biopesticides, pratique des cultures associées, industrie cosmétique, bioprospection, etc ...).

De par sa situation géographique particulière, l'Algérie bénéficie d'une gamme très variée de climats favorisant le développement d'une flore riche et diversifiée. En effet, le territoire Algérien couvre d'importantes ressources végétales réparties sur les côtes, les plaines, les montagnes, la steppe, le Sahara et autour de points d'eau. Ce potentiel de plantes comporte des milliers d'espèces présentant divers intérêts et constituent un axe de recherche scientifique, particulièrement dans le domaine des substances naturelles importantes pour l'économie algérienne et pour le maintien de l'équilibre écologique de la région (**Kholkhal, 2012**)

Parmi les innombrables espèces étudiées scientifiquement sont les espèces du genre *Lantana*, qui appartiennent à la famille des Verbénacées. Cette famille comprend une centaine de genres et environ 2600 espèces répartis dans les régions tropicales et subtropicales autour du monde (**Joly, 1993**). De nombreuses espèces appartenant à ce genre semblent posséder diverses propriétés biologiques et pharmacologiques ; c'est le cas notamment de l'espèce *Lantana camara* L. (**Erlânio et al., 2012**).

*Lantana camara* L. est une plante médicinale par excellence, elle a été utilisée dans de nombreuses régions du monde pour traiter une grande variété de troubles (**Ross, 1999**) tel que les plaies, la varicelle, la rougeole, la fièvre, le rhume, le rhumatisme, l'asthme et l'hypertension artérielle. Dans les pays asiatiques, les feuilles étaient utilisées pour traiter les coupures, rhumatismes, ulcères et les vers intestinaux (**Irvine, 1961**).

Dans le cadre de la valorisation de l'utilisation de ces plantes médicinales, il nous a semblé intéressant d'inscrire notre travail qui a pour objectif l'étude phytochimique et l'évaluation du potentielle allélopathique de *Lantana camara* L dans cet axe de recherche.

La présente étude s'articule autour de deux parties, dont la première concerne la recherche bibliographique sur la plante, l'allélopathie, les métabolites secondaires ainsi que le stress oxydant. La deuxième partie, rassemble le matériel utilisé, les méthodes et les techniques appliquées pour réaliser les différents tests ainsi les résultats obtenus dans cette étude et leurs discussions.

L'étude est clôturée par une conclusion générale dont laquelle les principaux résultats obtenus sont illustrés ; ces derniers pourraient stimuler d'autres travaux de recherches pour la valorisation du patrimoine végétale et pour cela différentes perspectives sont évoquées.

*Partie I : Revue  
bibliographique*

*Chapitre I : Les  
plantes médicinales*

## **Introduction**

La plupart des espèces végétales dans le monde possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie : elles présentent en effet des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus.

### **1- Phytothérapie**

Le mot **phytothérapie** provient de deux mots **grecs** («phyton» qui signifie plante et «therapein» qui signifie soigner) et désigne l'usage de plantes ou de médicaments à base de plantes à des fins thérapeutiques. La phytothérapie est donc une thérapeutique destinée à traiter certains troubles fonctionnels et certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes et de préparations à base de plantes. C'est une thérapeutique inspirée de la médecine traditionnelle basée sur un savoir empirique enrichi au fil des générations. C'est ce qu'on appelle la « phytothérapie traditionnelle », qui est toujours grandement utilisée dans certains pays qui perpétuent les usages de leurs ancêtres. Ce savoir empirique s'est ensuite transformé en analyse pour déterminer par quel mécanisme d'action les plantes pouvaient agir, et quelles étaient les molécules ou les constituants responsables de cet effet thérapeutique.

Au départ les plantes étaient transformées grâce à des techniques plutôt rudimentaires (broyées, macérées ou infusées en entier), mais qui permettaient déjà d'extraire une bonne partie des substances actives. Aujourd'hui la phytothérapie se décline sous plusieurs formes en fonction de la méthode d'extraction de la drogue végétale :

- Les tisanes
- Les formes sèches : gélules et comprimés à avaler
- Les formes liquides : sirops, macéras, teintures et extraits fluides
- Les pommades, crèmes et onguents

La phytothérapie est devenue de plus en plus une médecine à part entière grâce au regain d'intérêt de la population pour elle, et qui nécessite donc un cadre réglementaire strict afin d'assurer une bonne dispensation et une bonne utilisation des différents produits disponibles.

### **2- Plantes médicinales**

Les plantes médicinales sont des plantes qui renferment une ou plusieurs substances physiologiquement actives et possédant des propriétés curatives. Ces plantes sont rarement

utilisées directement ; elles servent de matières premières soit pour isoler leurs principes actifs à l'état pur, soit pour entraîner globalement ceux-ci avec d'autres substances dont ce que les pharmaciens appellent des préparations galéniques (extraits, teintures). D'autres plantes servent indirectement à la préparation de médicaments, en fournissant des substances qui sont utilisées comme point de départ pour la fabrication de composés organiques complexes (hémisynthèse) (**Dillemann, 2014**). Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents (**Sanago, 2006**). Les différentes parties des plantes médicinales peuvent être utilisées soit les racines, les feuilles, les fleurs ou d'autres ; et sous différentes formes, décoction, macération ou infusion (**Dutertre, 2011**).

### **3- Fonctionnement des plantes médicinales**

Au cours des dernières décennies, la recherche pharmaceutique a décrypté la composition chimique des propriétés de nombreuses plantes médicinales. L'industrie pharmaceutique a réussi à reproduire chimiquement un grand nombre de leurs composantes et à découvrir de nouvelles combinaisons, pour le bénéfice de patients et celui de la protection des ressources naturelles (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**). Chaque plante est composée de milliers de substances actives, présentes en quantité variable. Ces principes actifs isolés ne sont pas d'une grande efficacité, mais lorsqu'ils sont prélevés avec d'autres substances de la plante, ils révèlent leur aspect pharmacologique ; on parle alors de synergie, car contrairement aux médicaments allopathiques qui ne sont composés que d'un seul principe actif, les médicaments phytothérapeutiques utilisent l'ensemble des constituants de la plante (**Donald, 2000**)

### **4- Drogue végétale**

Une drogue végétale est essentiellement une plante, partie de plante, algue, champignon ou lichen entier, fragmenté ou brisé, utilisée en l'état, soit le plus souvent sous forme desséchée, soit à l'état frais. C'est elle qui possède la plus grande concentration en principe(s) actif(s) auquel(s) on attribue les vertus médicinales. Ces drogues végétales peuvent être des bourgeons, sommités floraux, racines, tige, graine, feuille, fruit ou la plante entière dans certains cas. La notion de drogue végétale prend toute son importance car elle permet d'identifier l'organe possédant les propriétés thérapeutiques recherchées. Les substances végétales sont précisément définies par la partie de la plante utilisée et la dénomination botanique selon une nomenclature bien définie.

### **5- Toxicité des plantes médicinales**

Malgré l'utilisation facile des plantes médicinales, certaines d'entre elles provoquent également des effets secondaires. Comme tous les médicaments, les plantes médicinales doivent être employées avec précaution. Il est recommandé de n'utiliser une plante que sur les conseils d'un spécialiste : mal dosée ou partie incorrecte de la plante peut avoir des effets fatals dans certaines circonstances. Toutefois, lorsqu'un traitement à base de plantes est suivi correctement, les risques d'effets secondaires sont fort limités (**Anonyme**)

### **6- Récolte des plantes médicinales**

La nature est une source très riche de plantes médicinales dont la récolte est à la fois utile et agréable. En outre, les principes actifs des plantes sauvages sont souvent plus concentrés. Pour récolter les plantes médicinales, il faut suivre certaines étapes :

#### **6-1 Identifier les plantes**

Reconnaître les plantes sans se tromper est évidemment essentiel. Pour distinguer les espèces qui se ressemblent, se procurer un guide des fleurs sauvages. Afin d'éviter toute intoxication, ne jamais cueillir une plante dont on n'est pas sûr.

#### **6-2 Respecter l'environnement et la loi**

De nombreux pays ont interdit la cueillette des plantes sauvages, certaines espèces bénéficiant d'une protection spéciale car elles sont plus rares, et en voie de disparition. Ne pas cueillir les plantes sauvages rares ou inhabituelles, même lorsqu'elles semblent pousser en abondance, et, de toute manière, ne récolter que les quantités à utiliser. Ne pas prélever l'écorce des arbres. Avant toute cueillette, observer l'endroit où vit la plante pour s'assurer de l'absence de pollution. Ne pas ramasser de plantes au bord des routes, à proximité des usines ou dans les zones où sont vaporisés des insecticides sur les cultures.

#### **6-3 Conservation**

Il existe diverses méthodes de conservation, les plus courantes et les plus simples étant le séchage à l'air ou au four. Un endroit chaud et sec est l'idéal. Poser toujours les plantes sur du papier journal. Une fois séchées, les plantes se conservent plusieurs mois dans un pot en verre teinté ou dans un sac en papier kraft.

# *Chapitre II :* *Généralités*

## 1- Botanique de la plante

### 1-1 Famille des Verbénacées

La famille des verbénacées comprend environ 3295 espèces réparties en 91 genres. C'est une famille répartie dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde ; et comprend de nombreuses formes ornementales, médicinales et utiles. Ce sont des arbres, des arbustes ou des herbes souvent à tiges quadrangulaires et à feuilles généralement opposées, simples, rarement composées. Les fleurs sont hermaphrodites, irrégulières ; le calice persistant, la corolle gamopétale, l'ovaire est supère et les fruits sont des drupes ou des baies. De nombreux genres appartenant à cette famille semblent posséder diverses propriétés biologiques et pharmacologiques, dont le genre *Lantana* a été largement étudié (**Arpana, 2015**).

### 1-2 Genre *Lantana*

Le genre *Lantana* a été décrit par Linné en 1753, il contenait sept espèces, six d'Amérique du Sud et une de l'Ethiopie (**Munir, 1996**). Le terme *Lantana* vient probablement de l'ancien nom latin du genre *Viburnum*, qui ressemble un peu dans les feuilles et les inflorescences. La classification de ce genre est difficile, parce que les espèces ne sont pas stables : l'hybridation est très répandue, la forme de l'inflorescence change avec l'âge, et la couleur des fleurs varie avec l'âge et la maturité (**Ghisalbert, 2000**). Ce genre est principalement originaire de l'Amérique tropicale et subtropicale, mais quelques taxons sont originaires de l'Asie tropicale et de l'Afrique. Actuellement, il se produit dans une cinquantaine de pays avec un très grand nombre d'espèces et sous-espèces. Il comprend des plantes herbacées et arbustives, qui peuvent atteindre une hauteur de plus de 2 m, où elles sont très souvent plantées à des fins décoratives en raison de la beauté de leurs fleurs (**Joly, 1993**).

Les espèces du genre *Lantana* sont des plantes pratiquement inattaquable par les herbivores, en raison de la présence d'une grande diversité de métabolites secondaires (**Kohli et al., 2006**). Elles ont aussi des propriétés antirhumatisme, stimulant et sudorifique, et sont utilisés pour traiter les troubles broncho-pulmonaires, et certaines espèces sont utilisés dans la lutte biologique comme pesticide (**Ghisalbert, 2000; Dua et al., 2010**). Les extraits organiques et les huiles essentielles des différentes parties des plantes du genre *Lantana* ont montré une grande variété des activités biologiques et pharmacologiques.

### 1-3 Espèce *Lantana camara* L.

*Lantana camara* L. est un arbuste aromatique de taille moyenne qui peut atteindre 2 m de haut (Sangeetha et al., 2015, Smrity et al., 2018), et elle peut se propager d'environ 2,5 mètres de large (Jajati et Indrajit, 2018), elle est vivace sur la côte d'azur, et cultivée comme annuelle ailleurs. Elle forme un buisson ramifié au feuillage opposé, triangulaires, denté, rugueux au toucher. Les fleurs, tubulaires, sont groupées en inflorescences terminales arrondies, vivement colorées (Patrick, 2008) (Figure 1). *L. camara* est une espèce hybride faisant partie d'un complexe constitué de plusieurs espèces toutes similaires morphologiquement, mais présentant des variations visibles : variations de couleur des fleurs, épinette des tiges et pilosité des feuilles (Day et Nesar, 2000).



**Figure 1 : *Lantana camara* L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)**

### 1-4 Caractéristiques morphologiques de *Lantana camara* L.

Les caractéristiques morphologiques générales de *Lantana camara* L. sont :

#### 1-4-1 Les feuilles

Les feuilles sont ovales ou ovales oblongs, aigus ou subaigus, crénelés en dents de scie, rugueux au-dessus, elles mesurent 3 à 8 cm de long et 3 à 6 cm de large avec des bords dentés. Elles sont vert vif sur la face supérieure et vert pâle, poilues et fortement veinées sur la face inférieure. Elles se développent face à face le long des tiges et leur taille et leur forme

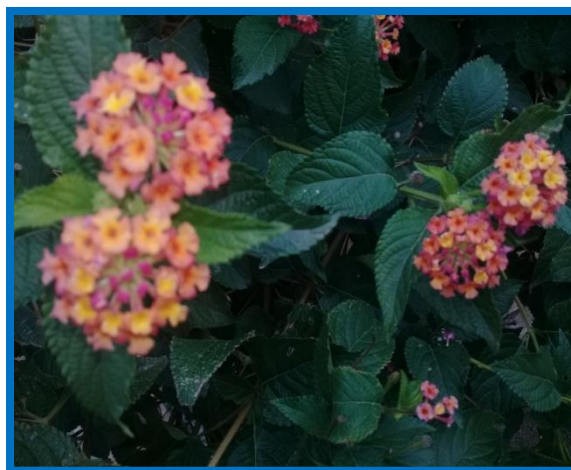
dépendent du type de *Lantana* et de la disponibilité en humidité. Les feuilles de *Lantana camara* sont rêches et velues, avec une odeur aromatique (Arpana, 2014) (Figure 2).



**Figure 2** : Feuilles de *Lantana camara* L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)

#### 4-2 Les fleurs

Les fleurs sont petites, multicolores, en pédonculées, denses en grappes, à sommet plat avec une corolle à tube étroit à quatre lobes étalés et courts, elles subissent un changement de couleur après l'anthèse. Ces fleurs se présentent en grappe qui comprend un mélange blanc-rose-lavande ou jaune-orange-rouge. La coloration jaune de la fleur fournit un signal visuel aux pollinisateurs et le changement de couleur commence dès la pollinisation. Les inflorescences sont produites par paires à l'aisselle des feuilles opposées, ils sont compactes, en forme de dôme de 2-3 cm de diamètre et contient 20-40 fleurs sessiles (Figure 3). La floraison a lieu entre août et mars, ou toute l'année si suffisamment d'humidité et de lumière sont disponibles (Priyanka et Joshi, 2013)



**Figure 3 : Fleures de *Lantana camara* L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)**

#### 4-3 Les racines

Le système racinaire est très fort avec une racine principale et un tapis de nombreuses racines latérales peu profondes ; il donne de nouvelles pousses fraîches, même après des boutures répétées (Arpana, 2015).

#### 4-4 La tige

La tige de *Lantana camara* L. est carrée, recouverte de poils hérissé verte, souvent armées ou de petits piquants éparpillés (Kalita et al., 2012). La tige est tétrangulaire, gros cornichons recourbée avec une forte odeur de courants noirs (Verma, 2018) (Figure 4).



**Figure 4 : Tige de *Lantana camara* L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Octobre 2019)**

#### 4-5 Les fruits

Les fruits sont des baies charnues en grappes, de forme globuleuse brillante, de couleur verte qui devient noire à la maturation (Arpana, 2014) (Figure 5).



**Figure 5** : Fruits de *Lantana camara* L. (Photo personnelle, Ferdjiwa Avril 2019)

#### 2- Variétés de *L. camara* L.

La variabilité de *L. camara* est une caractéristique évidente de l'espèce, et les nombreux cultivars peuvent être distingués, soit :

- **Morphologiquement** : par des différences dans les fleurs (taille, forme et couleur), les feuilles (taille, couleur et pilosité) ou les tiges (Smith et Smith, 1982)
- **Physiologiquement** : différences dans le taux de croissance ou dans la vigueur général)
- **Le niveau de ploïdie** : ou le nombre de chromosomes (Spies et Stirton, 1982b)
- **Le degré de toxicité** : pour le bétail (Kellerman et Coetzer, 1984, Swarbrick, 1986).

Les différences morphologiques et physiologiques entre les cultivars sont substantielles dans de nombreux cas et, bien que taxonomiquement ils tombent tous dans une espèce unique, chaque cultivar se comporte comme une espèce de mauvaise herbe distincte (Cilliers et Neser, 1991). Les cultivars présentent également des différences de sensibilité aux insectes herbivores ; et la plupart des espèces d'insectes associées à *L. camara* ne peuvent se développer que sur un ou plusieurs cultivars (Radunz, 1971; Taylor, 1989). On a plusieurs variétés de *L. camara* L. mais les plus connues sont :

- **Brasier rouge** : les fleurs sont de couleur rouge-orange (Maaoui, 2014) (Figure 6).



**Figure 6** : *Lantana camara* L. variétés *Brasier Rouge* (Maaoui, 2014)

- **Flava** : les fleurs sont de couleur jaune (Maaoui, 2014) (Figure 7).



**Figure 7** : *Lantana camara* L. variétés *Flava* (Maaoui, 2014).

- **Feston rose** : Cette variété est très arbustive, elle peut atteindre 1 à 1,20 m de haut, les feuilles sont grandes (7cm) de couleur vert foncé. Les fleurs abondantes sont de couleur rose au début de floraison et deviennent jaunes saumonées au fil de leur maturité (Maaoui, 2014) (Figure 8).



**Figure 8** : *Lantana camara* L. variétés *Feston Rose* (Maaoui, 2014).

- **Avalanche blanc** : les fleurs sont de couleur blanche (Day et al., 2003) (Figure 9).



**Figure 9:** *Lantana camara* L. variétés *Avalanche blanc* (Day et al., 2003).

- **Sunrise rose** : les fleurs sont de couleur rose-orange (Figure 10).



**Figure 10:** *Lantana camara* L. variétés *sunrise rose* (Photo personnelle, Ferdjiwa 2020).

### 3- Origine de *L. camara* L.

*L. camara* L. est un complexe composé de nombreux hybrides horticoles et de quelques espèces sauvages (Sanders, 2006). Selon la description originare du Linné en 1753, le genre *Lantana* contient six espèces d'Amérique du Sud et une de l'Ethiopie (Ghisalberti, 2000). Cependant, entre 40 et 150 espèces sont actuellement reconnues (Stirton, 1977 ; Day et al., 2003). La capacité de nombreux taxons à s'hybrider avec d'autres du même genre signifie que la taxonomie du complexe reste problématique (Sanders, 2006 ; Urban et al., 2011). Les explorateurs néerlandais ont collecté *Lantana* pour la première fois dans les années 1640 dans l'Amérique du Sud puis, ils ont introduit les plantes dans les jardins européens en tant que plantes ornementales populaires (Stirton, 1977). De nombreuses formes hybrides ont ensuite été distribuées dans le monde entier (Howard, 1970 ; Stirton, 1977 ; Morton, 1994).

Les parents dominants des formes hybrides sont considérés comme *L. camara* *L. subsp. Aculeata* des Antilles et *Lantana nivea* *Vent. subsp. mutabilis* du sud du Brésil (Sanders, 2006). Cette classification morphologique est conforme aux recherches récentes en génétique moléculaire (Urban et al., 2011). L'histoire de l'invasion de *L. camara* est bien documentée dans certains pays, mais reste médiocre dans d'autres. Dans beaucoup de ces pays, *L. camara* a été introduit comme plante ornementale, comme plante de haie ou pour être utilisé dans la médecine traditionnelle (Ghisalberti, 2000).

#### 4- Habitat et écologie de la plante

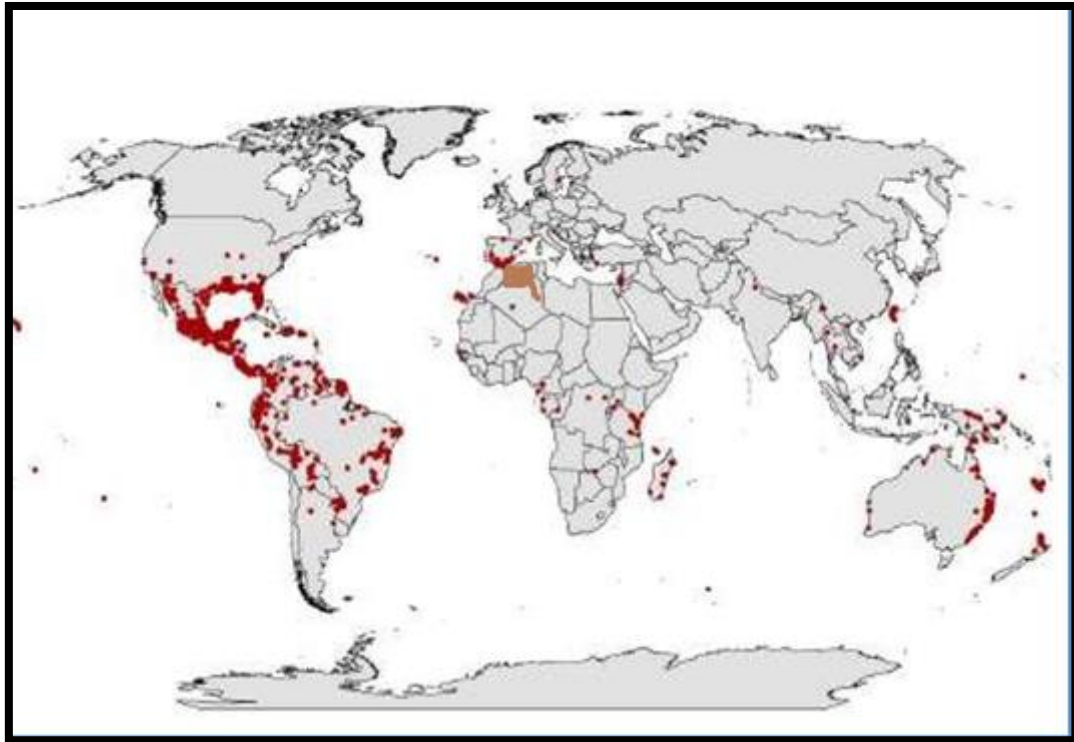
*Lantana* est un arbuste vivace reconnu par sa grande diversité et sa large distribution géographique. Il tolère un large éventail de facteurs écologiques et climatiques, et se présente dans divers habitats et sur une variété de types de sol. Il se développe généralement mieux dans des situations ouvertes non ombragées telles que les terres dégradées, les lisières des forêts pluviales et les forêts en voie de récupération suite à un incendie ou une exploitation forestière (Day et Zalucki, 2009). Il pousse sur tous les types de sol bien drainé dans des zones recevant environ 250 mm à 2900 mm de pluie. Il résiste très bien aux sécheresses et tolère les embruns salins. Il ne pousse pas à des températures ambiantes inférieures à 5°C (Cilliers, 1983). Les parties aériennes de la plante sont tuées par des températures de -2 ° C, mais repoussent rapidement. Les grandes plantes vigoureuses survivent aux incendies, bien que des plantes moins vigoureuses soient souvent tuées. *Lantana* est un pionnier intolérant qui colonise les zones perturbées. Il va pousser sous un couvert forestier ouvert mais disparaît rapidement quand l'ombre devient lourde. De nombreux parasites et maladies affectent légèrement et accessoirement l'espèce dans sa vaste gamme (Sangeetha et al., 2015). Le tableau I résume les exigences écologiques de l'espèce.

**Tableau I:** Description de l'habitat de *Lantana camara* L. (Neena et Jochi, 2013)

Paramètres de l'habitat	Exigences
Gamme de lumière	Soleil au plein soleil
plage de PH	4,5- 8,5
Température	Intolérant de congélation fréquente ou prolongée
Plage de précipitations annuelle	1000- 4000mm
Gamme de sol	Sableux à argileux
Gamme d'eau	Semi-aride à normal
Altitude	Moins de 2000 m d'altitude
Conditions de lumière	Préfère les habitats peu ombragés, peut tolérer un peu d'ombre

### 5- Répartition géographique

*L. camara* L. est l'espèce la plus répandue du genre *Lantana* originaire d'Amérique tropicale et subtropicale (Ghisalberti, 2000). Les Hollandais l'importèrent du Brésil en Hollande au 16<sup>ème</sup> Siècle, et plus tard les graines furent vendues en Europe, en grande Bretagne et en Amérique du Nord. Par la suite, elle fut introduite à Hawaï, au Pacifique, en Australie et en Asie du Sud. Cette introduction fut aidée par les oiseaux, et très rapidement elle fut répandue dans toutes les aires de l'Afrique du Sud. Entre le 18<sup>ème</sup> et le 19<sup>ème</sup> siècle l'espèce est commercialisée comme plante ornementale partout dans le monde. En Inde, *Lantana* a été introduit pour la première fois au début de XIX<sup>ème</sup> siècle en tant que plante ornementale, mais maintenant il se développe de manière dense dans l'Inde. En Australie, la plante a été signalée pour la première fois en 1841 et en 1897 il fut reconnu comme l'un des mauvaises herbes les plus gênantes (Sharma et al., 2005). Elle est maintenant passée à près de 50 pays comme Brésil, Mexique (Jajati et Indrajit, 2018), Bahamas, Grandes Antilles, à travers Trinidad et Aruba, des zones côtières des États-Unis États de la Géorgie au Texas, le Pérou et probablement la Bolivie, le Paraguay et le nord de l'Argentine (Day et Zalucki, 2009 ; Sangeetha et al., 2015). Cette espèce est naturalisée dans les habitats les plus appropriés en Afrique tropicale et subtropicale, et en Asie ; cette distribution a eu lieu en grande partie au cours du siècle dernier (Sangeetha et al., 2015) (Figure 11).



**Figure 11** : Répartition géographique de *Lantana camara* dans le monde  
(Taylor et al., 2012)

## 6- Position systématique

*Lantana* L. appartient à la famille des Verbenaceae, l'ordre des Lamiales et comprend jusqu'à 150 espèces (Gujral et Vasudevan, 1983). Depuis longtemps, il fait l'objet d'incertitudes taxonomiques. Il est séparé en quatre sections:

- Sarcolippia et Rhytacamara : avec quelques espèces chacune
- Calliorheas, plus diversifiées et plus répandues que les deux premières sections et comprend *L. montevidensis* qui est une mauvaise herbe dans certains pays, elle s'est naturalisée en Australie, en Afrique et dans certaines régions de l'Inde (Day et al., 2003b)
- Camara, composé de trois complexes : *L. urticifolia*, *L. hirsuta* et *L. camara*. Le complexe de *L. camara* dans la section de Camara comprend le Lantana à mauvaises herbes, appelé *L. camara* Linn. (sensu lato).

Les taxons résultants ont été diversement appelés espèces distinctes, formes (Parsons et Cuthbertson, 2001), cultivars, biotypes, sous-espèces ou variétés (CSIR, 1962). Dans le

monde, il existe plus de 650 noms de variétés et ces «taxons» diffèrent par la couleur des fleurs, la forme des feuilles, la toxicité, la sensibilité aux attaques d'herbivores et l'écologie (Howard, 1969; Smith et Smith, 1982). Il est largement reconnu que la forme adventice de *L. camara* est morphologiquement distincte dans différentes régions de son aire de répartition naturalisée par rapport à *Lantana* spp. dans son aire de répartition d'origine (Sanders, 2006), ce qui a des implications essentielles dans la recherche et la collecte d'agents potentiels de lutte biologique. Certaines études préliminaires sur l'ADN ont été menées, ce qui suggère que le lantana adventice au moins en Australie est le plus étroitement lié à *L. urticifolia* au Mexique (Scott et al., 2002). Cependant, la parenté du lantana ailleurs n'a pas été réalisée. La position taxonomique de *Lantana camara* L. selon Linné est la suivante :

**Règne :** Plantae

**Sub-règne:** Tracheobionta

**Embranchement:** Magnoliophyta

**Sous-embranchement:** Spermatophyta

**Classe:** Magnoliopsida

**Ordre :** Lamiales

**Famille :** Verbénaceae

**Genre :** *Lantana* L.

**Espèce :** *Lantana camara* L.

**Quelques noms communs :** Galabert ou Corbeille d'or, Thé de Gambie, Lantanier et Flore de la Réunion

### 7- Cycle de vie de *L. camara* L.

Un cycle de vie typique de *L. camara* L. commence avec la dispersion des graines par divers agents de dispersion tels que les oiseaux fruitiers et quelques mammifères (Priyanka et Joshi, 2013). La reproduction végétative de *Lantana* peut se faire via un processus appelé stratification, où les tiges horizontales prennent racine lorsqu'elles sont en contact avec un sol humide. Il peut aussi repousser vigoureusement à partir de la base des tiges verticales et plus lentement des tiges horizontales enracinées, bien qu'il ne s'attaque pas aux racines endommagées ou cassées (Wekhanya, 2016).

- **Germination :** La germination de *L. camara* se produise presque toute l'année (Simberloff et Rejmanek, 2011). Le taux de germination des graines fraîches est généralement faible entre 20% et 49% (Vivian-Smith et al., 2006), mais des études

ont montré que la germination est plus susceptible de se produire si la graine a traversé les intestins d'un oiseau ou d'un mammifère (**Khoshoo et Mahal, 1967 ; Wekhanya, 2016**). Les graines germent normalement durant les mois les plus chauds mais germeront tout au long de l'année si l'humidité du sol est suffisante et que les températures sont suffisamment élevées. Les essais en serre indiquent que la survie des graines de lantana est d'environ 21,3% après 36 mois dans des conditions de pluie naturelle et de 27,2% après 24 mois lorsqu'elles sont irriguées (**Vivian-Smith et Panetta, 2009**).

- **Floraison** : La croissance des semis de ces plantes est lent, généralement elle ne peut pas fleurir au cours de leur première année de croissance (**Priyanka et Joshi, 2013 ; Simberloff et Rejmanek, 2011**). La floraison se produit lorsqu'il y a de l'humidité dans le sol, une humidité de l'air élevée et des températures modérées à élevées. Cela permet une floraison et une production de fruits presque toute l'année dans de nombreuses régions. La floraison se produit généralement de 4 à 6 semaines après une pluie de 11 à 25 mm, et les bouffées dépendant de la pluie sont particulièrement évidentes dans les zones plus sèches (**Swarbrick et al., 1998**).
- **La pollinisation** : Les fleurs de *L. camara* sont pollinies par diverses espèces d'insectes, notamment les papillons, les abeilles et les thrips (**Dronamraju, 1958 ; Schemske, 1976 ; Mathur et Mohan Ram, 1986 ; Swarbrick et al., 1998 ; Goulson et Derwent 2004**). La fertilisation croisée est la plus courante. Cependant, une certaine autopollinisation peut également se produire (**Day et al., 2003**). Outre ces derniers, le mode de propagation végétatif inclut, répandu à travers la stratification, ou le décollage.
- **Production de graines** : La production des graines de *L. camara* est commencée après la pollinisation des fleurs. Au mûr, environ la moitié des fleurs développeront une baie charnue à une seule graine (**Goulson et Derwent, 2004**). Les baies sont portées en grappes et mûrissent en pourpre noir brillant (**Swarbrick et al., 1998**). Une seule plante peut produire jusqu'à 12 000 fruits par an (**Van Oosterhout, 2004**).

#### 8- Niveau de ploïdie

*L. camara* L. est un complexe polyploïde de métissage des taxons, résultant de l'hybridation avec des espèces dans les autres complexes, tels que *L. urticifolia* Miller. Les taxons qui en résultent ont été diversement relatés comme espèce distincte (**Day et al., 2003**). En Australie, la plupart des variétés naturalisées sont tétraploïdes ( $n = 44$ ), plusieurs variétés

sont triploïdes ( $n = 33$ ), une est diploïde ( $n = 22$ ), et une est pentaploïde ( $n = 55$ ) (**Everist 1981 ; Day et al., 2003 ; Sharma et al., 2005**). En Inde les niveaux de ploïdie de *Lantana* sont similaires à ceux en Australie. Cependant, les preuves corrélatives suggèrent que les formes pentaploïdes sont mieux adaptées aux conditions de haute altitude en Inde que les autres formes (**Ojha et Dayal, 1992**). Il existe peu de preuves pour suggérer que les niveaux de ploïdie différents ont des traits distinctifs ou sont d'importance écologique dans le potentiel d'invasion de l'espèce. Il est maintenant largement reconnu que *Lantana* est morphologiquement distinct dans différentes régions de son aire naturalisée comparée à *Lantana* dans son aire d'origine (**Smith et Smith 1982 ; Sharma et al., 2005**). Elle est aujourd'hui reconnue comme une espèce polyploïde globale avec un nombre de chromosomes de base  $x = 11$  (**Munir, 1996**).

### 9- Reproduction de *L. camara* L.

*Lantana* fleurit dans la plupart des endroits toute l'année si suffisamment d'humidité et de lumière sont disponibles avec une floraison maximale pendant les mois d'été pluvieux (**Gujral et Vasudevan, 1983 ; Graaff 1986**). Dans les régions plus fraîches ou plus sèches, la floraison n'a lieu que pendant les mois les plus chauds et les plus humides, en raison des dégâts causés par le gel ou la sécheresse (**Winder, 1980 ; Swarbrick et al., 1998**). Les plantes peuvent fleurir dès la deuxième saison de croissance. Les inflorescences sont produites par paires à l'aisselle. Initialement, on pensait que les espèces de lépidoptères étaient les principaux pollinisateurs de *Lantana* (**Dronamraju, 1958 ; Schemske, 1976 ; Kugler, 1980 ; Hilje, 1985**). Certaines espèces de papillons visitent certains taxons de *Lantana* plus souvent que d'autres en raison des différences de longueur de la corolle, du diamètre de l'inflorescence et du nombre de fleurs par inflorescence. Selon ce point de vue, différentes variétés de *Lantana* peuvent avoir différentes espèces de pollinisateurs. Par conséquent, il peut y avoir peu de pollinisation croisée entre les espèces ou les variétés de *Lantana* tant dans les zones naturalisées que dans les zones indigènes de la section *Camara* (**Dronamraju, 1958 ; Schemske, 1976**). Plus récemment, il a été suggéré que les thrips jouent un rôle plus important dans la pollinisation des *Lantana* que les lépidoptères; contrairement aux papillons, les thrips sont présents toute l'année et sont des pollinisateurs plus efficaces (**Mohan et Mathur, 1984b; Sinha et Sharma, 1984**). En Inde, l'exclusion des papillons n'a pas réduit la formation de graines et **Mathur et Mohan (1986)** ont proposé l'introduction d'agents de lutte biologique pour réduire les populations de thrips dans le but de réduire la pollinisation et les quantités de graines produites par *Lantana*. Il existe des rapports

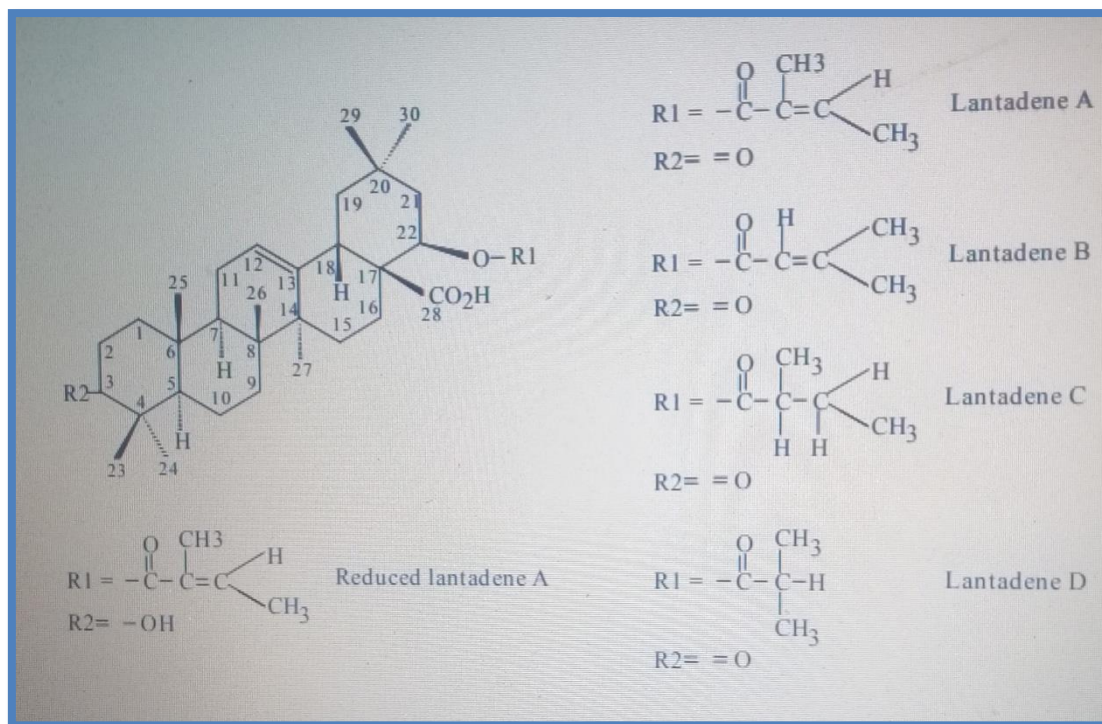
contradictoires sur la capacité de *Lantana* à s'auto-polliniser. La pollinisation aboutit à une nouaison à 85% (**Hilje, 1985**), chaque infructescence portant environ huit fruits. Les graines sont largement dispersées, principalement par les oiseaux, mais aussi par les kangourous, les dragons barbus, les moutons, les chèvres, les bovins, les renards, les chacals, les singes et peut-être les rongeurs (**Sharma, 1988 ; Wells et Stirton, 1988**). Le taux de germination de lantana est faible en laboratoire et sur le terrain, avec des estimations de 4 à 20% (**Graaff, 1987**) et de 44,5% (**Duggin et Gentle, 1998**). Le taux de germination est passé de 10% à 46% lorsque la pulpe charnue a été retirée manuellement de la graine. Ce taux de germination plus élevé est comparable à celui obtenu à partir de graines prélevées dans les matières fécales d'oiseaux sauvages.

### 10- Toxicité de *L. camara* L.

La consommation de feuillage de *Lantana* par les animaux cause des intoxications puisque il contient des triterpénoïdes pentacycliques toxiques appelés lantadènes. Les lantadènes majeurs sont A, B, C et D (Figure 12). Le lantadène A et le Lantadène B provoquent une hépatotoxicité et une photosensibilité chez les animaux au pâturage comme les moutons, les chèvres, les bovins et les chevaux (**Barceloux, 2008 ; Burns, 2001**). Le signe clinique d'empoisonnement comprend la photosensibilisation et la jaunisse. La perte d'appétit chez les animaux empoisonnés survient dans les 24 heures. Les animaux les plus sévèrement empoisonnés décèdera dans les 2 jours suivant l'intoxication, mais survient généralement après 1 à 3 semaines après l'intoxication. La dose toxique orale de lantadène A pour les moutons est 60 mg / kg et 1–3 mg / kg par voie intraveineuse (**Sharma et al., 1981b ; Sanjeeb et al., 2011**)

Le bétail qui se nourrit de la plante a entraîné des pertes généralisées dans les différents pays. De fortes flambées d'intoxication par *Lantana* peuvent survenir principalement pendant la sécheresse. L'ingestion des baies non mûres n'est associée à aucune toxicité humaine significative (**Barceloux, 2008 ; Carstairs, 2010**). La toxicité par *Lantana* a entraîné des gonflés des reins avec une coloration pâle, la vésicule biliaire est grossièrement distendue, le foie est élargi et une diminution de la teneur en protéines mitochondriales hépatiques chez les cobayes. Le rapport phospholipide / protéine n'a pas changé, mais il a provoqué une augmentation marquée du rapport cholestérol / protéine et du rapport cholestérol / phospholipide. De plus, les activités enzymatiques de la déshydrogénase succinique, du glutamate déshydrogénase, du cytochrome oxydase et du Mg<sup>2+</sup> + -ATPase ont

augmenté, tandis que l'activité de la NADH ferricyanide réductase n'a pas été affectée (Sharma *et al.*, 1982).



**Figure 12** : Structure chimique des lantadènes A, B, C et D (Sharma, 1997)

### 11- Control de *L. camara* L.

Dans de nombreux pays, les infestations de *Lantana* sont soit trop importantes, soit la valeur des terres trop faible, ce qui rend le contrôle conventionnel du Lantana avec des produits chimiques, des machines ou des incendies non rentable. Par conséquent, le biocontrôle apparaît comme la seule solution viable et à long terme pour la gestion de cette mauvaise herbe. La première tentative de lutte biologique contre *Lantana* a commencé en 1902, lorsque 23 espèces d'insectes ont été importées à Hawaï du Mexique. Le succès modéré rencontré à Hawaï a encouragé d'autres pays à importer non seulement des insectes qui semblaient sûrs et efficaces à Hawaï, mais aussi à mener des explorations pour de nouveaux agents. Quarante et un agents sont maintenant libérés, délibérément ou non, sur *Lantana* dans le monde et 27 d'entre eux se sont établis dans au moins un pays ou une île (Day et Zalucki, 2009). Dans les conditions du champ, un coléoptère herbivore *Longitarsus bethae*, adultes et larves, au cours d'une période de 6 mois a provoqué des lésions graves causées aux racines et aux feuilles de *L. camara*, entraînant un déclin de 148% de la production de fleurs. Globalement, la capacité de *Longitarsus bethae* à supprimer directement les racines en

croissance et supprime indirectement la production de feuilles, la croissance des tiges et la production de fleurs de *L. camara*, indique que ce coléoptère a le potentiel de faire un impact considérable sur l'invasion de la mauvaise herbe dans l'Afrique du Sud (**Simelane, 2010**). Le charançon, *Coelocephalopion camarae* quand il est introduit en Afrique du Sud, il compléta le programme de contrôle biologique contre l'invasion des variétés de *L. camara* L. Les adultes sont très bien sélectif dans le choix des pétioles de leurs feuilles site de ponte et les larves émergentes perturbent le transport de l'eau et des nutriments de et vers la feuille, ce qui provoque sa dessiccation. Ces études suggèrent que *C. camarae* pourrait apporter une contribution précieuse au programme de biocontrôle contre *L. camara* (**Baars et al., 2007**). *Falconia intermedia* est un nouvel agent prometteur importé de la Caraïbes. Les nymphes et les adultes sont des drageons tache chlorotique, ce qui réduit la capacité photosynthétique de la plante. Les études biologiques indiquent que *F. intermedia* a un potentiel de biocontrôle dû au taux intrinsèque élevé pour plusieurs générations (jusqu'à 7 par an). La production continue d'œufs et de nymphes produit beaucoup d'adultes très mobiles causant des niveaux élevés de dommages par individu. Les autorités de régulation acceptées les résultats de cette étude et *F. intermedia* est libéré contre *L. camara* en Afrique du Sud en avril 1999 (**Baars, 2003**).

### 12- Impact de *L. camara* L.

*Lantana* a été introduit dans divers pays du monde comme une plante ornementale au jardin, mais il est considéré comme une mauvaise herbe envahissante ou nocive (**Bhagwat et al., 2012**). Cette espèce a de nombreux impacts négatifs, notamment le risque de perturber le cycle de succession et de déplacer le biotope indigène, entraînant une diminution de la biodiversité (**Murali et Setty, 2001**). Ses infestations modifient la composition structurale et florale des communautés autochtones (**Raghuvanshi et al., 2010 ; Priyanka et Joshi, 2013**). À mesure que la densité de *L. camara* dans la forêt augmente, les interactions allélopathiques augmentent et, par conséquent, la richesse en espèces diminue (**Day et al., 2003**); Il s'agit d'un problème majeur dans les terres agricoles de diverses régions, car une fois établi, l'espèce forme des forêts denses et impénétrables, supplantant ainsi les pâturages naturels, bloquant les déplacements des pâturages et provoquant des intoxications (**Sharma et al., 2005**). La gestion mécanique et chimique est actuellement utilisée pour l'éradication et le contrôle de *L. camara* (**Goncalves et al., 2014**). Cette dernière a de nombreux impacts secondaires car elle héberge des parasites sérieux tels que les moustiques du paludisme et les mouches tsé-tsé, entraînant de graves problèmes de santé (**Ghisalbarti, 2000 ; Vardien et al.,**

2012). Les substances allélochimiques de *Lantana* ont inhibé la germination, la croissance et le métabolisme des cultures, des mauvaises herbes, des bryophytes et des légumes (Arpana, 2014). De plus, la plante modifie les régimes d'incendie de manière significative en fournissant la charge de carburant fournie. L'espèce a été impliquée dans des incendies de forêt destructeurs dans diverses régions de l'Inde (Hiremath et Sundaram, 2005).

### 13- Importance de *L. camara* L.

*L. camara* L. joue un rôle important pour améliorer le statut socio-économique des communautés arriérées. Les tiges de *Lantana* traitées au sulfate, peuvent être utilisées dans la préparation de la pâte à papier utilisée pour le papier d'emballage, d'écriture et d'impression, ainsi que pour la fabrication de paniers (Chatterjee, 2015). Elles sont également utilisées dans la fabrication d'abris temporaires ainsi que de biocarburants pour la cuisson et le chauffage (Prasad et al., 2007 ; Sharma et al., 1988). Les feuilles de *Lantana* sont souvent utilisées en Inde comme paillis vert. Les cendres sont riches en potassium et en manganèse, qui sont utiles pour le fumage des cocotiers. *Lantana* est également très important dans la gestion naturelle des sols ; il empêche la compaction et l'érosion du sol et améliore la fertilité des sols rocheux. C'est également une excellente source de matière organique pour la rénovation des pâturages. L'espèce montre une capacité d'absorption des eaux pluviales comparativement moindre que les terres sous une bonne couverture herbeuse. Cela augmente à son tour la quantité de ruissellement et expose le sol à l'érosion dans les zones infestées par la mauvaise herbe (Chatterjee, 2015).

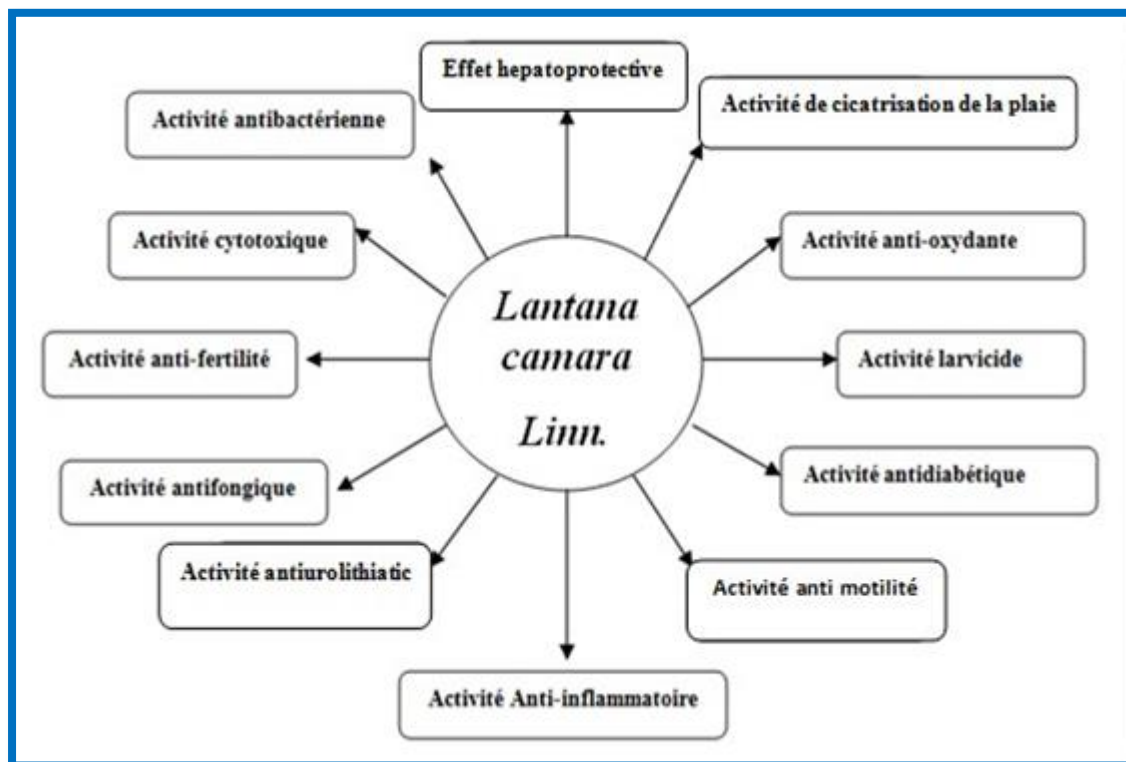
### 14- Composition phytochimique

La composition phytochimique de *L. camara* L. a été largement étudiée au cours des dernières décennies pour rechercher de nouveaux composés chimio thérapeutiques. Le criblage phytochimique a révélé que les feuilles, les tiges et les racines de *Lantana* posséderaient un potentiel thérapeutique dû à la présence des composés bioactifs à savoir : les huiles essentielles, les composées phénoliques, les flavones, les isoflavones, des stéroïdes, les flavonoïdes, les anthocyanes, les coumarines, les catéchines, les isocatéchines, du phénol, les alcaloïdes, les tanins, les saponines et les triterpénoïdes, qui sont principalement responsables de divers activités biologiques (Mamta et al., 2012 ; Kalita et al., 2012). L'étude des extraits des feuilles et des fleurs a donné une idée sur la composition en glucides et en lipides. Les niveaux des glucides étaient plus élevés dans les extraits floraux, tandis que les lipides sont plus élevés dans les extraits foliaires (Ganjewala et al., 2009).

**Silva et al** en (1999) ont déterminé la composition chimique des huiles essentielles recueillies de différentes régions. Les constituants majeurs dans l'huile étaient le limonène, phellandrène, germacrène-D,  $\beta$ -caryophyllène, sabinène,  $\beta$ -caryophyllène,  $\alpha$ -zingibérène et  $\alpha$ -humulène. Dans le même cursus, **Misra et Laatsch** en (2000) ont rapporté la présence de l'acide oléanolique, acétate d'acide oléanolique, lantadène A, acide camarique,  $\beta$ -sitostérol et son glucoside et l'acide pomonique. L'analyse par GC-MS de l'huile obtenue à partir des feuilles et des fleurs de *Lanata camara* a montré que les huiles contiennent également du  $\beta$ -élémente, du  $\gamma$ -élémente, de l' $\alpha$ - le copaène et l' $\alpha$ -cadinène en tant que constituants majeurs (**Khan et al., 2002**). **Begum et al** en (2002) ont isolé et confirmé la présence de triterpénoïdes pentacycliques, d'acide ursoxy, l'ursoxylate de méthyle et l'acide ursangilique, ainsi que l'acide dotriacontanoïque, acétate d'acide oléanolique et acide tétracosanoïque.

### 15- Propriétés médicinales de *L. camara* L.

*L. camara* est l'une des importantes plantes médicinales de la famille des Verbenaceae. Dans l'historique récent cette plante reporte divers propriétés médicinales (Figure13) (**Sanjeeb, 2012**).



**Figure 13** : Propriétés médicinales de *Lantana camara* L. (**Sanjeeb, 2012**).

**15-1 Activité antioxydante :** Le potentiel antioxydant des différents extraits des feuilles de *L. camara* a été mesuré par différentes méthodes tel que la méthode de piégeage de radicale libre de DPPH, la méthode de réduction du fer, la méthode de piégeage des radicaux libres d'hydroxyde d'hydrogène. Des travaux récents ont montré que les feuilles prématurées de *L. camara* sur les rameaux sont très actives dans la biosynthèse et l'accumulation de métabolites secondaires et par conséquent, présentent une très grande activité antioxydante, et que les feuilles les plus anciennes avaient une activité antioxydante moins importante (55%), ce qui indique une perte de métabolites secondaires à la suite de la sénescence des feuilles (**Mayee and Thosar, 2011**). Dans d'autres études, les huiles essentielles de *L. camara* ont aussi montré une activité antioxydante élevée (**Bhakta et Ganjewala, 2009 ; Erlânio et al., 2012**)

**15-2 Activité antimicrobienne :** L'activité antibactérienne des différents extraits des fleurs, feuilles, tiges et racines de *L. camara* L. a été testée in vitro par la méthode de diffusion sur gel. Cette activité a été testée contre différentes souches bactériennes tel que *Escherichiacoli*, *Staphylococcus saprophiticus*, *mycobacterium tuberculosis* *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*. Les résultats obtenus ont montré que ces extraits ont des spectres différents de sensibilité vis-à-vis ces souches bactériennes et en général les bactéries à Gram positif sont plus sensibles que les bactéries à gram négatif. Les huiles essentielles de cette plante ont montré aussi une activité antibactérienne contre différentes souches (**Ganjewala, 2009; Kumar, 2012**).

**15-3 Activité antifongique :** Le potentiel antifongique de *L. camara* a été examiné contre *Alternaria* sp. qui provoque différentes maladies des plantes en particulier les plantes potagères. L'activité antifongique a été testée par la méthode de la plaque toxique alimentaire à différentes concentrations de l'extrait. Les résultats ont montré une activité significative. L'extrait éthanolique et d'eau chaude de l'espèce ont été testés contre un champignon destruction du bois (moisissure blanche et brune), et ils ont montré une forte activité à très faible concentration (0,01%). (**Erlânio et al., 2012 ; Srivastava et Singh, 2011**)

**15-4 Activité anti-ulcérogène :** Le prétraitement avec l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* a produit un effet anti-ulcérogène significatif contre un ulcère induit par l'aspirine (**Thamotharan et al., 2010**). Le même extrait a été administré par voie orale dans une ligature pylorique, ulcère gastrique et cystéamine induits, et un ulcère duodéal induit. *L. camara* a montré la guérison de l'ulcère gastrique et empêche également le développement de l'ulcère duodéal dans le taux (**Sathish et al., 2011**).

**15-5 Activité larvicide :** Les extraits méthanolique et éthanolique des fleurs et des feuilles de *L. camara* ont une activité contre les larves de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> stades de *Aedes aegypti* et le

*Culex* variété *quinque fasciatus*. La concentration des extraits doivent être augmentés pour un meilleur effet larvicide (**Sathish, 2011**).

**15-6 Activité de guérison des blessures :** Une étude préclinique a montré que *Lantana camara* était efficace dans la guérison des plaies d'excision chez les animaux d'expérimentations, et suggère une évaluation plus poussée pour la rendre un agent thérapeutique dans les processus de réparation des tissus associés aux blessures (**Shivanada, 2008**).

**15-7 Activité hémolytique :** l'activité hémolytique de l'extrait aqueux de *L. camara* et ses fractions de solvants organique ont été réalisées par la méthode spectroscopique à quatre concentrations différentes (125, 250, 500, 1000 µg / ml). L'extrait aqueux et ses fractions de solvants présentaient une très faible activité hémolytique contre les érythrocytes humains. Cette activité a été trouvée dans l'ordre suivant: fraction chloroforme > hexane et éthyle acétate (50:50) > extrait aqueux > fraction éthanolique > fraction méthanolique (**Sanjeeb, 2011 ; Gaurav et al., 2011**).

**15-8 Activité antipyrétique :** L'extrait éthanolique et acétate d'éthyle de *L. camara* ont abaissé la température corporelle à partir de 1 heure 30 minutes (**Jain, 2011**).

**15-9 Activité anti-hyper glycémique :** Une étude récente a montré que *L. camara* à éliminer le diabète. L'administration orale d'un extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* aux rats diabétiques (induite par alloxan) a montré une réduction significative de la glycémie avec une dépendance dose-dépendante (**Ganesh et al., 2010 ; Thamotharan et al., 2011**).

**15-10 Activité anticancéreuse et antiproliférative :** Différentes parties de *L. camara* ont été rapporté pour l'activité anticancéreuse et antiproliférative. Les extraits des feuilles de *L. camara* ont été signalés pour l'activité antiprolifératives contre HEp-2 (cancer du larynx) et les lignées cellulaires NCI-H292 (cancer du poumon). Le test antiprolifératif a été effectué in vitro par dosage MTT. L'extrait méthanolique présente une activité antiproliférative contre les cellules NCI-H292 (% de cellules vivantes =  $25,8 \pm 0,19$ ) et expose un effet cytotoxique sur la lignée cellulaire Vero. L'acide oléanonique isolé de *L. camara* a été criblé pour l'activité anticancéreuse contre une tumeur murine (Ehrlich cancer de l'ascite) et trois lignées de cellules cancéreuses humaines, à savoir A375 (mélanome malin de la peau), Hep2 (carcinome épidermoïde du larynx) et U937 (lymphome). L'acide oléanonique a présenté une cytotoxicité contre les cellules A375 (**Kumar et al., 2010**)

**15-11 Activité antimutagène :** L'acide 22β-acétoxyant, l'acide 22β- diméthylacryloyloxy et l'acide lantanolique isolés de *L. camara* ont montré une activité antimutagène élevée. Le test

anti mutagénicité a été réalisé par le test du micronoyau chez des souris suisses dont la mutagénicité a été induite par le mitomycine C (**Khare, 2007**)

**15-12 Activité de cicatrisation:** Les propriétés cicatrisantes de l'extrait éthanolique des feuilles de *L. camara* ont été signalées chez des rats Wister mâles adultes. L'application de l'extrait sur la plaie augmente considérablement l'activité de cicatrisation. Les analyses histologiques des plaies cicatrisées ont confirmé le rôle de l'extrait dans la guérison. L'application de l'extrait sur la plaie (100 mg / kg / jour) augmente de manière significative le taux de contraction de la plaie (98%), synthèse de collagène et diminution du temps de cicatrisation (**Ganjewala et al., 2009; Barreto et al., 2010**)

**15-13 Activité anti-motilité:** L'extrait méthanolique des feuilles des *L. camara* possède une activité anti motilité chez la souris. La motilité intestinale a été dosée par un test de repas de charbon chez des souris. À une dose de 1 g / kg de poids corporel, l'extrait inhibait complètement la transit du charbon chez des souris normales. L'administration intra péritonéal de 125 et 250 mg / kg de poids corporel, réduit de manière significative la production fécale de diarrhée induite par l'huile de ricin chez la souris (**Sagar et al., 2005**)

**15-14 Activité antiurolithiatique :** L'extrait éthanolique des feuilles de *L. camara* a été signalé pour l'activité antiurolithiatique contre l'éthylène glycol et le chlorure d'ammonium induit la lithiase urinaire à oxalate de calcium chez les rats albinos mâles. Le traitement à l'extrait a considérablement réduit les dépôts de calcium, d'oxalate et également réduit l'excrétion urinaire de calcium, d'oxalate et de créatinine (**Mayee et Thosar , 2011**).

**15-15 Activité anti-filarienne :** L'activité antifilarienne de l'extrait brut des tiges de *L. camara* a été rapportée. L'extrait et son fraction chloroformique a entraîné la mort de *Brugia malayi* adulte et stérilisé la plupart des vers femelles survivants dans le modèle de rongeur *Mastomys coucha* (**Arpana et al., 2006**)

**15-16 Activité anti-fertilité (toxicité de l'embryon):** L'effet de l'extrait hydro alcoolique des feuilles de *L. camara* a été étudié sur la fertilité, la performance reproductive générale et tératologie chez des rats femelles albinos Wistar. L'extrait interféré dans la fréquence des anomalies squelettiques fœtales de mères traitées avec l'extrait et une toxicité embryonnaire induite indiqué par une perte post-implantation, sans aucun signe de toxicité (**Ganesh et al., 2010**)

**15-17 Effet sur les globules rouges :** Les effets de l'extrait aqueux de *Lantana camara* sur la fragilité osmotique et sur la morphologie des globules rouges ont été réalisés. En présence de l'extrait, les données obtenues indiquent des modifications de la morphologie de RBC. Ces

effets peuvent être associés à certaines propriétés pharmacologiques des composés chimiques de l'extrait aqueux (Venkatachalam et al., 2011).

#### 16- Potentiel allélopathique de *L. camara* L.

L'allélopathie est l'influence d'une plante sur une autre plante poussant dans son voisinage par la libération de certains métabolites toxiques dans l'environnement. Il couvre les interactions biochimiques, bénéfiques et nuisibles, entre des espèces de plantes y compris les champignons et les bactéries. L'allélopathie désigne les effets chimiques directs ou indirects d'une plante sur la germination, la croissance ou le développement des plantes voisines. Elle peut être considérée comme une composante de la lutte biologique dans lequel les plantes sont utilisées pour réduire la vigueur et le développement des autres plantes. Beaucoup de ces composés sont phytotoxiques et ont le potentiel comme herbicides ou comme modèles pour les nouvelles classes d'herbicides. Ces composés allélochimiques offrent le grand potentiel pour les pesticides parce qu'ils sont exempts de problèmes liés aux pesticides présents (Arpana, 2015). L'effet allélopathique de *Lantana* est bien documenté, elle entraîne une réduction sévère dans le développement des semis de presque toutes les espèces sous sa couverture. Jusqu'à 14 composés phénoliques sont extraites de *Lantana* et peuvent inhiber la germination, la croissance, le développement ou le métabolisme des cultures en raison de la sécrétion de composés allélochimiques dans la rhizosphère des plantes cultivées voisines (Jain et al., 1989 ; Qasem, 2006). Il est également possible que l'élongation cellulaire ait été affectée par des extraits de résidus de mauvaises herbes. De nombreux composés allélochimiques phytotoxiques ont été isolés, identifiés et susceptibles d'influencer un certain nombre de réactions physiologiques. Ces substances allélochimiques ont affecté de nombreux processus cellulaires chez les espèces végétales cibles, notamment la perturbation de la perméabilité des membranes (Galindo et al., 1999), la capture d'ions (Lehman et Blum, 1999), l'inhibition du transport des électrons dans la photosynthèse et la chaîne respiratoire (Calera et al., 1995; Penuelas et al., 1996; Abarahim et al., 2000), endommagent l'ADN et les protéines, altèrent certaines activités enzymatiques (Cruz-Ortega et al., 1998) et conduisent finalement à la mort cellulaire programmée (Ding et al., 2007).

#### 17- Utilisation de *L. camara* L.

*Lantana* a été introduit dans la plupart des pays comme plante ornement, bien que dans certains pays elle est plantée comme haie pour éloigner le bétail (Ghisalberti, 2000). Aujourd'hui, elle est considérée comme un ravageur dans la plupart des pays où elle s'est

naturalisée. Malgré son statut nuisible, elle a plusieurs d'autres utilisations, principalement en phytothérapie. Elle a été utilisée dans de nombreuses régions du monde pour traiter une grande variété de troubles (**Ross, 1999**). En Amérique centrale et du Sud, les feuilles ont été faites dans un cataplasme pour traiter les plaies, la varicelle et la rougeole. La fièvre, le rhume, le rhumatisme, l'asthme et l'hypertension artérielle ont été traités avec des préparations de la plante ; au Ghana, une infusion de la plante entière a été utilisée pour la bronchite, et la poudre des racines dans le lait a été administré aux enfants souffrant de maux d'estomac (**Irvine, 1961**). Dans les pays asiatiques, les feuilles étaient utilisées pour traiter les coupures, les rhumatismes, les ulcères et les vers intestinaux. Ça a été affirmé qu'un stéroïde des feuilles lancamarone a des propriétés cardiotoniques (**Sharma et Kaul, 1959**) et que la lantamine, un alcaloïde de tige, d'écorce et des racines a montré des propriétés antipyrétiques et antispasmodiques comparables à celles de la quinine (**Sastri, 1962**). En Inde, les feuilles de la plante sont bouillies pour préparer le thé, et la décoction est un remède contre la toux et elle est utilisée comme une lotion pour les blessures et les feuilles pilées sont appliquées aux coupures, ulcères et gonflements (**Verma, 2006**).

Le potentiel pharmaceutique de *L. camara* est maintenant soutenu par des découvertes scientifiques. Les extraits des feuilles présentent des activités antimicrobienne, anti-inflammatoire, hyperglyémique, antiulcérogène, larvicide, anticancéreuse, fongicide, insecticide, nématicide et d'autres activités (**CSIR, 1962; Sharma et Sharma, 1989; Ghisalberti, 2000**). Les tiges de lantana peuvent être utilisées pour produire de la pâte à papier pour l'écriture et de l'impression (**Gujral et Vasudevan, 1983**), et du carburant pour la cuisson et le chauffage (**Sharma et al., 1988**), tandis que les racines contiennent une substance qui peut être utilisée dans l'industrie du caoutchouc (**Gujral et Vasudevan, 1983**). Elle a été utilisée pour la production de biogaz lorsque elle est mélangée avec de la bouse de bovin. Les graines ont une valeur nutritive supplémentaire lorsqu'elles sont nourries avec de la paille de blé aux moutons (**Sharma et al., 1988**). Bien qu'elle ne soit pas plantée pour de telles utilisations, Lantana a été utilisée comme culture de couverture dans les zones déboisées, aidant à enrichir le sol, à augmenter l'absorption d'azote et à protéger contre l'érosion des surfaces (**CSIR, 1962; Greathead, 1968; Ghisalberti, 2000**).

***Chapitre III : Les  
métabolites  
secondaires***

### 1- Généralités sur les métabolites secondaires

À côté des métabolites primaires classiques (glucides, lipides et protéines), la majorité des végétaux ont la capacité de produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, les végétaux accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source importante de molécules utilisables par l'homme.

Le terme métabolite secondaire a été introduit pour la première fois en **1891** par **Kossel**. Il est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphérique indirectement essentielles à la vie des plantes, telles que la communication intercellulaire, la défense, la régulation des cycles catalytiques et participent à des réponses allélopathiques. Les métabolites secondaires sont produits en faible quantité dont plus de 200.000 structures ont été définies. Ils sont présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante avec une variété structurale extraordinaire (**Hartmann, 2007**).

### 1- Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont classés en trois grands groupes : les composés phénoliques, les alcaloïdes et les terpènes (**Benslama, 2016**). Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités.

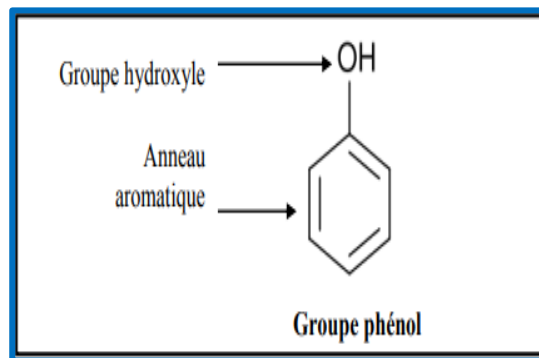
#### 2-1 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, résultent de la condensation de molécules d'acétylcoenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe ou d'un tissu particulier. Ils ont largement distribués et comportant au moins 9000 structures différentes connues (**Urquiaga et Leighton, 2000**)

##### 2-1.1 Structure chimique

La structure chimique des polyphénols est caractérisée par un ou plusieurs noyaux aromatiques aux quels est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre (Figure 14), ou engagé dans une autre fonction tel que : éther, ester, hétéroside...etc. (**Bruneton,**

2009). Les polyphénols sont classés en différents groupes en fonction du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des substitutions qui les relient. Ces composés présentent une diversité de structures, y compris les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignines, les quinones, les tanins, les coumarines et d'autres. Ils peuvent avoir une structure simple ou complexe, comme indiqué dans les fruits, les légumes, l'écorce, les racines et les feuilles (Rufatto *et al.*, 2017).



**Figure 14** : Structure chimique des polyphénols (Rufatto *et al.*, 2017)

### 2-2-2 Propriétés des polyphénols

- Les polyphénols sont des molécules solubles dans les solvants organiques polaires (méthanol, acétone, acétate d'éthyle, solution hydro-alcoolique) ; ils sont solubles dans les solutions d'hydroxyde de sodium et de carbonate de sodium (Bruneton, 2009).
- Ils sont impliqués dans la défense contre les rayonnements ultraviolets et les défenses contre les agents pathogènes (Barbosa, 2007).
- sont partiellement responsables de la sensorialité et les qualités nutritionnelles des aliments végétaux (Barbosa, 2007).
- Ils présentent divers activités biologiques, comme l'activité antiallergique, anti-inflammatoire, hépato-protective, antimicrobienne, antivirale, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire et l'activité antioxydant.

### 2-2 Les alcaloïdes

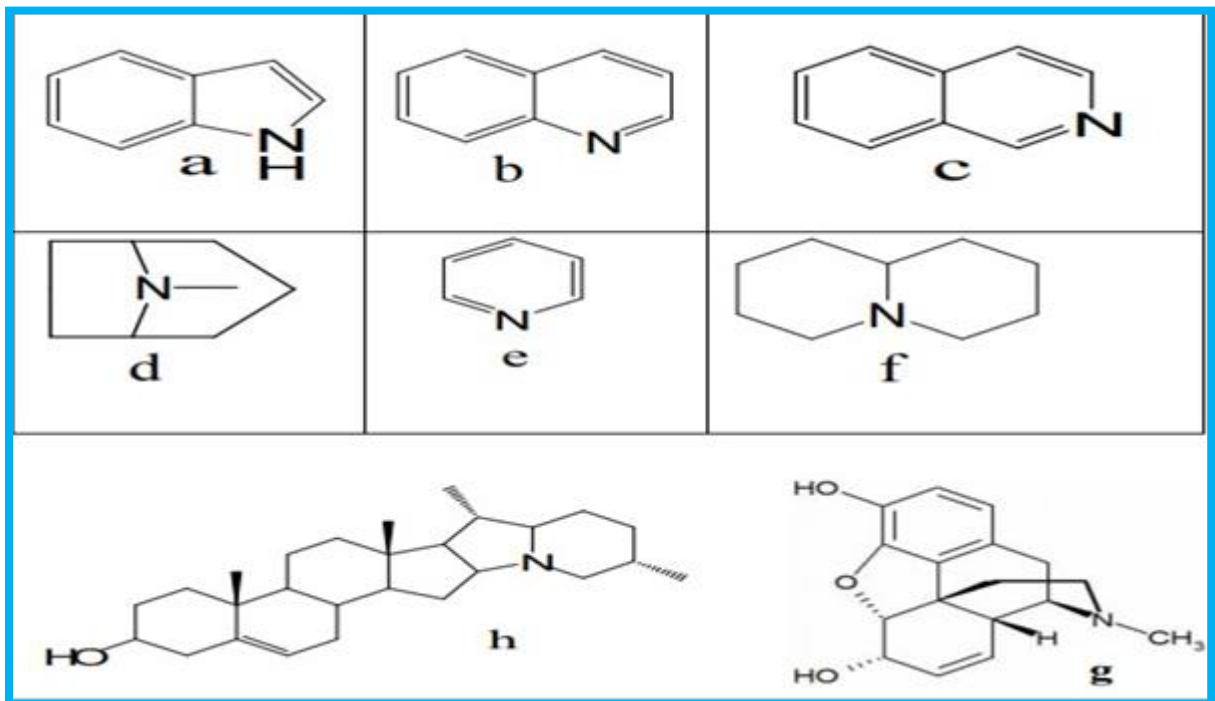
Le terme alcaloïde a été introduit au début du XIX<sup>ème</sup> siècle par Meisner. Ce nom dérive du mot alcalin. Ce sont des substances organiques d'origine naturelle, produits dans les tissus en croissance : jeunes feuilles, jeunes racines, renfermant de l'azote, mono ou polycycliques, doués à faibles doses, de propriétés pharmacologiques marquées. Les

alcaloïdes ont la propriété de former des sels et d'être amers et la plupart de ces molécules ont une activité biologique puissante. Chez de nombreuses plantes, les alcaloïdes se localisent dans les pièces florales, les fruits ou les graines, et sont trouvés concentrés dans les vacuoles (Krief, 2003). Il existe plusieurs types d'alcaloïdes, certains ont de structures très simples, d'autres de structures beaucoup plus complexes.

### 2-2-1 Structure chimique

Les principaux cycles azotés des alcaloïdes sont de type :

Indole (a), Quinoline (b), Isoquinoline (c), Tropane (d), Pyridine (e), quinolizidine (f), la morphine (g) et solanidine (h) (Figure 15):



**Figure 15** : Les principaux cycles azotés des alcaloïdes (Lucienne, 1958).

On distingue généralement :

- **les alcaloïdes vrais**, qui sont d'un point de vue de la biosynthèse dérivés d'acides aminés, et qui présentent au moins un hétérocycle (exemple la strychnine dérivée du tryptophane)
- **les proto-alcaloïdes**, qui dérivent d'acides aminés mais pour lesquels l'azote est en dehors des structures cycliques (exemple : la colchicine)

- **Les pseudo-alcaloïdes**, qui ne dérivent pas d'acides aminés (exemple : la caféine)

### 2-2-2 Propriété des alcaloïdes

- Les alcaloïdes sont caractérisés par une faible solubilité dans l'eau
- facilement soluble dans l'alcool et peuvent donner des colorations spécifiques avec certains réactifs (réactifs de Mayer, de Dragendorff, de Wasicky, de Bouchardat).
- Ils exercent en générale de puissantes actions pharmacologiques.
- Les alcaloïdes sont des molécules très toxiques et offrent, par conséquent, un arsenal chimique de défense des plantes contre l'attaque des herbivores et des micro-organismes **(Bendaif, 2018)**.
- Certain alcaloïdes protègent les plantes contre les dommages provoqués par la lumière UV et régulent la croissance et le métabolisme interne des végétaux.
- une réserve de substances capables de fournir l'azote ou d'autres fragments nécessaires au développement de la plante **(Badiaga, 2012)**.

### 2-3 Les terpénoïdes

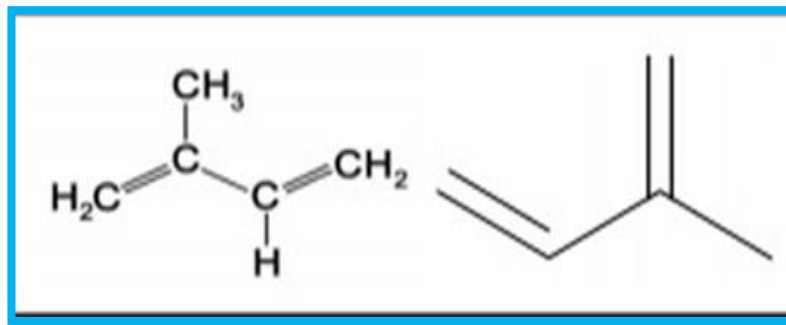
Les terpènes constituent l'ensemble le plus vaste des métabolites secondaires chez les plantes supérieures. Ce sont des hydrocarbures naturels de structure cyclique ou de chaîne ouverte, provenant de la voie de l'acide mévalonique. Ces métabolites sont largement répandus dans le règne végétal, comme on peut les rencontrés également dans les autres types d'organismes vivants (algues, mousses, champignons, insectes) **(Bendif, 2017)**.

La famille des terpènes comprend :

- ✓ des hormones (Gibbérellines et acide abscissique),
- ✓ des pigments caroténoïdes (Carotène et xanthophylle),
- ✓ des stérols (Ergostérol, sitostérol, cholestérol),
- ✓ des dérivés de stérols (Hétérosides digitaliques),
- ✓ le latex (qui est à la base du caoutchouc naturel)
- ✓ ainsi qu'une grande partie des huiles essentielles qui confèrent aux plantes leur parfum ou leur gout **(Rufatto et al., 2017)**.

#### 2-3-1 Structure chimique

Ce sont des métabolites secondaires résultant de la condensation d'unités isopréniques à cinq atomes de carbone C<sub>5</sub>H<sub>8</sub> (2-méthylbuta-1,3-diène) dérivées du 2-méthylbutadiène (Figure 16) **(Bruneton, 2009)**.



**Figure 16:** Structure de base de l'isoprène (Bruneton, 2009)

La dénomination des différentes classes de molécules terpéniques repose sur le nombre de motifs isoprènes constituant leur squelette (Badiaga, 2012). Ainsi on rencontre:

- **Les monoterpènes** qui comptent 2 unités isoprènes soit 10 atomes de carbone.
- **Les sesquiterpènes** qui contiennent 3 unités isoprènes soit 15 atomes de carbone.
- **Les diterpènes** qui comportent 4 unités isoprènes soit 20 atomes de carbone.
- **Les sesterpènes** qui comptent 25 atomes de carbone.
- **Les triterpènes** qui comportent 30 atomes de carbone.
- **Les tétraterpènes** qui contiennent 40 atomes de carbone

### 2-3-2 Propriétés des terpénoïdes

- ✓ Leurs activités sont extrêmement variées : agents naturels anti HIV, insecticides, fongicides, anti-tumoraux.
- ✓ Les sesquiterpènes lactones (Asteraceae, Apiaceae) sont particulièrement actifs : antifongiques, cytotoxiques, antibactériens, anti-tumoraux, anti-inflammatoires.
- ✓ Les triterpènes entrent dans la production de médicaments stéroïdiques ayant des propriétés : anti-inflammatoires (El Haib, 2011 ; Badiaga, 2012)

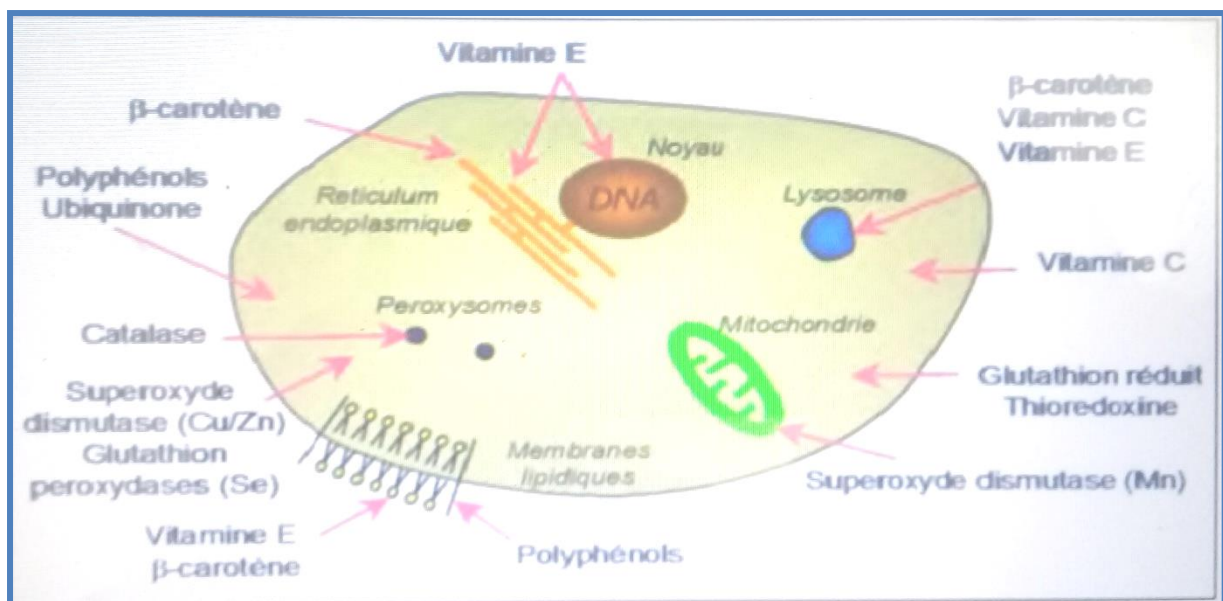
*Chapitre V : Le stress  
oxydatif*

### 1- Radical libre

Un radical libre (RL) est une espèce chimique, atome, molécule ou morceau de molécule possède un ou plusieurs électrons non appariés (célibataires). Cela lui confère une grande réactivité donc une demi-vie très courte de l'ordre de  $10^{-4}$  secondes (**Goudable et Favier, 1997 ; Jacques et André, 2004**). Les RL sont des molécules très instables et réagies rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir leur stabilité (**Beckman et Ames, 1998**). Une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (**Martinez-Cayuela, 1995**).

### 1- Espèces réactives de l'oxygène

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont des radicaux libres dérivent de la molécule d'oxygène par addition d'un électron. Chez l'homme, la production des ERO découle de plusieurs sources possibles (**Michelin et al., 1987**) (Figure 17)



**Figure 17:** Molécules intervenant dans les protections cellulaires (**Michelin et Severino, 1987**)

Les principales espèces réactives de l'oxygène sont:

- le radical superoxyde  $O_2^-$

- les radicaux hydroxyles HO,
- le monoxyde d'azote NO,
- l'oxygène singulet O,
- le peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,
- les peroxydes alkyles ROOH,
- le peroxydes ROO et alkoxydes RO (**Dacosta, 2003**)

## 2- Dommages induits par les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

La production excessive d'ERO provoque des lésions directes des composantes cellulaires par oxydation d'ADN, des protéines, des lipides, et des glucides (**Gutteridge, 1993 ; Jacques et André, 2004**). Les conséquences biologiques qui en résultent sont extrêmement variables selon la dose et le type cellulaire soumis à cette action toxique (**Favier, 2003 ; Valko M et al., 2007**)

### 3-1 Oxydation de l'acide désoxyribonucléique (ADN)

L'acide désoxyribonucléique est une cible privilégiée pour les ERO. Le radical hydroxyl peut réagir avec tous les composés de la molécule d'ADN, endommageant ses bases. La guanine est la plus facile à être oxydée, engendrant ainsi la 8-hydroxy-2'-déoxyguanosine (8-OH-dG) qui, au lieu de s'apparier avec la cytosine, s'associera avec l'adénine. Ces modifications vont ainsi provoquer des mutations, perturber la transcription et la traduction et par la suite, aboutissant à la formation d'une protéine tronquée et/ou non fonctionnelle. Ces altérations sont souvent à l'origine des phénomènes de mutagénèse, carcinogénèse ou encore de vieillissement prématuré (**Valko et al., 2006**).

### 3-2 Oxydation des protéines

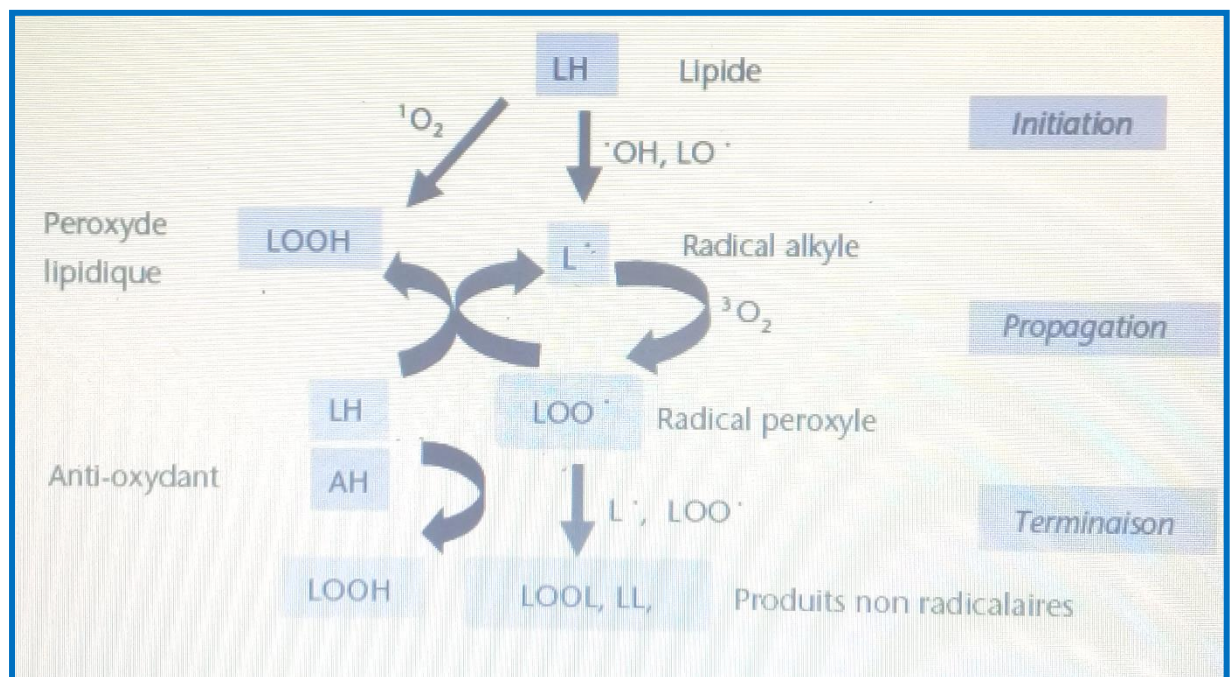
Tous les acides aminés, en particulier, les résidus cystéine et méthionine, sont susceptibles d'être oxydés par l'action des ERO (**Valko et al., 2007**). Toute attaque radicalaire d'un acide aminé provoquera l'oxydation de certains résidus avec, par conséquence l'apparition de groupements carbonylés, des clivages de chaînes peptidiques et des ponts bi-tyrosine intra- et inter-chaînes. La plupart des dommages sont irréparables et peuvent entraîner des modifications fonctionnelles importantes (non- reconnaissance d'un récepteur par un ligand, perte d'activité enzymatique) (**Pham-Huy et al., 2008**). Certaines protéines oxydées sont peu dégradées et forment des agrégats qui s'accumulent dans les cellules et dans le compartiment extracellulaire.

### 3-3 Oxydation des sucres

Les espèces réactives d'oxygène peuvent attaquer les polysaccharides. Le glucose est oxydé en présence des traces métalliques, en libérant des cétoaldéhydes,  $H_2O_2$  et  $OH^\bullet$ . Ces composés entraînent la coupure des protéines ou leur glycation par attachement du cétoaldéhydes, formant, ainsi, des produits de glycation avancée : AGE (advanced glycation end products) (Favier, 2003).

### 3-4 Oxydation des lipides

Les lipides et principalement les acides gras polyinsaturés, représentent les cibles privilégiés de l'attaque radicalaire, notamment par le radical hydroxyl. Ceci peut toucher également les lipoprotéines circulantes et les phospholipides membranaires (Pham-Huy et al., 2008). L'oxydation des lipides est une réaction en chaîne. Elle se déroule en trois étapes : Initiation, propagation et terminaison (Figure 18)



**Figure 18** : Réactions de peroxydation lipidique (Cillard et Cillard, 2006)

- **Initiation** : l'oxydation lipidique prend son départ à partir d'un atome d'hydrogène de l'acide gras situé sur un carbone placé entre deux doubles liaisons, ce qui aboutit à la formation d'un radical alkyle ( $L^\bullet$ ). Les radicaux impliqués dans cette étape d'initiation sont

le radical hydroxyl  $\text{OH}^\circ$ , l'hydroperoxyl  $\text{HOO}^\circ$ , ainsi que d'autres radicaux lipidiques tels que le radical alcoxyl  $\text{LO}^\circ$ , et le peroxy  $\text{LOO}^\circ$ .

- **Propagation** : le radical alkyle issu de la phase d'initiation peut réagir avec un oxygène moléculaire, produisant un radical peroxy  $\text{LOO}^\circ$ . Ce dernier pourra déstabiliser un autre acide gras, conduisant à la formation d'un hydroperoxyde  $\text{LOOH}$  et un nouveau alkyle  $\text{L}^\circ$  qui va réagir à son tour.

- **Terminaison** : cette dernière étape est liée dans la plupart des cas à la combinaison de deux radicaux lipidiques, tels que deux radicaux peroxy, donnant naissance à des produits non radicalaires. Ce processus oxydatif altère la structure de la cellule. L'oxydation des lipides peut entraîner une altération de la fluidité membranaire qui conduit inévitablement à la mort cellulaire, modifier la perméabilité membranaire, et altérer certains récepteurs et transporteurs impliqués dans les voies de transduction du signal (Cillard et Cillard, 2006).

### 3- Stress oxydant

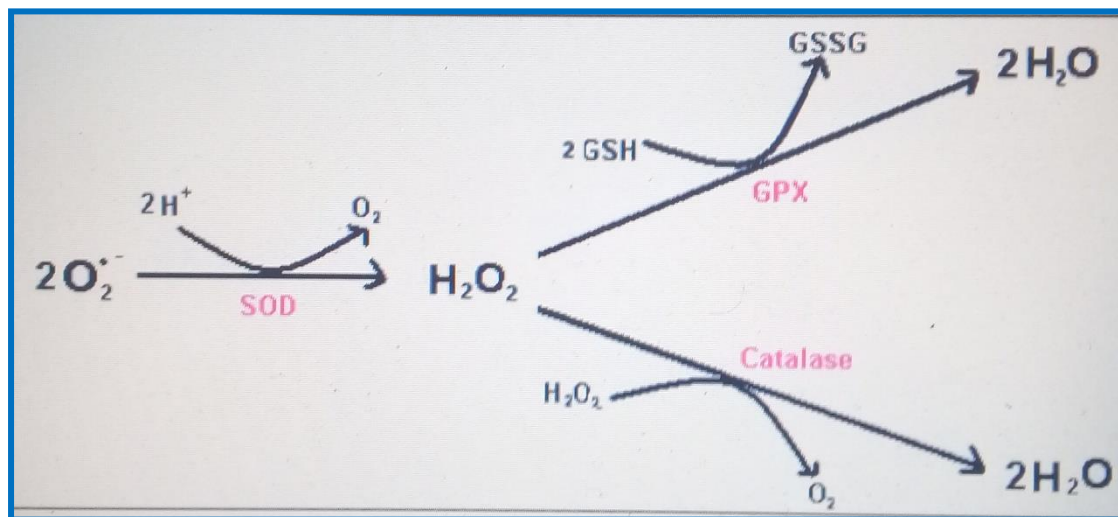
En 1991, Sies a défini la notion de stress oxydant comme l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des espèces oxygénées activées, suite à un déséquilibre lié, soit à une production accrue d'ERO, soit à une diminution de la capacité de défense antioxydante (Sies, 1991). Le déséquilibre induit par le stress oxydant cause des dégâts irréversibles pour les cellules (Aravodis, 2005).

### 4- Antioxydants

Un antioxydant peut être défini comme toute substance qui, à faible concentration, prévient ou retarde significativement l'oxydation d'un substrat (Halliwell et al., 1990). Ils ont pour rôle d'empêcher la formation de radicaux libres, de permettre leur élimination ou bien de réparer les dégâts causés par les radicaux libres. Il existe plusieurs types d'antioxydants : des enzymes, des facteurs de transcription, le glutathion, les vitamines (A, C, E), les polyphénols les acides phénoliques et les flavonoïdes qui récupèrent les radicaux libres tels que le peroxyde, l'hydroperoxyde ou le peroxyde lipidique et inhibent ainsi les mécanismes oxydatifs qui conduisent à des maladies dégénératives (Wu YY et al., 2011).

### 5-1 Antioxydants enzymatiques

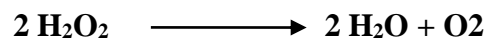
Ces antioxydants peuvent transformer les espèces radicalaires en composé moins réactifs ; ils regroupent la catalase, les superoxydes dismutases et la glutathion peroxydase (Figure 19), ainsi que d'autres enzymes (l'hème oxygénase 1, les thioredoxines) ayant également des propriétés antioxydantes.



**Figure 19** : Réaction de détoxification du radical-anion superoxyde et du peroxyde d'hydrogène (Hennebelle, 2006).

#### a. Catalase

La catalase (CAT) est une enzyme héminique, c'est-à-dire qu'elle possède un atome de fer qui participe à la fabrication de l'hème, elle catalyse la dismutation de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en eau et en oxygène moléculaire selon l'équation suivante :



La CAT possède 4 sous unités comprenant chacune un atome de fer sous forme  $\text{Fe}^{3+}$ . Elle est majoritairement retrouvée dans les peroxysomes, les hépatocytes, les érythrocytes et les cellules rénales. C'est une enzyme qui possède un turnover important : une molécule de CAT peut convertir en une minute environ 6 millions de molécules de peroxyde d'hydrogène en eau et oxygène (Valko *et al.*, 2006).

### b- Superoxydes Dismutases

Ce sont des métalloenzymes qui catalysent la dismutation de l'anion superoxyde en deux produits : l'oxygène moléculaire et le peroxyde d'hydrogène selon l'équation suivante :



Elles sont présentes dans la majorité des organismes vivants et chez les eucaryotes, ce sont des enzymes ubiquitaires. Il existe plusieurs superoxydes dismutases (SOD) qui diffèrent par leur cofacteur (Manganèse, Cuivre ou Zinc), leur structure et leur localisation cellulaire.

### c- Glutathion peroxydase

Il existe différentes isoformes de glutathion peroxydase (GPx), son activité principale est de détoxifier le peroxyde d'hydrogène et d'autres hydroperoxydes d'origine lipidique en couplant la réduction de l'hydroperoxyde avec l'oxydation d'un substrat réducteur (**Delattre et al., 2005**). Il existe d'autres enzymes qui jouent un rôle non négligeable dans la lutte antioxydante comme : la glutathion réductase, la thioredoxine réductase, la glutathion transférase...etc

## 5-2 Antioxydants non enzymatiques

Ce sont des antioxydants naturels capables de prévenir les dommages oxydatifs parmi eux on cite :

**5-2-1 Les vitamines** : il s'agit des substances qui proviennent de notre alimentation et qui jouent un rôle important dans le renforcement des systèmes antioxydants endogènes (**Pham-Huy et al., 2008**).

- **La vitamine E** : c'est un composé liposoluble, connu par sa haute capacité antioxydante. Elle capte les espèces radicalaires, formant un radical non toxique et régénérable par d'autres. Pour les êtres humains son apport se fait via l'alimentation (ne peuvent pas en synthétiser). cette vitamine se trouve dans les huiles végétales, les noix, les graines. Elle est localisée au niveau membranaire et dans les lipoprotéines circulantes où il réagit majoritairement avec les radicaux peroxydes en formant un radical tocophéryle. Un déficit en vitamine E peut être à l'origine de déficiences neurologiques telles que les myopathies (**Brigelius-Flohe et al. 1999**).
- **Vitamine C** : ou acide ascorbique est un composé hydrosoluble et considérée comme étant l'antioxydant naturel le plus puissant. Les aliments ayant la plus grande teneur en

vitamine C sont les agrumes, les kiwis et les légumes (brocolis, chou-fleur). Elle agit en synergie avec la vitamine E en vue de neutraliser les espèces radicalaires. Une fois oxydée, elle sera régénérée soit par le glutathion réduit, soit par l'acide dihydrolipoïque, soit par le glucose -6- phosphate. La vitamine C est impliquée dans la régénération de la vitamine E in vivo et in vitro (**Achach, 2006**).

- **Béta carotène** : il s'agit d'un caroténoïde liposoluble capable de piéger les EROs tel que l'oxygène singlet (**Pham-Huy et al., 2008**). Elle a le pouvoir de participer à la phase de terminaison des réactions de la chaîne de peroxydation lipidique et protège ainsi les structures cellulaires contre les agressions radicalaires (**Goudable et Favier, 1997**).

**5-2-2 Oligoéléments** : Ils sont indispensables pour l'activité de certaines enzymes antioxydantes telles que la superoxyde dismutase et la glutathion peroxydase (**Pincemail et al., 2002**). Il existe plusieurs oligoéléments tel que le cuivre, le sélénium, le zinc...etc

**5-2-3 Les composés phénoliques** : En particulier les flavonoïdes, sont des métabolites secondaires des plantes caractérisés par une structure commune de type 2-phénylbenzopyrane. Leur capacité antioxydante réside dans leur capacité à neutraliser les radicaux libres par des mécanismes de transfert d'électrons et de protons, et à chélater les ions des métaux de transition capables de catalyser la peroxydation lipidique (**Schroeter et al., 2002; Leopoldini et al., 2011**).

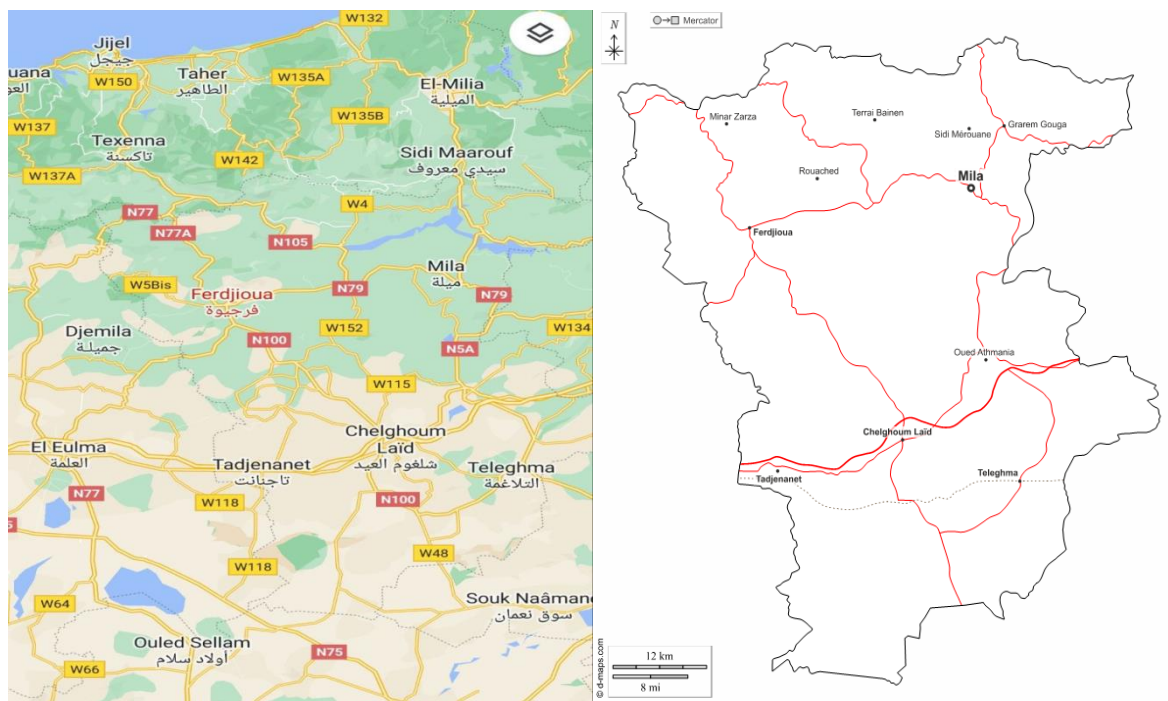
## *Partie II*

# *Matériel et méthodes*

## I- Matériel végétal

### 1- Récolte de la plante

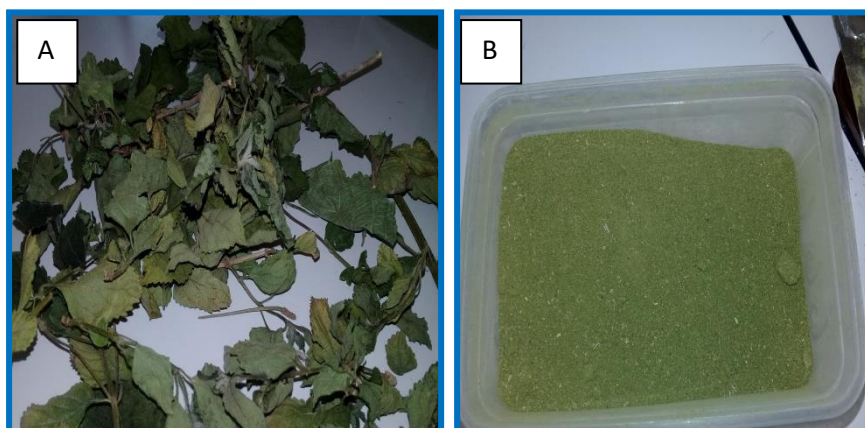
Le matériel végétal est constitué des feuilles de *L. camara* L. récolté le mois d'Octobre 2017, dans la région Ferdjiwa, wilaya de Mila Algérie (figure 20)



**Figure 20** : Situation géographique de la zone de prospection

### 2- Préparation de la poudre

Les feuilles sont lavées à l'eau courante pour éliminer tous les débris, puis séchées à l'obscurité. Après séchage, les feuilles sont réduites en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre ainsi obtenue est conservée dans des flacons en verre hermétiquement fermés à une température ambiante jusqu'à leur utilisation pour la préparation des différents extraits (figure 21).



**Figure 21** : Préparation de la poudre des feuilles *L. camara* L.  
A : Feuilles sèches, B : Poudre

## II- Méthodes

### 1- Calcul des rendements

#### 1-1 Détermination de la teneur en eau

Pour déterminer la teneur en eau, on a utilisé la méthode de dessiccation par évaporation décrite par **Audigié et al** en **1978**. Cette méthode consiste à la dessiccation du matériel végétal à la température  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  dans une étuve ventilée jusqu'à poids constant. La teneur en eau est la différence du poids avant et après la dessiccation, elle est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{H\% = (M_1 - M_2) / PE \times 100}$$

**H%** : Teneur en eau

**M<sub>1</sub>** : Poids du matériel végétal avant dessiccation.

**M<sub>2</sub>** : Poids du matériel végétal après dessiccation.

**PE** : La prise d'essai.

Nous avons déterminé la moyenne des pourcentages de trois essais dans les mêmes conditions. La matière sèche **Ms** est calculée par la formule suivante :

$$\mathbf{Ms\% = 100 - H\%}$$

#### 1-2 Détermination de la teneur en cendres totales

La méthode utilisée est celle décrite par **Laurent** en **1991**. Elle consiste au passage du matériel végétal au four à une température de  $550^\circ\text{C}$  jusqu'à destruction totale de toute particule carbonneuse. La teneur en matière organique est donnée par la formule suivante :

$$\text{MO \%} = (M_1 - M_2) / \text{PE} \times 100$$

**MO** : Matière organique

**M<sub>1</sub>** : Poids de l'échantillon avant calcination.

**M<sub>2</sub>** : Poids de l'échantillon après calcination.

**PE** : Prise d'essai.

La teneur en cendre est calculée comme suit :

$$\text{Cendres \%} = 100 - \text{MO\%}$$

Nous avons réalisé trois essais dans les mêmes conditions pour déterminer un pourcentage moyen.

### 1-3 Teneur en substances extractibles par l'eau

Elle se fait par la décoction d'une quantité de poudre des feuilles avec un volume d'eau distillée pendant 15 min. Le filtrat obtenu après filtration sur papier filtre a été mis dans une capsule pesée et évaporé à sec. La teneur en substances extractibles par l'eau est calculée selon la formule proposée par **Diallo** en **2005** :

$$\text{SEE \%} = (n - n') / \text{PE} \times 100$$

**SEE** : Substances extractibles par l'eau

**n** : Poids de l'échantillon avant évaporation

**n'** : Poids de l'échantillon après évaporation

**PE** : Prise d'essai.

Nous avons réalisé trois essais dans les mêmes conditions pour déterminer un pourcentage moyen.

### 1-4 Teneur en substances extractibles par l'éthanol

Elle se fait par macération de la poudre des feuilles dans l'éthanol pendant 24 heures, puis évaporation du filtrat obtenu. La teneur en substances extractibles par l'éthanol est donnée par la formule proposée par **Diallo** en **2005** :

$$\text{SEEt \%} = (n - n') / \text{PE} \times 100$$

**SEEt** : Substances extractibles par l'éthanol

**n** : Poids de l'échantillon avant évaporation

**n'** : Poids de l'échantillon après évaporation

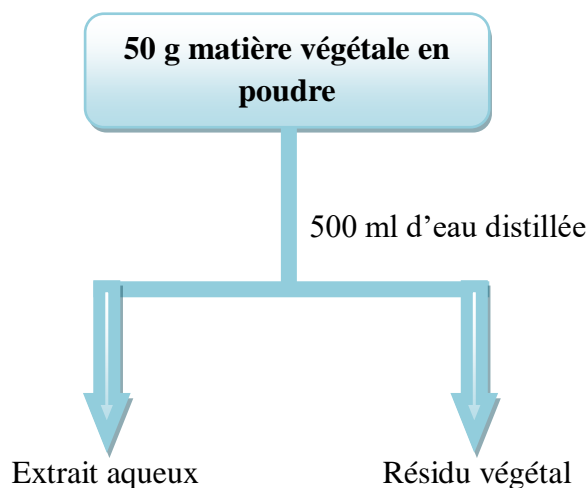
Trois essais ont été réalisés dans les mêmes conditions pour déterminer un pourcentage moyen

## 2- Extractions

L'étape d'extraction consiste à utiliser la plante sous forme broyée, puisque elle présente sous cette forme une plus grande surface de contact avec les solvants extracteurs, ce qui va améliorer le rendement des extractions

### 2-1 Extraction par macération à l'eau distillée

La macération à l'eau distillée a été effectuée selon le protocole de **Sanogo et al** en **2006**. Dans un erlenmeyer, 50g de la poudre obtenue est macérée avec 500 ml d'eau distillée sous agitation mécanique pendant 24 heures à température ambiante, puis filtration sur papier filtre (Figure 22)



**Figure 22** : Schéma de macération aqueuse des feuilles de *L. camara L*

### 2-2 Extraction avec les solvants organiques

La méthode d'extraction utilisée est celle décrite par **Diallo et al** en **2004** avec quelques modifications. Elle est basée sur la macération par des solvants de polarité croissante. Dans notre cas on a utilisé l'éther de pétrole, le chloroforme et le méthanol. Chacun de ces solvants va entraîner un type spécifique de substances (Tableau II). L'éther de pétrole a pour bute d'entraîner les graisses et les substances lipophiles. L'extraction par le

chloroforme permet d'obtenir un extrait riche en composés moyennement polaires, tandis que le méthanol extrait les composés polaires

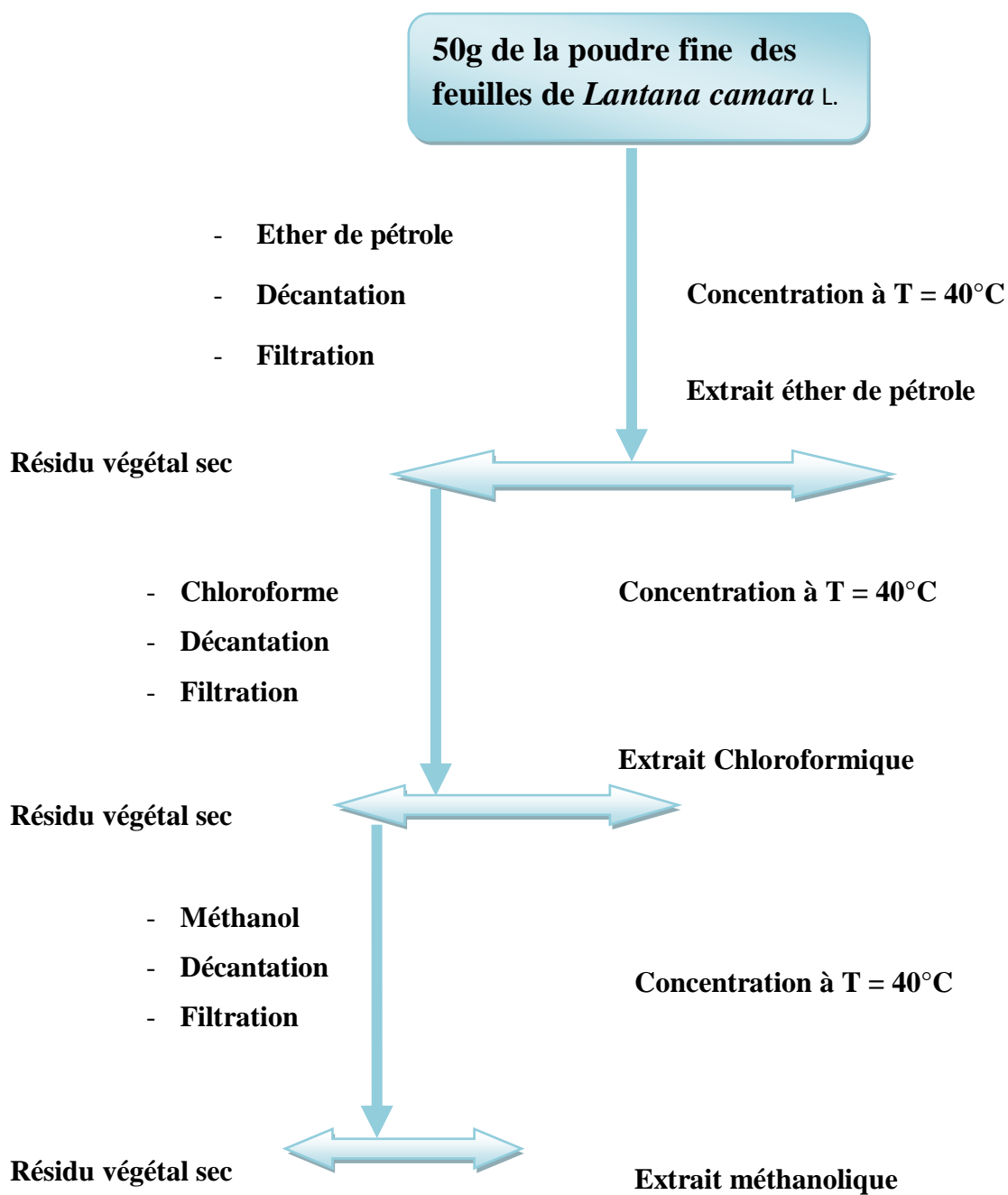
**Tableau II** : Relation classe chimique/solvant (Snyder, 1979).

Solvants	Caractères		Classes chimiques
	Hydrophile	Hydrophobe	
<b>Solvants polaires</b> - Eau - Méthanol - Ethanol			<b>Substances très polaires</b> - Alcaloïdes, sels - Oses, osides - Hétérosides - Flavonoïdes, hétérosides - Tanins - Acides aminés
<b>Solvants moyennement polaires</b> -Isopropenol -Acétonétrial -Dichloromethane -Chloroforme -Acétate d'éthyle			<b>Substances moyennement polaires</b> - Flavonoïdes aglycones - Saponines aglycones - Alcaloïdes bases - Huiles essentielles
<b>Solvants apolaires</b> -Ether éthylique -Hexane -Ether de pétrole			<b>Substances apolaires</b> - Quinones - Caroténoïdes - Stérols -Hydrocarbures - Acides gras

### ➤ Protocole

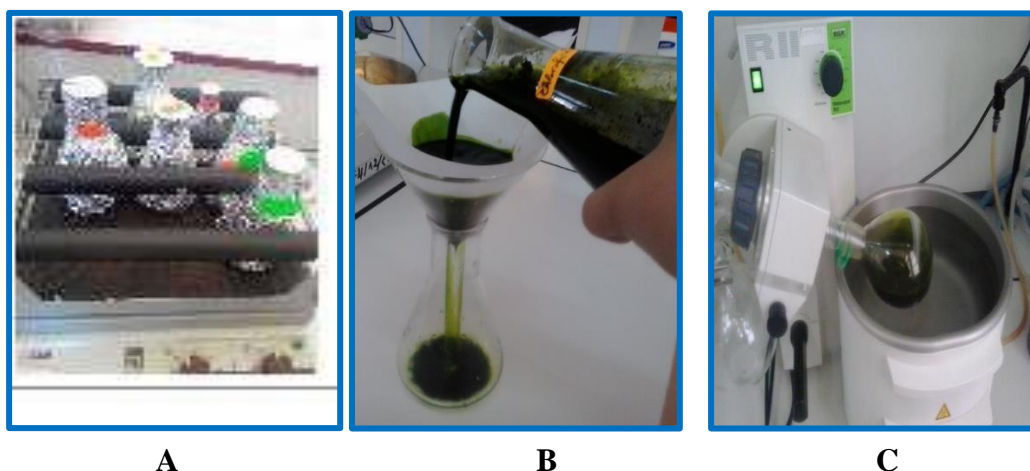
50g de poudre ont été extraits avec 250 ml d'éther de pétrole et placés sous agitation mécanique pendant 24 heures à température ambiante. Après filtration sur papier, le résidu obtenu est repris avec 250ml de chloroforme et laissé sous agitation pendant 24 heures. Après

filtration, le résidu est à nouveau extrait avec 250ml de méthanol dans les mêmes conditions. Chaque étape d'extraction est refaite trois fois avec renouvellement du solvant (Figure 23).



**Figure 23:** Schéma d'extraction de la poudre des feuilles de *L. camara* L. par les solvants organiques

Les extraits organiques obtenus (EEP, ECh, EMe) ont été concentré sous vide au rotavapor (type **BUCHI**) à température 40°C (Figure 24).



**Figure 24** : Les différentes étapes d'extraction **A** : agitation, **B** : filtration, **C** : évaporation

Après la concentration, ces extraits ont été séchés à l'aire libre, puis stockés à température -4°C à l'abri de lumière jusqu'à leurs utilisation. Le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse d'extrait obtenue et la masse de la matière végétale sèche utilisée :

$$\text{RE (\%)} = (\text{ME} / \text{MS}) \times 100$$

**RE**: Rendement en extrait (%).

**ME**: Masse d'extrait récupérée exprimé en g.

**MS**: Masse de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction (exprimée en g).

### 3- Dosage spectrophotométrique

#### 3-1 Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols totaux des extraits ont été déterminés par la méthode décrite par **Li et al (2007)** avec quelques modifications.

##### ➤ Principe

Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin-Ciocalteu consiste en une solution jaune acide contenant un complexe polymérique d'ions (hétéropolyacides). En milieu alcalin, le réactif de Folin-Ciocalteu, oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses

hétéropolyacides, d'où la formation d'un complexe bleu (**Daels-rakotoarison, 1999**). La teneur en polyphénols a été estimée par la méthode colorimétrique de Folin Ciocalteu.

➤ **Mode opératoire**

Les extraits sont dissous dans du méthanol pur pour avoir une concentration de 1 mg/ml ; puis 0,25 ml de la solution diluée a été mélangé avec 1,25 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et on laisse réagir pendant 5 min. Ensuite, on ajoute 1 ml de solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7,5%. Après 1 h de réaction à la température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance à 760 nm est mesurée par spectrophotomètre. Le test a été effectué en triple.

➤ **Étalonnage**

Le taux de polyphénols totaux a été calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ( $y = ax + b$ ), établie avec l'acide gallique dans les mêmes conditions que l'échantillon (Annexe 1). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'AG par milligramme d'extrait des feuilles.

### 3-2 Dosage des tanins hydrolysables

Le dosage des tanins hydrolysables a été réalisé selon la méthode proposée par **Mole** et **Waterman (1987)**, avec quelques modifications.

➤ **Principe**

Les tanins hydrolysables sont des esters de glucides ou d'acide phénols, ou des dérivés d'acide phénols, la molécule glucidique est en général du glucose, mais dans certains cas des polysaccharides. Ce groupe de tanins est caractéristique des dicotylédones, on le rencontre notamment chez les rosidaes dans tous les organes : racines, tiges, feuilles ou fruits avant la maturation (**Guignard, 1996**).

➤ **Mode opératoire**

Dans des tubes à essai, on mélange 1ml de chaque extrait avec 3,5ml de mélange ( $\text{FeCl}_3$  à 0,01% et HCl à 0,001M). Après homogénéisation, la lecture d'absorbance est effectuée à 660 nm. Chaque essai est répété trois fois. Le blanc est préparé par 1ml de mélange ( $\text{FeCl}_3$  à 0,01% et HCl à 0,001M) et 1ml de méthanol.

➤ **Étalonnage**

La teneur en tannins hydrolysables est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec de l'acide tannique (Annexe I). Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide tannique/g de matière sèche (mg Eq AT/g MS).

#### 4-3 Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode décrite par **Bahorum et al (1996)**.

##### ➤ Principe

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO en position 4, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium) (**Boulekbache, 2005**). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (**Ribéreau-Gayon, 1982**).

##### ➤ Mode opératoire

On additionne 1 ml de chaque extrait à concentration convenable avec 1 ml de AlCl<sub>3</sub> à 2% dans des tubes à essais. On laisse les tubes pendant 10 min à l'obscurité, puis on lit l'absorbance à la longueur d'onde 430 nm. Le blanc est préparé de la même manière en remplaçant l'extrait par 1 ml de méthanol. Chaque expérience est répétée trois fois.

##### ➤ Etalonnage

La teneur en flavonoïdes est déterminée à partir d'une équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage établie avec la Rutine (0-100µg/ml) (Annexe I), et exprimée en milligramme équivalent de rutine par gramme d'extrait (mg ER/g extrait).

#### 3-4 Dosage des sucres totaux

##### ➤ Principe

Le dosage des sucres totaux est effectué par la méthode de phénol / acide sulfurique (**Duboi et al., 1956**). Cette méthode nécessite une hydrolyse acide qui permet la rupture de toutes liaisons glucidiques dans le polysaccharide.

Le principe du dosage se base sur la condensation des produits de déshydratation des oses avec un chromogène qui est le phénol. A ce moment là, il se forme des chromophores de

couleur jaune orange, leur apparition est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 490 nm.

#### ➤ **Mode opératoire**

0.5 g de l'échantillon est additionné à 20ml d'acide sulfurique, le mélange est placé dans une étuve réglée à 105°C pendant 3 heures puis transverse la solution dans une fiole de 500 ml en ajustant le volume par l'eau distillée jusqu'à 500ml. On filtre la solution puis on réalise trois dilutions au 1/3.

Dans des tubes contenant 1ml de chaque dilution on ajoute 1ml de phénol à 5% et 5ml d'acide sulfurique à 98%. Les tubes sont placés pendant 5 min dans une étuve réglée à 105°C ; puis laissé à l'obscurité pendant 30 min. la densité optique est lue à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm.

#### ➤ **Etalonnage**

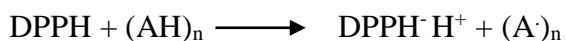
La teneur en sucre est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec le glucose utilisé comme standard (Annexe I). Les résultats sont exprimés en g équivalent de glucose /100g de matière sèche (g Eq glucose /100g MS).

### **4- Activités antioxydantes**

#### **4-1 Activité antioxydante par diphényle-picryl-hydrazyl (DPPH)**

##### ➤ **Principe**

Le DPPH (2,2 diphényl-1-picryl hydrazyl) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme de radicale libre et la simplicité de l'analyse. Il absorbe dans le visible au longueur d'onde 517 à 520 nm (**Bozin et al., 2008**). Le DPPH, un radical libre de couleur violette, est réduit en un composé de couleur jaune en présence de composés anti-radicalaires (**Molyneux, 2004**). On peut résumer la réaction avec l'équation suivante :



Ou (AH)<sub>n</sub> est un composé capable de céder un hydrogène au radical DPPH (violet) pour le transformer en Diphényle picryl hydrazine (jaune).

##### ➤ **Protocole**

1ml de chaque extrait (aux différentes concentrations) est incubé à température ambiante et à l'obscurité (30mn) avec 1ml d'une solution méthanolique de DPPH (0.1Mm). L'absorbance est lue à une longueur d'onde de 517nm (verrouillage de la couleur du violet au

jaune). L'activité antioxydante, qui exprime la capacité de piéger le radicale libre, est estimée par la formule suivante :

$$\% \text{ d'activité anti radicalaire} = [(\text{Absorbance contrôle} - \text{Absorbance test}) / \text{abs contrôle}] \times 100$$

Le contrôle est constitué de solution méthanolique de DPPH, et l'acide ascorbique est utilisé comme standard.

#### 4-2 Pouvoir réducteur par la méthode FRAP

##### ➤ principe

La méthode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) est basée sur la réaction de réduction du (Fe<sup>3+</sup>) présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en (Fe<sup>2+</sup>). La révélation de la réaction est observée par le virement de la couleur jaune du fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) en couleur bleu vert du fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>). L'intensité de coloration est mesurée par spectrophotomètre à 700 nm (**Hinneburg et al., 2006**).

##### ➤ Protocole

0,5ml de l'extrait à différentes concentrations est mélangé avec 1,25 ml d'une solution tampon phosphate à 0,2M (pH = 6,6) et 1,25 ml d'une solutions de ferrocyanure de potassium [K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] à 1% ; le tout est incubé à 50°C pendant 20 mn puis refroidi à température ambiante. 2,5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction ; puis les tubes sont centrifugés à 3000 tours pendant 10min. 1,25ml de surnageant sont ajoutés à 1.25 ml d'eau distillée et 250µl d'une solution de trichlorure de fer (FeCl<sub>3</sub>, 6H<sub>2</sub>O) à 0,1%. L'absorbances est mesurée contre un blanc à 700 nm (**Hinneburg et al., 2006**).

#### 5- Activité antibactérienne

Pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits des feuilles de *Lantana camara* L., et afin de comparer entre l'aptitude de chaque extrait à inhiber certaines bactéries, on a utilisé la technique des disques en papier. Cette méthode a l'avantage d'être d'une grande souplesse et de s'appliquer sur un grand nombre d'espèces bactériennes. L'inhibition de la croissance bactérienne in vitro a été étudiée par la méthode de diffusion par disque sur milieu solide.

##### ➤ Principe

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé à effet antibactérien en milieu solide dans une boîte de Pétri. Après un certain temps de contact entre le produit et le

microorganisme cible, une zone d'inhibition est apparue autour du composé. L'activité antibactérienne sur la cible est appréciée par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition (Ofegolbn et al., 2013)

### ➤ Mode opératoire

#### 1- Souches bactériennes

Les souches bactériennes sur lesquelles nous avons testé l'activité des extraits des feuilles de *L. camara*, sont des lots de l'ATCC (American Type Culture Collection), elles ont été sélectionnées en fonction de leur pouvoir pathogène et leur résistance naturelle par rapport aux antibiotiques (Tableau III). Ces souches bactériennes nous ont été fournies par un laboratoire d'analyses médicales privé MEROUHE de la région de Ferdjiwa.

**Tableau III** : Souches bactériennes testées

Famille	Souches	Gram
Micrococcace	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538	+
Enterobacteriaceae	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	-
	<i>Salmonella typhi</i> ATCC 6539	-
	<i>Klebsiella pneumonia</i> ATCC 700603	-

#### 2- Préparation des milieux

Dans cette étude on a utilisé deux milieux de culture : le premier c'est le bouillon nutritif (BN) qu'est utilisé pour la vérification de la viabilité des bactéries et la réactivation des souches bactériennes. Le deuxième c'est la gélose Mueller Hinton (MH) utilisée dans les tests de sensibilité des bactéries aux différents extraits de la plante.

#### 3- Stérilisation du matériel

L'eau physiologie, les milieux de culture (MH et BN), les tubes à vis utilisés dans la préparation de la suspension bactérienne, les disques en papier Wattman (6 mm de diamètre), les pinces et les embouts enrobés dans du papier aluminium ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 20 minutes.

#### 4- Préparation des dilutions

Afin d'obtenir différentes concentrations des extraits des feuilles de *L. camara*, on a dilué les extraits purs dans le DMSO. Ce choix a été fait, parce que le DMSO n'a aucun pouvoir antimicrobien puissant. La concentration de la solution mère de chaque extrait est de 2 mg/ml, puis une série de dilutions successives a été préparée.

#### 5- Préparation de l'inoculum

Après stérilisation de la zone de travail, les souches bactériennes sont réactivées dans un milieu BN stérile, et incubé dans l'étuve à 37°C pendant 48h. Leur densité optique (DO) doit être comprise entre 0.08 et 0.10 à 625 nm. L'inoculum peut être ajusté par l'ajout de la culture bactérienne si la DO est inférieure à 0.08, ou par l'ajout de l'eau physiologique stérile si la DO est supérieure à 0.1.

#### 6- Ensemencement et dépôt des disques

L'ensemencement est réalisé par écouvillonnage sur boîtes de Pétri. Un écouvillon est trempé dans la suspension bactérienne, puis l'essorer en pressant fermement sur la paroi interne du tube et frotté sur la totalité de la surface gélosée, de haut en bas en stries serrées. L'opération est répétée trois fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois. L'écouvillon est rechargé à chaque fois qu'on ensemence plusieurs boîtes de Pétri avec la même souche. Les disques imprégnés d'extrait sont déposés délicatement sur la surface de la gélose MH inoculée à l'aide d'une pince stérile. De même les antibiogrammes réalisés avec des disques contenant le DMSO (témoin négatif) et des disques de l'antibiotique gentamicine (témoin positif).

#### 7- Incubation des boîtes de pétries

Les boîtes de Pétri sont incubées pendant 24 heures à 37°C. L'expérience est répétée trois fois pour les différentes concentrations de chaque extrait, et pour chaque espèce bactérienne.

#### 8- Lecture des antibiogrammes

La lecture des antibiogrammes est effectuée en mesurant le diamètre (en mm) de la zone d'inhibition formée autour de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse. Les valeurs obtenues sont comparées avec les valeurs de référence.

#### 6- Activité hémolytique

##### ➤ Principe

La méthode utilisée pour évaluer l'activité hémolytique est celle décrite par **Sanjeeb et al** en 2011.

➤ **Mode opératoire**

**1- Préparation des cellules érythrocytaires**

Les échantillons du sang ont été prélevés sur des donneurs volontaires sains ayant le même groupe sanguin âgés de 22 à 25 ans par ponction veineuse dans des tubes à héparine. 5 ml du sang a été centrifugé pendant 3 minutes à 1500 rpm ; le culot obtenu a été lavé 3 fois avec une solution tampon phosphate saline stérile (pH= 7.2 ± 0.2) par centrifugation pendant 5 min à 1500 rpm. La suspension cellulaire a été remise dans une solution saline normale à 0.5%.

**2- Test de l'activité hémolytique**

0.5 ml de chaque extrait à différentes concentrations (125, 250, 500, 750 et 1000 µg/ml dans le tampon phosphate salin) a été mélangé avec 0.5 ml de la suspension érythrocytaire obtenue précédemment. Le mélange a été incubé pendant 30 minutes à 37°C, puis centrifugé pendant 10 minutes à 1500 rpm. L'hémoglobine libre dans le surnageant a été mesuré au spectrophotomètre UV- Vis à 520 nm. Le tampon phosphate salin est utilisé comme control minimal de l'activité, tandis que l'eau distillée est utilisée comme control maximal. Chaque expérience a été réalisée trois fois. Le pourcentage d'hémolyse est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{ hémolyse} = [(A_t - A_n) / (A_c - A_n)] \times 100$$

**At**: absorbance de l'échantillon testé

**An** : absorbance de control minimal (tampon phosphate salin PBS)

**Ac** : absorbance de control maximal (eau distillé)

**7- Activité anticoagulante**

L'activité anticoagulante des extraits de *L. camara* L. a été évaluée in vitro vis-à-vis les deux voies de la coagulation (la voie endogène et la voie exogène) sur un pool des plasmas normaux déplaquettés et à l'aide de deux tests globaux et chronométriques ; le temps du Céphaline kaolin (TCK) et temps de Quick (TQ) ou nommé également taux de prothrombine (TP).

### 7-1 Évaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie endogène

#### ➤ Principe

L'évaluation de l'activité anticoagulante des extraits vis-à-vis la voie endogène de la coagulation a été réalisé par le test du temps de Céphaline-kaolin (TCK), un test qui permet d'explorer l'activité des facteurs plasmatiques de la voie endogène ou intrinsèque (II, V, VIII, IX, X, XI et XII) de la coagulation (**Rizzo et al., 2008**)

Ce test consiste à mesurer le temps de coagulation d'un plasma pauvre en plaquettes en présence de Céphaline (substitut phospholipidique du facteur 3 plaquettaire), de kaolin (activateur du système contact et de calcium comme agent de recalcification (facteur déclenchant) (**Croizat et al., 1968**).

Le kaolin présent le double avantage d'une lecture aisée et d'un temps de lecture plus court chez l'adulte, la valeur normale moyenne du TCK est de 30 à 34 secs. Habituellement ; un laboratoire doit donc toujours rendre un temps témoin pour permettre l'interprétation du test.

#### ➤ Mode opératoire

##### 1- Préparation du pool plasmatique

Le pool plasmatique est un mélange de plasma deplaquettée de 7 volontaires jeunes adultes sains non traités, dont les TQ et TCK sont normaux et comparables. Le sang de chaque volontaire est prélevé par ponction veineuse dans un tube en plastique sur une solution anticoagulante de citrate de sodium à 3,2 %. Le sang est ensuite centrifugé pendant 10 minutes à 3000 rpm pour obtenir un plasma pauvre en plaquettes. Le plasma standard obtenu est conservé à basse température (-10C°) jusqu'à son utilisation (**Athukorala et al., 2007**).

##### 2- Teste de l'activité anticoagulante

- mélanger 100 µL de plasma avec différents volumes de l'extrait diluée (10 µL, 20 µL, 30 µL)
- incuber le mélange à 37°C pendant 15 minutes
- ajoute 100 µL du réactif de Céphaline-kaolin (TCK)
- laisser le mélange 3 minutes
- addition 100 µL de chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) préchauffé pour une reclassification du plasma.

Ainsi le temps de coagulation est mesuré à l'aide d'un Coagulomètre optique (type Biomérieux) basé sur le changement de la transmission de la lumière depuis l'addition du

calcium (déclenchement du chronomètre) jusqu'à la formation du caillot de fibrine (arrêt du chronomètre), les résultats sont exprimés par le temps de coagulation en seconde (s).

### 7-2 Evaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie exogène

#### ➤ Principe

L'activité anticoagulante vis-à-vis la voie exogène de la coagulation a été évaluée en utilisant un test de coagulation appelé le temps de Quick (TQ) ou le taux de prothrombine (TP) qui permet une exploration globale des facteurs de la voie exogène de la coagulation (La proconvertine VII, la prothrombine II, la proaccéléline V, le facteur stuart X, et aussi le fibrinogène).

La technique originale a été décrite par Quick en 1935. Son principe consiste à mesurer le temps de coagulation du plasma citraté en présence d'un excès de thromboplastine calcique (Croizat *et al.*, 1968). Ce test consiste à mesurer le temps de coagulation à 37°C d'un plasma pauvre en plaquettes en présence d'un mélange de facteur tissulaire et des phospholipides (la thromboplastine) et de calcium. Les facteurs de la voie exogène sont donc activés et le temps qui s'écoule jusqu'à la formation du caillot est mesuré. Normalement le caillot se forme en 12s à 13s ce qui représente le temps de Quick. Un temps de coagulation allongé par rapport à celui du contrôle négatif explique que l'échantillon exerce un effet anticoagulant vis-à-vis de cette voie de coagulation.

#### ➤ Mode opératoire

On utilise toujours le plasma préparé précédemment.

Différents volumes de chaque extrait ont été préparés (10, 20, 30µl) et additionnés à 100µl du plasma standard pré incubé à 37°C durant 2 min, les mélanges sont ensuite incubés à 37°C durant 15 minutes. Après l'incubation, la coagulation a été déclenchée par l'addition de 200µl de thromboplastine pré incubé à 37°C pendant 10 minutes, et le temps qui s'écoule jusqu'à la formation du caillot fibrineux est alors mesuré automatiquement à l'aide du Coagulomètre. Les résultats sont exprimés par le temps de coagulation en seconde (s).

### 8- Activité insecticide

Les infestations des insectes et des acariens sont l'une des principales causes de la détérioration et de la baisse de la valeur marchande des denrées entreposées. Malgré les progrès réalisés au niveau des méthodes de gestion appliquées durant l'entreposage et la diversité des produits chimiques (fumigatoires, produits de contact, etc.), les ravageurs

animaux continuent à provoquer d'importants dégâts au niveau des stocks. Cette situation découle en grande partie de la capacité propre à ces ravageurs de s'adapter, de se multiplier et de se reproduire sous des conditions relativement exposées. Ainsi, il a été démontré la résistance des insectes à de nombreuses molécules chimiques (**Sinha et Watters, 1985**). Cette grande adaptabilité leur permet également de se développer dans des milieux écologiques très différents.

### ➤ **Élevage des insectes**

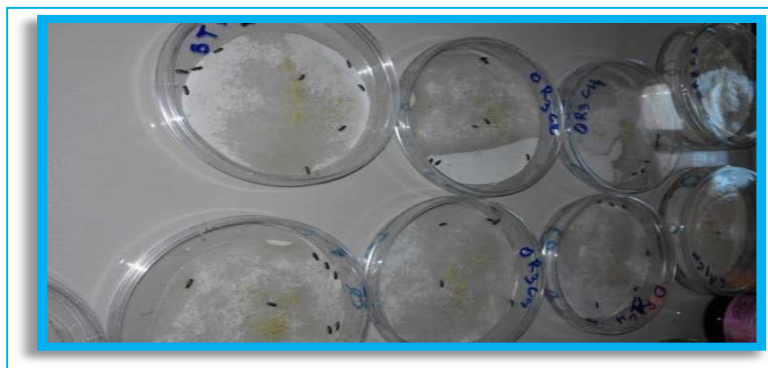
Dans le souci d'obtenir une population homogène et suffisante des insectes adultes et des larves de *Tribolium castaneum* pour les différents tests biologiques, un élevage de masse a été effectué dans des boîtes en plastique en présence de la farine du blé infestée d'insectes. Ces boîtes sont maintenues dans des conditions favorables permettant le développement de ces individus (Température 20-25°C et une humidité relative variant de 65 à 70 %). Pour séparer les insectes (larves et adultes), nous avons utilisé un tamis de diamètre 0,5mm, puis à l'aide d'une pince on prend les individus, larves et adultes (âgés de 3 à 5 jours) et on les place séparément dans des boîtes de Pétri en plastiques dont le couvercle est perforé pour permettre la respiration des individus.

### **8-1 Activité adulticide**

L'activité insecticide des extraits de *L. camara* contre les adultes *Tribolium castaneum* a été étudiée par contact direct à différentes concentrations (**Rajashekar et al., 2010**).

### ➤ **Protocole**

2ml de chaque concentration (1mg/ml, 0.75mg/ml, 0.5mg/ml, 0.25mg/ml et 0.1mg/ml) ont été pulvérisées sur le papier filtre dans des boîtes de pétri. On a laissé le solvant s'évaporer pendant quelque minute, puis on a libéré 10 adultes de *Tribolium castaneum*. Les boîtes de Pétri sont maintenues toujours dans les mêmes conditions que l'élevage (Température 20-25°C et une humidité relative variant de 65 à 70 %). Chaque traitement de groupe avait trois répétitions. Une boîte de Pétri contenant uniquement la farine du blé a été utilisée comme témoin. La mortalité des insectes a été enregistrée après 2h, 24h, 48h et 72 heures d'exposition.



**Figure 25 :** Effet des différents extraits de *L. camara* L. contre les adultes de *T. castaneum*

### 8-2 Activité larvicide

Les tests sont réalisés dans des boîtes de pétri. Le papier filtre est imbibé avec 2 ml de chaque concentration (1mg/ml, 0.75mg/ml, 0.5mg/ml, 0.25mg/ml et 0.1mg/ml) et laisser évapores pendant quelques minutes avant de déposer les 10 larves de *T. castaneum*. Chaque traitement avait trois répétitions. Le témoin est constitué d'une boîte de Pétri contenant dix larves avec la farine du blé uniquement. Le comptage de larves mortes est effectué après 2 heures, puis chaque 24 heures pendant trois jours.

La mortalité des insectes et des larves est calculée selon la formule suivante (Abbot, 1925):

$$Mc \% = [(M-Mt) / (100-Mt)] \times 100$$

**Mc :** Pourcentage de mortalité corrigé.

**M :** La mortalité dans la population traitée.

**Mt :** La mortalité dans la population témoin.

### 9- Potentiel allélopathique de *Lantana* L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales

L'allélopathie est un phénomène biologique dans lequel les plantes peuvent produire certains métabolites secondaires qui inhibent la croissance, la reproduction et la survie des autres plantes afin d'éviter la compétition dans leur environnement. Certains des métabolites secondaires de la plante ont des effets phytotoxiques (Stamp, 2003).

*L. camara* L. est l'une des plantes adventices allélopathiques connus dans de nombreuses régions du monde (Binggel et Desalegn, 2002). Cette plante contient une variété d'acides

phénoliques et de substances toxiques qui entravent la croissance des semis et le développement des flores proches (Achhireddy et Singh, 1984).

### 9-1 Effet de l'extrait aqueux de *Lantana L.* sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales

L'effet de l'extrait aqueux de *L.camara L.* a été évalué dans les conditions de laboratoire sur une variété d'espèces végétales. Ces dernières nous ont été fournies par la Direction des Céréales et Légumes secs de Chelghoum Laid Wilaya de Mila (Tableau VI).

**Tableau IV** : Caractéristiques des différentes espèces végétales utilisées

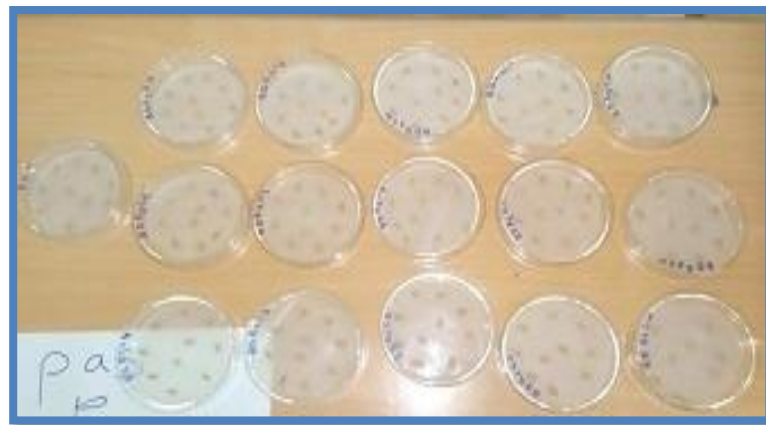
	Nom de variété	Nom scientifique	Famille	Caractéristiques physiologiques
Céréales	Blé dur : Bousselam 	<i>Triticum durum</i> Desf.	Poaceae	<b>Germination</b> : 12 à 48 h (Kinna, 2005). <b>Stockage</b> : 5 ans à 10 ans (Asara, 2017).
	Orge : Saida 	<i>Hordeum vulgare</i>	Poaceae	<b>Germination</b> : 12 à 48 h (Kinna, 2005). <b>Stockage</b> : 5 ans à 10 ans (Asara, 2017).
Légumineuses	Lentille: Syrie 229 	<i>Lens culinaris.</i>	Fabaceae	<b>Germination</b> : 12h à 3 jours (Kinna ,2005). <b>Stockage</b> : >12 moins (Asara, 2017).
	Pois chiche : Flip 90/13/C 	<i>Cicer arietinum.</i>	Fabaceae	<b>Germination</b> : 12 h à 3 jours (Kinna ,2005). <b>Stockage</b> : >12 moins (Asara, 2017).

L'extrait aqueux obtenu par macération est utilisé pour préparer une série de dilution (10%, 25%, 50% et 75% et 100%). L'eau distillée a été utilisée comme traitement témoin.

➤ **Mode opératoire**

Le protocole expérimental est celui utilisé par **Bindu et Jain en 2009** avec quelques modifications.

L'expérience a été réalisée dans des boîtes de Pétri stériles de 12 cm de diamètre, et dont lesquelles le papier Wattman N°3 humidifié par les différentes concentrations de l'extrait aqueux a été utilisé comme un support de germination. Avant d'être utilisées, les graines testées ont été choisies saines puis désinfectées avec l'eau de javel / eau distillée (1v/3v) ; puis 10 graines ont été placées dans chaque boîte de Pétri. Le traitement témoin n'a été traité qu'avec l'eau distillée (Figure 26).



**Figure 26** : Dispositif germinatif des graines testées

L'expérience a été réalisée pendant une période de dix jours et avec trois répétitions pour chaque traitement. Une graine est considérée comme germée lors de l'apparition de radicule. La germination a été enregistrée quotidiennement et les résultats ont été déterminés en mesurant différents paramètres :

**1- Taux de germination (Tg)**

Le taux de germination a été calculé selon la formule donnée par **Côme (1970)** :

$$\mathbf{Tg = Ng / Ns \times 100}$$

**Tg:** Taux de germination

**Ng:** Nombre de graines germées.

**Ns**: Nombre de graines semées.

### 2- Taux d'inhibition de germination (**Ti**)

Selon **Ben khettou (2010)** le taux d'inhibition est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{Ti = (Ns - Ng) / Ns \times 100}$$

**Ti** : Taux d'inhibition germination

**Ns** : Nombre de graines semées.

**Ng** : Nombre de graines germées.

### 3- Cinétique de germination

Selon **Côme (1970)** c'est la variation du taux de germination des graines en fonction du temps.

### 4- Vitesse de germination

La vitesse de germination est calculée par la formule suivante proposée par **Côme (1970)** :

$$\mathbf{V = (N1 + N2 + N3 + \dots + Nn) / (N1T1 + N2T2 + N3T3 + \dots + NnTn)}$$

**V** : Vitesse de germination

**Nn** : Nombre de graines germées au temps Tn

### 5- Index de germination (**Ig**)

L'index de germination est une expression quantitative de la germination qui concerne le taux de germination quotidien à la valeur maximale de la germination notée (**Throneberry et Smith, 1955**). Il est calculé par l'équation suivante :

$$\mathbf{Ig = N1 + N2 - N1/2 + N3 - N2/3 + \dots + Nn - Nn-1/n}$$

**Ig** : Index de germination

**Nn** : Pourcentage de germination au n<sup>ème</sup> jour

### 6- Longueur relatives des pousses (**Rs**)

Selon **Rho et Kil (1986)** ce paramètre est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{Rs = Ms / Mc \times 100}$$

**Rs** : Longueur relative des pousses

**Ms** : Longueur moyenne des pousses des plantes traitées

**Mc** : Longueur moyennes des pousses des plantes témoins

#### 7- Longueur relative des racines (**Rr**)

La longueur relative des racines est calculée selon la formule donnée par **Rho et Kil (1986)** :

$$\mathbf{Rr} = \mathbf{M} / \mathbf{Mc} \cdot \mathbf{100}$$

**Rr** : Longueur relative des racines

**M** : Longueur moyenne des racines des plantes traitées

**Mc** : Longueur moyennes des racines des plantes témoins

#### 8- Taux d'inhibition et/ou de stimulation de croissance

Ce paramètre est calculé selon formule donnée par **Abiyu et Nagappan** en 2015 :

$$\mathbf{Ti} = (\mathbf{RLC} - \mathbf{RLT}) / \mathbf{RLC} \cdot \mathbf{100}$$

**Ti** : Taux d'inhibition et/ou de stimulation de croissance des tiges ou des racines

**RLC** : Longueur des tiges ou des racines des plantes témoin

**RLT** : Longueur des tiges ou des racines des plantes traitées

### 9-2 Effet de la poudre de *Lantana* L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales

L'évaluation de l'effet allélopathique de la poudre des feuilles de *L. camara* L. sur la germination et le comportement de croissance de quatre variétés : blé dure, orge, pois chiche et lentille a été réalisée dans des pots de culture de 3 Kg dans les conditions de laboratoire.

#### ➤ Protocole

Le protocole suivi est celui décrit par **Abiyu et Nagappan** en 2015 avec quelques modifications.

L'expérience comprend trois traitements T1, T2, T3 et un témoin T0 pour chaque culture. Les plantes du groupe témoin ont été cultivées dans un sol sans poudre des feuilles de *L. camara* ; tandis que les plantes T1, T2 et T3 ont été cultivées dans un sol mélangé avec 25, 50 et 75 g de la poudre respectivement (pour chaque 1 Kg du sol). Pour chaque expérience, dix graines ont été semées et laissées germer dans des pots en plastique. L'expérience a été répétée trois fois pour chaque variété pendant deux mois.

La germination des graines a été contrôlée quotidiennement jusqu'à la germination de la dernière graine (après 15 jours). Le développement de la croissance des pousses a été

enregistré chaque jour après leurs apparitions. La longueur des racines a été mesurée à la fin de la période expérimentale.

Les différents paramètres mesurés sont les suivants :

- **Pourcentage de germination (X%)**

Le nombre de graines germées a été compté quotidiennement. Après la germination de la dernière graine, le pourcentage de germination de chaque variété est calculé selon la formule suivante :

$$X\% = (\text{nb de grains germées} / \text{nb de graines semis}) \times 100$$

- **Vitesse de germination**

Le nombre de graines germées a été compté quotidiennement jusque au quinzième jour. Aucune germination n'a été observée après ca. La vitesse de germination V a été calculée en utilisant la formule suivante (Khandakar et Bradbear, 1983) :

$$V = (N1/1 + N2/2 + N3/3 + \dots + Nn/n) \times 100\%$$

N1, N2, N3 .... Nn, sont les proportions de graines qui germent aux jours 1, 2, 3 ... N

- **Longueur des pousses et des racines**

La longueur des pousses a été mesuré quotidiennement dès l'apparition des tiges, tandis que la longueur des racines est mesurée à la fin d'expérimentation en utilisant le pied à coulisse.

- **Pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses et des racines**

Le pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses et des racines des quatre espèces a été calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = (RLC - RLT) / RLC \times 100$$

**RLC** : la longueur des racines (pousses) dans le contrôle

**RLT** : la longueur des racines (pousses) dans le traitement.

### **9-3 Effet de la poudre de *Lantana* L. sur le stockage de quelques espèces végétales**

#### **➤ Principe**

Dans le but d'évaluer l'effet de la poudre des feuilles de *L. camara* L. sur le stockage des graines de quelques espèces végétales ; des lots des graines de chaque espèce choisis (pois

chiche, lentille, orge et blé dur) ont été vannées, puis soigneusement triées afin d'éliminer les impuretés, et aucune graine après triage n'était apparemment sujet d'infestation. La poudre des feuilles de *L. camara* L. a été appliquée à une dose correspondant à un dixième du poids du bio essai : les échantillons de 170 grammes de chaque espèce végétale ont été enrobés dans 17 grammes de poudre des feuilles et mis dans des sachets en polyéthylène hermétiquement fermés puis homogénéisés. Les lots témoins des quatre espèces sont préparés uniquement par 170 g des graines (**Gakuru et al, 2011**). Chaque traitement est répété trois fois. Les semences (traité et non traité) sont conservées à l'abri de la lumière pendant 8 mois (juin 2017 jusque février 2018). Les variétés céréalières et légumineuses utilisés sont celles décrites précédemment.

#### ➤ Paramètres étudiés

Après la période du stockage, les graines des différentes espèces sont soumises aux différents tests :

##### 1- Évaluation de la qualité organoleptique des graines stockées

L'évaluation de la qualité organoleptique des graines testés est basée sur la comparaison entre les différents changements de couleur et d'odeur entre les graines traitées et non traitées après la période du stockage (**Ogendo et al., 2011**).

##### 2- Détermination du poids des graines

Les pesés du poids des graines des différentes espèces est ré effectuées à la fin du période du stockage à fin d'effectuer des comparaisons avec les poids de départ.

##### 3- Taux d'attaque par les insectes

Le comptage de nombre des insectes infestant les différents lots est effectué à la fin de l'expérience.

##### 4- Paramètres germinatifs

- Désinfection des graines

Pour chaque espèce (traité et non traité) des graines saines sont choisis et trempées dans la solution de l'eau de javel dilué, suivis par 4 lavages à l'eau courante.

- **Mise en culture**

10 graines sont semis dans des boîtes de Pétri en plastique tapissé par un papier filtre humidifié par l'eau distillée. L'expérience a été réalisée en trois répétitions pour chaque espèce (traité et non traité). Les boîtes de Pétri sont maintenues dans les conditions de laboratoire. Le nombre de graines germées pour chaque variété, la longueur des racines et la longueur des pousses ont été pris quotidiennement pendant 10 jours (**Ogendo et al., 2011**).

Les paramètres mesurés au cours de cette expérimentation sont les suivants :

- 1) **Taux de germination** : C'est le pourcent des grains germées par rapport aux grains semées, il est déterminé comme suivant (**Cherif et al., 2015**) :

$$Tg = (Ng/Ns) \times 100$$

**Tg** : Taux de germination.

**Ns** : Nombre de grains semis.

**Ng** : Nb de grains germés.

- 2) **Taux d'inhibition de la germination** : La capacité d'une substance ou préparation à inhiber la germination des grains testées est calculée par la relation suivante (**Rokhsana et al., 2015**) :

$$Ti = [(Ns - Ng) / Ns] \times 100$$

**Ti** : Taux d'inhibition de la germination.

**Ns** : Nombre de grains semis.

**Ng** : Nb de grains germés.

- 3) **Cinétique de germination** : Elle exprime la variation du taux de germination des grains en fonction du temps (**Rokhsana et al., 2015**).

- 4) **Vitesse de germination** : C'est le pourcentage de grains germées au bout d'un certain temps après le semis (**Rokhsana et al., 2015**) :

$$Cv = [(N1 + N2 + \dots + Nn) / (N1T1 + N2T2 + N3T3 + \dots + NnTn)] \times 100$$

**CV** : Vitesse de germination.

**N1** : Nb de grains germés au temps T1.

**N2** : Nb de grains germés au temps T2.

**Nn** : Nb de grains germés au temps Tn.

**5) Index de germination** : Est une expression quantitative de la germination qui dépend du taux de germination quotidien à la valeur maximale de la germination notée (**Rokhsana et al., 2015**).

$$I_g = N_1 + (N_2 - N_1)/1 + (N_3 - N_2)/2 + \dots + (N_n - N_{n-1})/N_n$$

**I<sub>g</sub>** : Index de germination.

**N<sub>n</sub>** : % de germination obtenu au n un jour.

**6) Pourcentage d'élongation des racines** : Il est calculé par l'équation suivant (**Rho et Kill, 1986**) :

$$R_r = (M/M_c) \times 100$$

**R<sub>r</sub>** : Pourcentage d'élongation des racines.

**M** : Longueur moyenne des racines des plantes traitées.

**M<sub>c</sub>** : Longueur moyenne des racines des plantes témoins.

**7) Elongation relatif des pousses** : Selon **Rho et Kill (1986)** :

$$R_s = (M_s/M_c) \times 100$$

**R<sub>s</sub>** : Elongation relative des pousses.

**M<sub>s</sub>** : Longueur moyenne des pousses des plantes traitées.

**M<sub>c</sub>** : Longueur moyenne des pousses des plantes témoins.

**8) Le pourcentage d'inhibition de la longueur des racines** : Selon **Rho et Kill, 1986** :

$$[(RLC - RLT) / RLC] \times 100$$

**RLC** : Longueur des racines dans le témoin.

**RLT** : Longueur des racines dans le traitement.

#### **9-4 Effet herbicide de *L. camara* L. sur quelques espèces adventices**

Dans le but d'évaluer l'effet herbicide de *L. camara* L. on a réalisé plusieurs sorties sur les champs des céréales dans la région de Mila, pour choisir trois espèces adventices. Ces espèces choisies sont des espèces problématiques des céréales dans la région méditerranéenne. Il s'agit de :

- *Centaurea macrocephala*, la famille des Asteraceae
- *Silybum marianum*, famille des Asteraceae

- *Brassica rapa*, la famille des Brassicaceae (Crucifères) (Figure 27)



A

B

C

**Figure 27** : Espèces adventices (photos personnelle)

**A** : *Centaurea macrocephala* , **B** : *Silybum marianum* , **C** : *Brassica rapa*

La récolte des graines de ces espèces adventices a lieu entre la fin Juin et début Juillet 2018, cette période correspond au stade maturation de ces dernières. Les graines mûres, de chaque espèce sont stockées dans des sacs en papier portant le nom de l'espèce et la date de récolte ; puis stockés au laboratoire.

L'étude de l'activité herbicide de *L. camara* sur ces espèces adventices a été évaluée par le semis des graines de ces espèces dans les différentes concentrations de l'extrait aqueux.

### ➤ Protocole

Tous les tests de germination sont réalisés dans des boîtes de Pétri stériles en plastique de 10 cm de diamètre contenant de papier filtre, et dans lesquels on a déposé 10 graines. Ces boîtes sont arrosées avec 2 ml de la concentration considérée (on a utilisé quatre concentrations (100%, 75%, 50% et 10%), puis sont recouvertes immédiatement pour assurer l'humidité et placés dans les conditions de laboratoire. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque concentration. Le témoin a été arrosé avec l'eau distillée et l'expérience est suivie pendant 10 jours.

Les différents paramètres mesurés sont le pourcentage de germination, longueur des racines et des tiges et le pourcentage d'inhibition et/ou de stimulation des racines en utilisant les formules données précédemment.

### Analyse statistique

Chaque expérience réalisée dans cette étude est répétée trois fois, les valeurs sont représentées par la moyenne  $\pm$  écart type. La différence entre le contrôle et les différents tests, est déterminée par le test de Student pour les comparaisons simples ou ANOVA univariée suivie du test de Dunnett/Tukey pour les comparaisons multiples, et pour la détermination des taux de signification, on utilise le logiciel Addinsoft (2022). XLSTAT statistical and data analysis solution.

Si la valeur de :

- ✓  $P > 0,05$  : la différence n'est pas significative (Ns)
- ✓  $p \leq 0,05$  : la différence est significative (\*)
- ✓  $P < 0.01$  : la différence est très significative (\*\*)
- ✓  $P < 0.001$  : la différence est hautement significative (\*\*\*)
- ✓  $P < 0.0001$  : la différence est très hautement significative (\*\*\*\*)

# *Partie III*

## *Résultats et discussion*

### 1- Calcul des rendements

La détermination de la teneur en eau, en matière sèche, en cendres totales, et en substances extractibles par l'eau et par l'éthanol sont résumés dans le tableau V. Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart type.

**Tableau V** : Rendement des différentes substances dans les feuilles de *L. camara* L.

Paramètres	Teneur (%) Moyenne $\pm$ écart type
Teneur en eau	5.2 $\pm$ 0.36
Matière sèche	94.8 $\pm$ 0.36
Matière organique	89.76 $\pm$ 0.58
Cendres totales	10.24 $\pm$ 0.58
Substances extractibles par l'eau	65.01 $\pm$ 0.96
Substances extractibles par l'éthanol	54.03 $\pm$ 0.59

Les feuilles de *L. camara* L. renferment un taux d'humidité égale à 5.2  $\pm$ 0.36, cette valeur est faible comparativement à la matière sèche.

La teneur en cendres totales nous a informé sur la fraction minérales qui va pas transformer en substance volatile à des températures élevées. Cette teneur est de l'ordre de 10.24 %  $\pm$ 0.58; cette valeur est supérieur par rapport à celle trouvée par **AL-SNAFI** en **2019**, soit une valeur de 8.06%.

La teneur en substances extractibles par l'eau est 65.01  $\pm$ 0.96 %, elle est supérieure à la teneur des substances extractibles par l'éthanol qui est 54.03  $\pm$ 0.59 %. Ces deux teneurs restent toujours plus élevées aux valeurs trouvées par **AL-SNAFI** en **2019** (27.5% et 25.1% respectivement). Cette différence est peut être due aux variations dans la composition des sols, aux facteurs climatiques, ou encore à l'origine géographique

### 2- Extraction

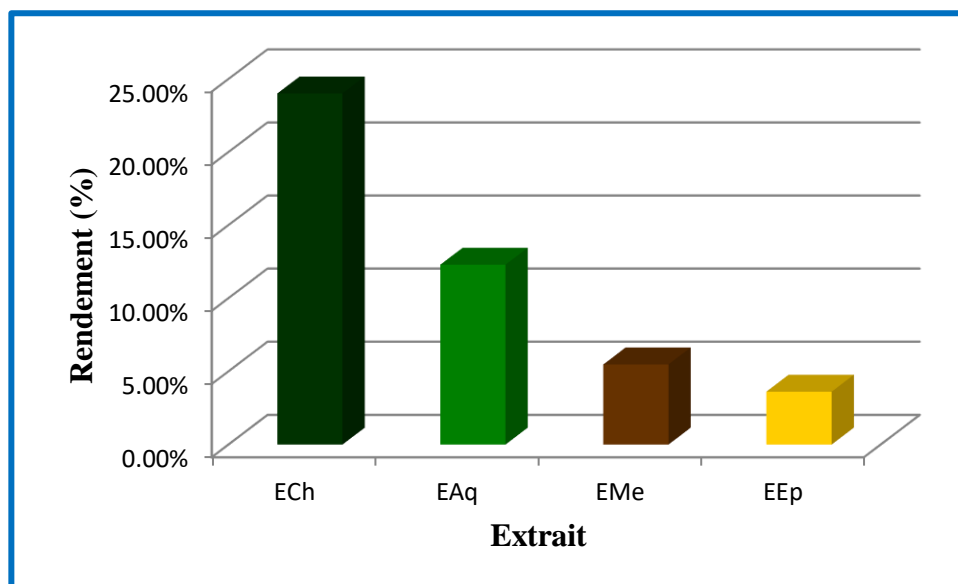
La préparation des extraits à partir des feuilles de *L. camara* a été effectuée avec trois solvants organiques de polarité croissante. Cette extraction a permis d'obtenir trois extraits: extrait éther de pétrole (EEP), extrait Chloroformique (ECh) et l'extrait méthanolique (EMe). L'extraction avec l'eau distillée à permis d'obtenir l'extrait aqueux (EAq).

Pour chaque extrait la masse, le rendement, et la couleur sont montrés dans le tableau ci-dessous (Tableau VI)

**Tableau VI :** Couleurs, masse et rendement des différents extraits de *L. camara* L.

Extraits	Masse (g)	Rendements % Par rapport au poids du broyat	Couleurs
Chloroformique	12,01g±0,54	24,01%± 0,1	Vert d'âtre
Aqueux	6,27g±0,40	12,29%±0,0	Marron
Méthanolique	2,54g± 0,25	5,47%±0,0	Vert claire
Ether de pétrole	1,80g ±0,21	3,61%±0,0	Jaune intense

Le calcul des rendements par rapport au poids total de la poudre des feuilles montre que la plante a donné des masses en extraits sec supérieurs à 1 g (Figure 28)

**Figure 28 :** Rendement des différents extraits des feuilles de *L. camara* L.

Du point de vue rentabilité en poids, l'extrait moyennement polaire (ECh) a donné le rendement le plus important (24.01%) ; ensuite les extraits polaires (EMe et EAq) ; et finalement l'extrait apolaire (EEP) qui a donné le rendement le plus faible (3.61%). Cela peut s'expliquer par le fait que l'éther de pétrole est un solvant organique apolaire très volatil et il est juste utilisé pour dégraisser.

Les résultats pourraient s'expliquer par la nature et la concentration des solutés présents dans les feuilles de la plante et leur comportement vis-à-vis des solvants d'extraction. Il ressort de ces résultats que la partie aérienne de *L. camara* renferme probablement des

concentrations appréciables de substances solubles dans les solvants moyennement polaires et polaires que dans ceux apolaires.

En 2011, **Kalita et al** ont trouvé un rendement en extrait aqueux égal à 6.10% pour la matière sèche des feuilles, ce qui est inférieur au rendement trouvé dans cette étude. En 2012, **Mindiédiba** a trouvé que la masse d'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* est de 0,42g, elle est également très inférieur à notre résultat.

D'une manière générale, les rendements des extractions dépendent de plusieurs facteurs tels que la durée du stockage, la méthode d'extraction, les conditions d'extraction, ainsi qu'à l'origine géographique de la plante. De ce fait il est inapproprié de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie. Il est noté que l'élimination complète du solvant organique de l'extrait est nécessaire pour conserver l'état bioactif des molécules extraites ; puisque la présence même des traces du solvant peut entraîner des effets secondaires indésirables, ou masquer l'effet de ces composés bioactifs.

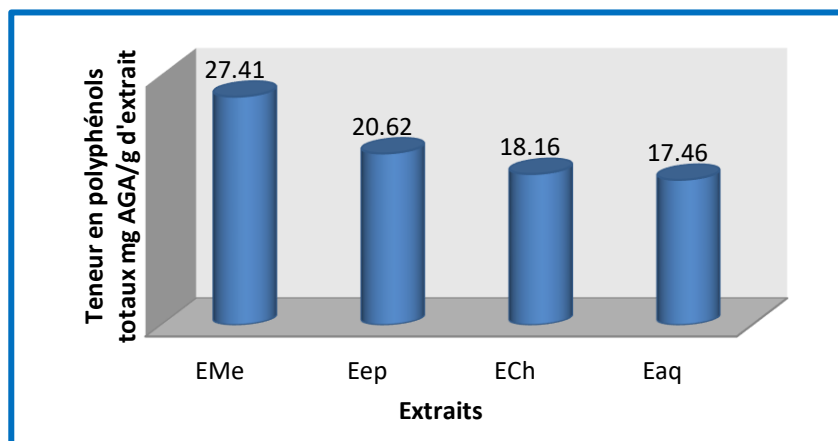
### 3- Dosage spectrophotométrique

#### 3-1 Dosage des polyphénols totaux

L'estimation quantitative des polyphénols totaux en équivalent d'acide gallique, des quatre extraits des feuilles de *L. camara* L. a été effectuée par la méthode de Folin-Ciocalteu. Pour cela, une courbe d'étalonnage a été tracée avec l'acide gallique à des concentrations allant de 0 à 100 mg/ml. La densité optique pour chaque extrait a été mesurée à une longueur d'onde égale à 750 nm.

Les quantités des polyphénols correspondantes ont été rapportées en équivalent d'un milligramme de l'étalon utilisé est déterminées par l'équation  $y=0,0193x-0,05$  (Annexe).

Les quatre extraits de *L. camara* ont montrés une variation dans les teneurs en polyphénols. La teneur la plus élevée est obtenue avec l'extrait méthanolique, elle est de  $27,41 \pm 0,026$  mg GAE/g suivi par l'extrait éther de pétrole avec une teneur égale à  $20,621 \pm 0,219$  mg GAE/g. Les deux autres extraits chloroformique et aqueux ont des teneurs moins importantes, elles sont égale à  $18,16 \pm 0,001$  et  $17,46 \pm 0,07$  mg GAE/g d'extraits respectivement (Figure 29)



**Figure 29** : Teneur en polyphénols totaux des différents extraits de *L. camara*.

Les résultats obtenus ont montrés que tous les extraits de *L. camara* sont riches en polyphénols mais avec des quantités différentes.

Plusieurs travaux ont été réalisés pour estimer la quantité des polyphénols dans les différents extraits des feuilles de *L. camara*. Les résultats obtenus par les différents chercheurs sont vraiment différents. D'après les études réalisées par **Badakhshan et al** en **2012** sur l'extrait méthanolique, la quantité en polyphénols est de 2.36 mg GAE/g cette quantité est trop faible comparativement à nos résultats ; par contre, les quantités trouvées par **Rabia et Asghari** en **2013** ( $40.859 \pm 0.017$  mg GAE/g), celles trouvées par **Sanjiv et al** en **2014** ( $225.15 \pm 12.52$  mg GAE/g), et celles trouvées par **El-Sayed et al** en **2017** ( $148.97 \pm 2.1$  mg GAE/g) sont trop élevées par rapport à nos résultats. Cette différence observée entre ces études peut s'expliquer par l'origine géographique, la variété, la durée du stockage, et le degré de maturité des feuilles.

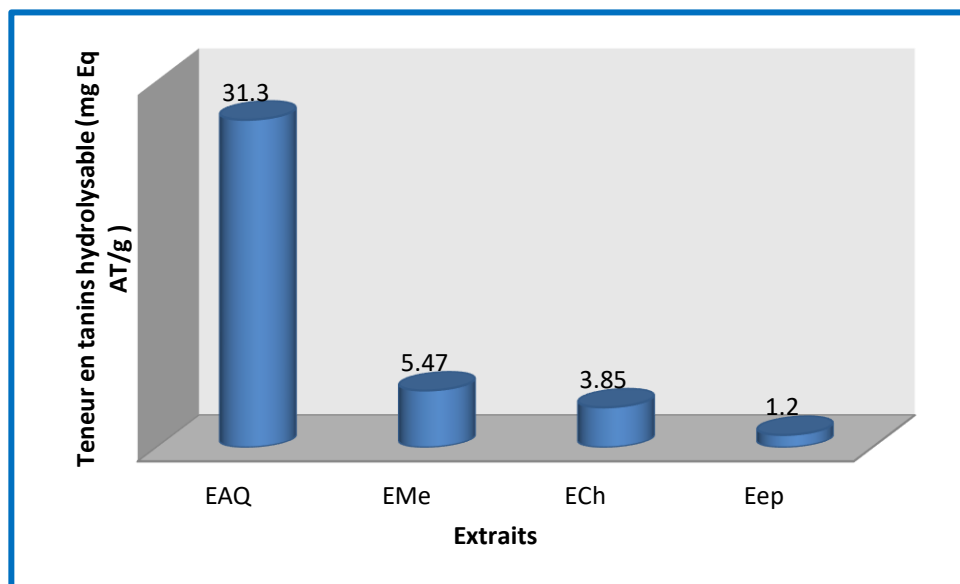
La solubilité des composés phénoliques est influencée par le type de solvant utilisé et le degré de leurs polymérisations (**Nacz et Shahidi, 2004**). Les acides phénoliques très polaires (acides benzoïques et cinnamiques) ne peuvent pas être extraits complètement avec des solvants organiques purs, les mélanges alcool-eau sont recommandés. L'utilisation de l'eau en combinaison avec des solvants organiques contribue à la création d'un milieu modérément polaire qui assure l'extraction des composés phénoliques (**Lapornic et al., 2005** ; **Liyana-Pathirana et Shahidi, 2005**).

L'analyse statistique montre que la différence entre les teneurs en polyphénols en

fonction des extraits est très hautement significative ( $P < 0.0001$ ).

### 3-2 Dosage des tanins hydrolysables

Le dosage des tanins hydrolysables en équivalent de l'acide tannique des extraits des feuilles de *L. camara* a été estimé par la méthode de  $\text{FeCl}_3$  adopté par **Mole** et **Waterman** (1987). La figure 30 montre les teneurs en tanins hydrolysable obtenus pour les deux extraits selon la courbe d'étalonnage obtenu avec l'acide tannique (Annexe).



**Figure 30:** Teneur en tanins hydrolysables des différents extraits des feuilles de *L. camara* L.

Les quatre extraits de la plante étudiée ont montré une variabilité des teneurs en tanins hydrolysables.

L'extrait aqueux montre la teneur la plus élevée, elle est de l'ordre de  $31.3 \pm 0.00$  mg ER/g suivi par l'extrait méthanolique avec une teneur de  $5.47 \pm 0.05$  mg ER/g, l'extrait chloroformique avec une teneur égale à  $3.85 \pm 0.04$  mg ER/g, et l'extraits éther de pétrole avec une teneur égale à  $1.2 \pm 0.12$  mg ER/g.

Les résultats obtenus par **Rabia** et **Asghari** en 2013 ont montrée une teneur de  $0.860 \pm 0.33$  mg ER/g ; cette valeur est inférieur comparativement à nos résultats. Par contre les travaux réalisés par **Al-Snafi** en 2019 ont montré une quantité égale à  $9.0 \pm 0.03$  mg ER/g pour l'extrait méthanolique, ce résultats est plus important par rapport à notre résultat.

Les plantes peuvent produire des tanins en réponse aux différents facteurs : déficience en éléments nutritifs, sécheresse, températures élevées et l'intensité lumineuse (**Leinmüller E**

*et al.*, 1991). Dans une plante, le taux des tanins dépend de deux facteurs principaux : le stade de développement végétatif et les conditions environnementales. Leur concentration varie considérablement entre les différentes espèces végétales et au sein de la même espèce où elle dépend du degré de maturité, de l'âge des feuilles, des fleurs et de la saison (**Skadhauge B et al.**, 1997)

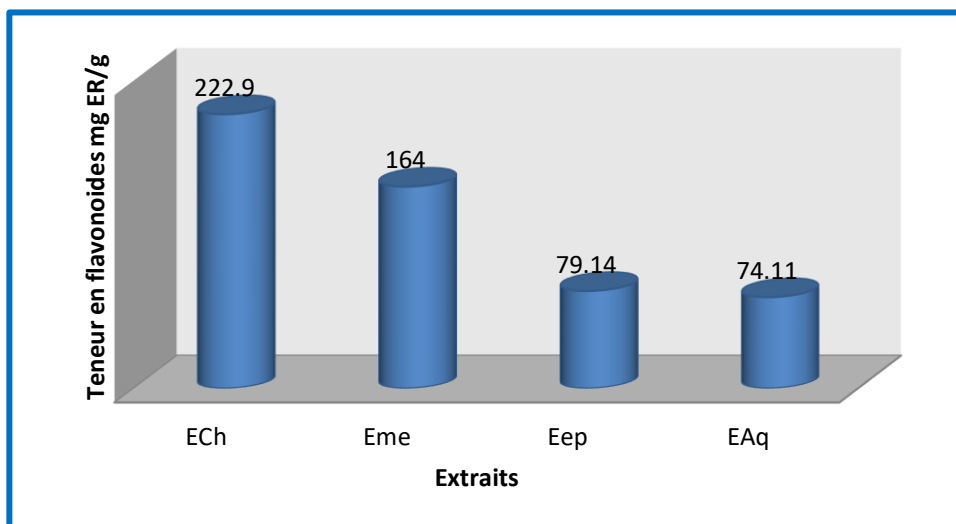
La comparaison du contenu phénolique avec les données de la littérature est difficile, car plusieurs facteurs peuvent influencer et modifier significativement les teneurs en ces métabolites secondaires tel que:

- Les conditions du séchage (**Couto et al.**, 2012),
- Les conditions d'extraction (méthode, temps, température, solvant, nombre de cycles d'extraction),
- L'état et la provenance géographique (**Luthria**, 2008; **Kahouli**, 2010; **Rodriguez-Rojo et al.**, 2012),
- Le stade de maturité de la plante
- Les différentes maladies qui peuvent l'affecter (**Park et Cha**, 2003) ,
- La durée de conservation (**Ozgiiven et Tansi**, 1998)
- La saison de collecte et le cultivar (**Luis et Johnson**, 2005; **Zaouali et al.**, 2013).

L'analyse statistique montre que la différence entre les teneurs en tanins hydrolysables en fonction des extraits est hautement significative (<P0.001)

### 3-3 Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode décrite par (**Bahorum et al.**, 1996). La courbe d'étalonnage réalisée par la rutine (Annexe 1) a permis de calculer la teneur en flavonoïde dans les différents extraits de la plante selon l'équation :  $y = 0.0178x + 0.0307$  exprimée en mg équivalent de la rutine (ER) par extrait. Les résultats obtenus sont illustrés dans la Figure 31.



**Figure 31 :** Teneur en flavonoïdes des différents extraits des feuilles de *L. camara* L.

Les flavonoïdes constituent la classe la plus importante des polyphénols avec plus de 5000 composés décrits (Gomez-Caravaca *et al.*, 2006). Ce sont des pigments jaunes, leur fonction dans les fleurs est de fournir des couleurs attirantes pour les pollinisateurs. Dans les feuilles, les flavonoïdes favorisent le suivi et la protection de la physiologie des plantes contre les pathogènes fongiques et les rayonnements UV-B (Harborne et Williams, 2000) ; ils sont impliqués aussi dans la photosensibilisation, le transfert d'énergie et les actions des hormones de croissance des plantes (Middleton et Chithan, 1993). Ces molécules peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé en raison de leurs propriétés anti-oxydantes et leur rôle inhibiteur à divers stades de développement tumoral.

Les résultats obtenus révèlent que l'extrait chloroformique contient  $222.9 \pm 0.00$  mg ER/g d'extrait, c'est l'extrait le plus riche en flavonoïdes. Les autres extraits méthanolique, éther de pétrole et aqueux ont des teneurs :  $164 \pm 0.12$  mg ER/g,  $79.17 \pm 0.005$  mg ER/g,  $74.11 \pm 0.01$  mg ER/g d'extrait respectivement.

Les résultats obtenus par Rabia et Asghari en 2013, Sanjiv *et al.*, en 2014, El-Sayed *et al.*, en 2017 et AL-SNAFI en 2019 ont montré des valeurs très inférieures comparativement à nos résultats ( $53.112 \pm 0.199$  mg ER/g,  $24.6 \pm 2.25$  mg ER/g,  $63.767 \pm 1.20$  mg ER/g et  $11.08 \pm 0.05$  mg ER/g respectivement)

De toute façon, il est difficile de comparer nos résultats avec ceux obtenus par les autres chercheurs, puisque l'utilisation des méthodes d'extractions différentes, la provenance géographique différente, la variété, la durée du stockage, et le degré de maturité des feuilles réduit une telle comparaison.

D'analyse statistique, la différence entre les teneurs en flavonoïdes en fonction des extraits est très hautement significative ( $P < 0.0001$ )

### 3-4 Dosage des sucres totaux

La teneur en sucre totaux est estimée selon la méthode adoptée par **Dubois** et ses collaborateurs en 1956 avec modification, en utilisant une courbe standard de D-glucose (Annexe 1).

La quantité des sucres correspondantes a été déterminé par l'équation suivante :  $y = 0,014x + 0,01$ . Les résultats obtenus montrent que la teneur en cette substance dans les feuilles de *L. camara* est égale à 3.92 mg/ml.

Les travaux réalisés par **Kalita et al** en 2011 sur les feuilles de *L. camara* confirme que ces dernières contiennent des sucres en quantité considérable.

L'étude réalisée par **Ganjewala et al** en 2009 a réveillée une teneur égale à 1.20 mg/ml. Cette quantité est faible comparativement à notre résultat, par contre, **Al-Snafi** en 2019 a trouvé une quantité égale a 4.86 mg/g ce qui est plus élevé comparativement à notre résultat.

**Jean-Aime** et ces collaborateurs en 2005 ont signalé dans leur étude sur les influences climatiques que les changements saisonniers affectent la composition biochimique des plantes. Toute partie de *L. camara* fleur, tige ou feuilles est souvent influencée par des facteurs environnementaux et saisonniers de différentes origines (**Ganjewala et al., 2009**).

**Bideau et Gaudron, 2009** ont clairement suggéré l'influence de la scène géographique sur le développement de la plante et/ou sur les compositions biochimiques. Toutefois, ce changement en composition biochimique peut être aussi bien attribué à la génétique plutôt que aux facteurs environnementaux et saisonniers.

### 4- Activités antioxydantes

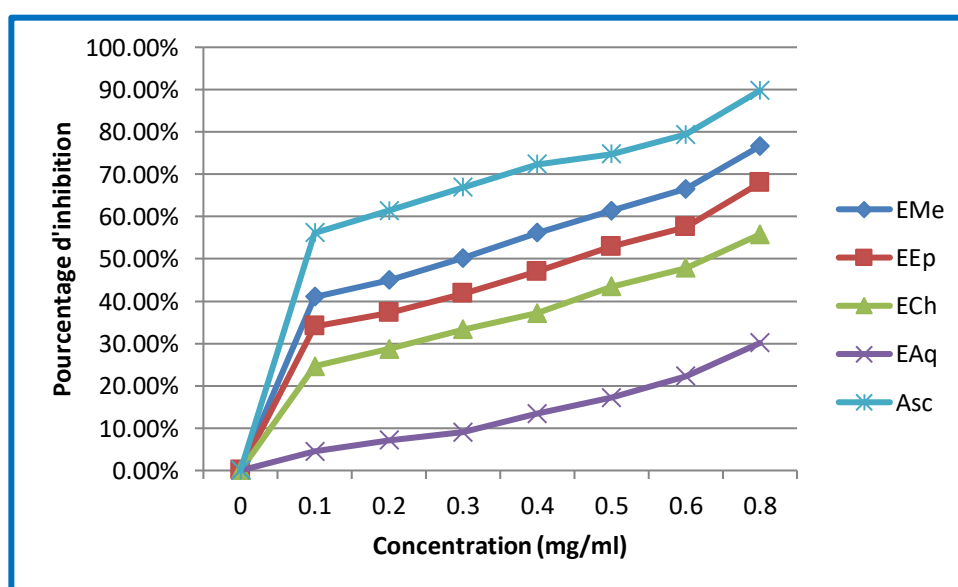
Les études sur la recherche des composés antioxydants s'avèrent très importantes de nos jours, vu le rôle que ces composés peuvent jouer en matière de conservation des denrées comestibles, et de préservation de la santé. Plusieurs méthodes ont été développées pour

évaluer le potentiel antioxydant des extraits de plantes. Elles sont fondées sur la détermination de produits résultant de l'oxydation ou, au contraire, mesurent l'efficacité d'une substance à piéger des radicaux, souvent en donnant une forme  $H\cdot$  (Marc et al., 2004). Des études récentes ont montré qu'il peut y avoir des différences dans la détermination de l'activité antioxydante d'un produit selon la méthode antioxydante utilisée (Schlesier et al., 2002; Nsimba et al., 2008). De nombreuses études réalisées sur les produits naturels ont prouvé que ce sont particulièrement les composés phénoliques qui sont responsable de leurs effets antioxydants. Ainsi pour mieux évaluer le potentiel antioxydant d'un extrait de plante il est nécessaire d'utiliser au moins deux méthodes. Dans la présente étude nous avons utilisés deux méthodes (DPPH et FRAP) pour évaluer l'activité antioxydante des différents extraits des feuilles de *L. camara* L.

#### 4-1 Activité antioxydante par diphenyle-picryl-hydrazyl (DPPH)

La méthode DPPH est une des méthodes qui permettent d'évaluer l'activité antiradicalaire des extraits, elle est basée sur la mesure de l'inhibition des radicaux libres.

La mesure de la densité optique a été effectuée par un spectrophotomètre à une longueur d'onde égale à 517 nm. Les valeurs obtenues nous ont permis de calculer les pourcentages d'inhibition en utilisant la formule mentionnée précédemment (partie matériel et méthodes). Les valeurs obtenues ont permis de tracer les courbes de la figure 31 qui représente la variation du pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations des différents extraits.



**Figure 32 :** Pourcentage d'inhibition de DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits de *L. camara* L.

L'activité antioxydante est exprimée en concentration inhibitrice 50 (IC50) c'est-à-dire la concentration de l'extrait susceptible de provoquer 50% d'inhibition, cette valeur a été déterminée graphiquement (Tableau VII).

**Tableau VII:** Valeurs IC50 des différents extraits de *L. camara* L.

Extraits	EMe	EEp	ECh	EAq	Asc
IC50 (mg/ml)	0.285	0.447	0.652	> 0.8	< 0.1

Ainsi les composés ou les extraits qui sont capables, à très faible concentration, de changer la couleur du radical libre DPPH, du violet au jaune sont considérés antioxydants, par conséquent anti-radicalaires (**Hinneberg et al., 2006**).

D'après les résultats obtenus, on remarque que les extraits méthanolique, éther de pétrole et chloroformique ont une capacité antioxydante importante, leurs IC50 sont respectivement : 0.285mg/ml, 0.447mg/ml et 0.652mg/ml, ces valeurs restent moins importantes à celle de l'acide ascorbique (qui est < 0.1mg/ml), ce dernier est capable de réduire et décolore le DPPH en raison de sa capacité à céder l'hydrogène (**De Pooter et al., 1986**).

L'étude réalisée par **Badakhshan** et ses collaborateurs en 2012 a montré que les extraits méthanolique des feuilles, fleurs, racines et tiges de *L. camara* présentent une activité antioxydante importante. Des polyphénols ont été retrouvés dans tous les échantillons et dans l'ordre suivant : feuilles > fleurs > racines > tiges. Les résultats obtenus pour le DPPH sont en accord avec les teneurs en phénol déterminées pour chaque échantillon.

En 2013 **Rabia et Asghari** ont montré la capacité de l'extrait méthanolique à piéger les radicaux libre de DPPH, et que cette capacité est dose dépendante. De même **Pramod** et ces collaborateurs en 2017 ont montré cette relation entre la concentration de l'extrait éther de pétrole et la capacité de piéger les radicaux de DPPH.

La valeur de IC50 trouvée par **Asadu** et ces collaborateurs en 2015 pour l'extrait méthanolique est très proche à notre valeur (IC50= 0.279 ± 0.03 mg/ml) ; par contre, l'étude réalisée par **Gomes et al en 2010** a montré que l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* possède une activité de piégeage des radicaux DPPH avec une valeur IC50 = 0.114 ± 6,16 µg/ml. Plus tard, **Thamotharan** et son équipe en 2010 ont montré que l'extrait éther de pétrole possède une activité antioxydante in vivo chez le rat albinos Wistar.

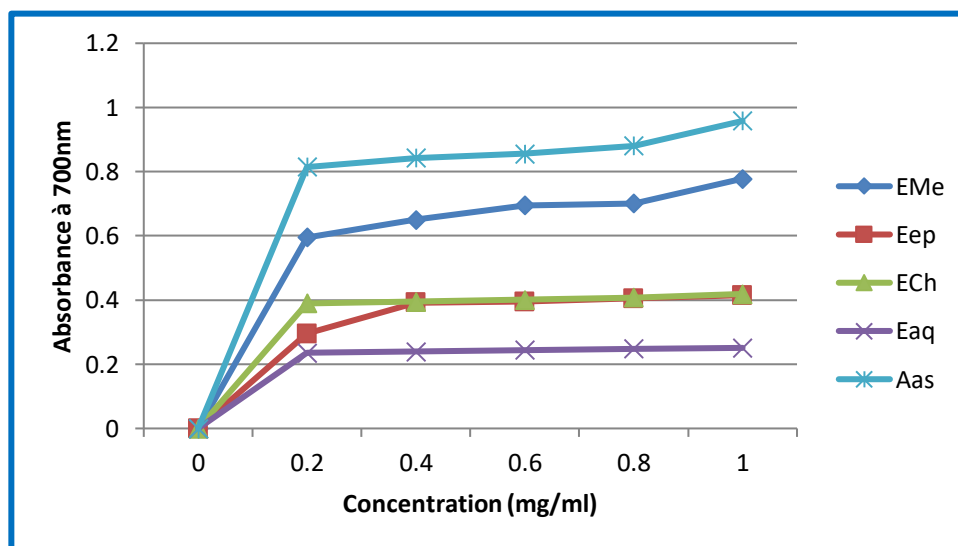
La valeur IC50 inférieure indique une capacité antioxydante plus élevée et, par conséquent pour notre étude, l'extrait méthanolique a montré une activité de piégeage des radicaux plus élevée par rapport aux autres extraits. L'activité de piégeage des radicaux est en accord avec les niveaux de contenu phénolique dans les extraits respectivement.

Les polyphénols végétaux agissent comme agents réducteurs et antioxydants par la propriété de donneur d'hydrogène de leurs groupements hydroxyyles (Aberoumand et Deokule ; 2008). Par conséquent, on peut conclure que ces polyphénols sont responsables de l'activité antioxydante observée dans cette étude.

#### 4-2 Pouvoir réducteur par la méthode FRAP

Dans le mécanisme de l'activité antioxydante, la réduction de  $Fe^{3+}$  est souvent utilisée comme un indicateur de donneur d'électrons (Hinneburg et al., 2006). La méthode FRAP permet de mesurer l'habilité de réduire les ions  $Fe^{3+}$  du ferricyanide à la forme ferreux en présence des composés réducteurs. Par conséquent, le  $Fe^{2+}$  peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu dans le milieu réactionnel à 700nm (Chung Y-C et al., 2002). Cette méthode est un essai simple, rapide et universel puisque on peut l'utiliser que ce soit pour les plantes ou pour les plasmas (Li H-B et al., 2008).

La densité optique des différents extraits nous a permis de tracer les courbes de la figure 33.



**Figure 33:** Réduction du fer des différents extraits de *L. camara L.* en fonction de concentration

Les résultats obtenus montrent que pour tous les extraits testés, l'augmentation de la réduction du fer est proportionnelle aux concentrations utilisées. A la concentration maximale (1mg/ml), le pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique est largement supérieur aux autres extraits (DO = 0,778), mais nettement inférieur à celui de l'acide ascorbique (0.958), pour ce dernier la réduction est presque totale.

Les activités réductrices des plantes peuvent être attribuées à des quantités plus élevées de polyphénols et la capacité réductrice d'un composé peut refléter son potentiel antioxydant (**Rao et al., 2010**).

Il a été rapporté que les propriétés réductrices sont généralement associées à la présence de réducteurs, dont il a été démontré qu'ils exercent une action antioxydante en cassant la chaîne des radicaux libres en donnant un atome d'hydrogène (**Kumar et al., 2012**).

Pour notre étude, la présence de bonne quantité de composés phénoliques, pourrait être considéré comme la raison principale derrière le potentiel antioxydant de cette plante. De nombreuses études ont rapporté la forte corrélation entre le contenu phénolique et le potentiel antioxydant des plantes (**Rao et al., 2010 ; Kumar et al., 2012**)

Statistiquement, la différence entre le pouvoir réducteur du Fer chez les différents extraits entre eux et avec le référent est très hautement significative ( $p < 0,0001$ ) sauf entre l'EEp et L'ECh on a constaté qu'il n'existe pas une différence

### 5- Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des différents extraits des feuilles de *L. camara* a été testée sur différentes souches de référence ATCC Gram- et Gram+. La détermination de la sensibilité des différents extraits a été déterminée en milieu solide par la technique de diffusion des disques. L'antibiotique gentamicine a été utilisée comme témoin positif, tandis que le DMSO comme témoin négatif.

Après 24h d'incubation à 37°C, on a récupéré les boîtes et on a mesuré les diamètres des zones d'inhibition des différentes souches bactériennes testées. Ce test a pour but d'évaluer la sensibilité ou la résistance des souches vis-à-vis ces extraits.

Les mesures des diamètres des zones d'inhibition de chaque espèce sont représentées dans le tableau VIII.

**Tableau VIII:** Diamètres des zones d'inhibition des bactéries par les différents extraits.

	Concentrations (mg/ml)	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)			
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Klebseila pneumoniae</i>
E Aq	1	8.45 ± 0.041	7.37 ± 0.040	7.80 ± 0.005	7.31 ± 0.028
	1/2	8.19 ± 0.009	7.21 ± 0.023	7.6 ± 0.1	7.76 ± 0.057
	1/4	7.05 ± 0.016	7.11 ± 0.028	7.5 ± 0.00	7.37 ± 0.064
E Me	1	12.01 ± 0.015	7.83 ± 0.055	8.17 ± 0.064	8.59 ± 0.005
	1/2	10.30 ± 0.011	7.43 ± 0.057	8.39 ± 0.349	7.51 ± 0.023
	1/4	9.46 ± 0.152	7.37 ± 0.040	7.93 ± 0.057	6.89 ± 0.090
E Ch	1	7.78 ± 0.072	6.41 ± 0.017	7.47 ± 0.060	7.58 ± 0.028
	1/2	7.48 ± 0.080	6.92 ± 0.034	7.33 ± 0.147	6.91 ± 0.028
	1/4	7.4 ± 0.1	6.58 ± 0.076	7.20 ± 0.110	6.92 ± 0.034
EEp	1	7.53 ± 0.147	6.15 ± 0.050	7.44 ± 0.050	6.29 ± 0.011
	1/2	7.34 ± 0.080	6.82 ± 0.040	7.86 ± 0.109	6.81 ± 0.015
	1/4	7.22 ± 0.046	6.69 ± 0.085	7.66 ± 0.115	6.76 ± 0.055
DMSO		00	00	00	00
Gentamicine		14.32 ± 0.046	17.16 ± 0.015	23.55 ± 0.387	16.80 ± 0.110

Les observations des effets des différents extraits de *L. camara* L. sur la croissance des souches bactériennes testées sont représentées dans la figure 34.

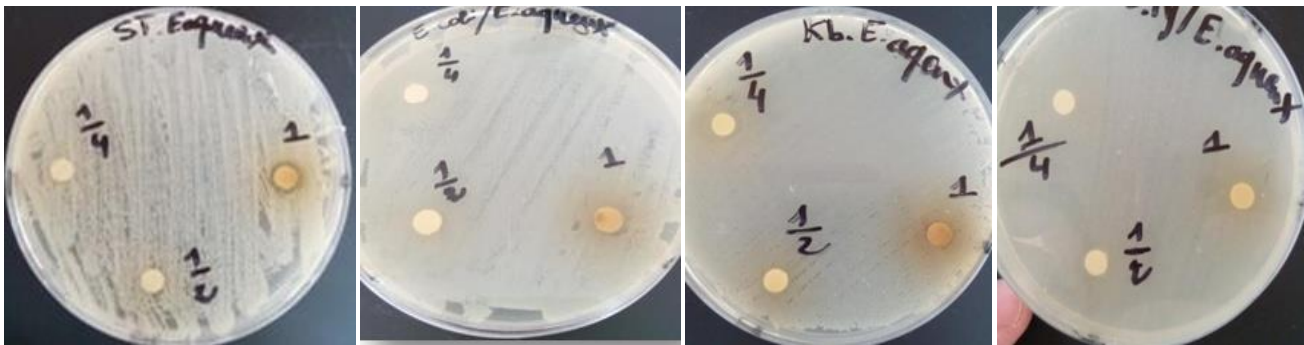
*S. aureus*

*E. coli*

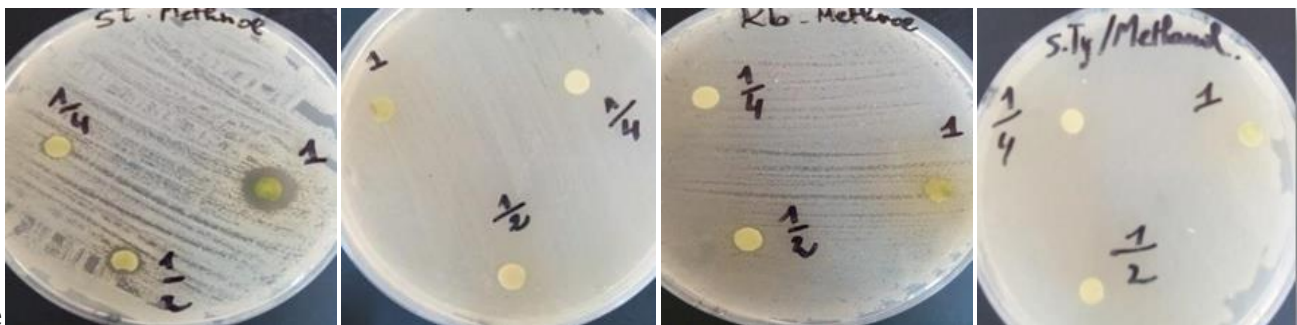
*K. pneumoniae*

*S. typhi*

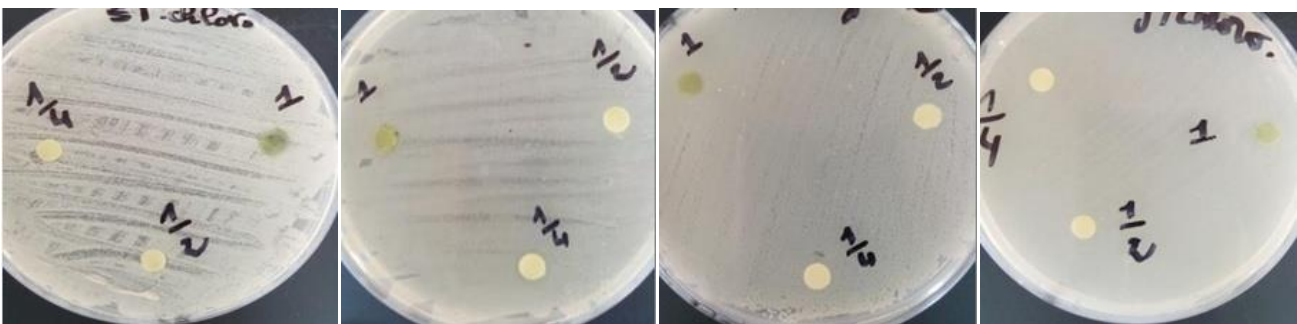
EAq



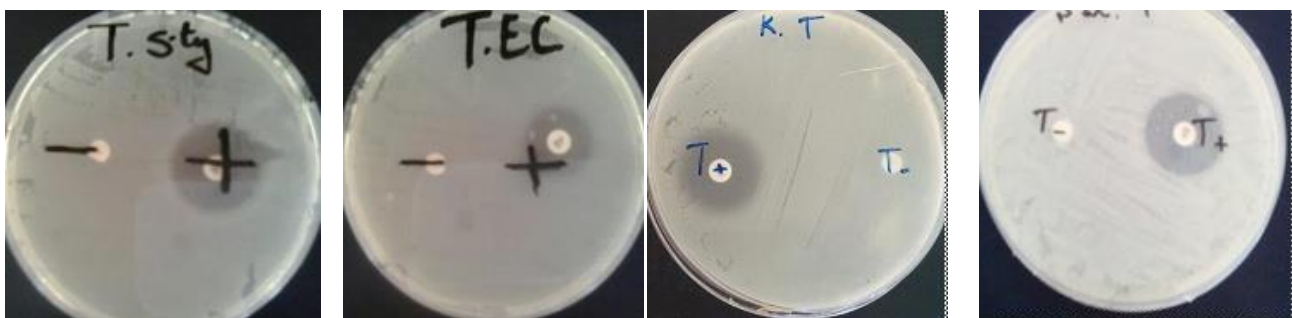
EMe



ECh



EEp



**Figure 34:** Photos de sensibilité des souches bactériennes aux différents extraits et au témoin positif (gentamicine) et négatif (DMSO)

L'évaluation de l'activité antibactérienne des différents extraits de *L. camara* a été testée contre plusieurs souches appartenant au Gram + et au Gram -, chacune de ces souches possède des structures cellulaires et des métabolismes particuliers.

Le diamètre de la zone entourant le disque de papier va déterminer la sensibilité des bactéries aux différents extraits.

Les résultats obtenus montrent que tous les extraits des feuilles de *L. camara* L. sont actifs contre les différentes souches bactériennes. Cette sensibilité est variable d'une bactérie à une autre et d'un extrait à l'autre. Malgré que on a enregistré de faibles diamètres de zones d'inhibition pour toutes les bactéries, on a remarqué que le diamètre de la zone d'inhibition de *Staphylococcus aureus* (bactérie à Gram positif) est relativement plus important que chez les autres bactéries à Gram négatif ; ceci est du probablement à la grande sensibilité des bactéries à gram positif par rapport aux bactéries à gram négatif (**Turkmen et al., 2007 ; Falleh et al., 2008**). Chez les bactéries à Gram négatif, la membrane externe constitue une barrière de perméabilité efficace; elle possède une couche se compose des phospholipides, des protéines et des lipopolysaccharides, cette membrane est imperméable à la plupart des molécules. Néanmoins, la présence des porines dans cette couche permettra la diffusion libre des molécules avec une masse moléculaire en-dessous de 600 Da. Cependant, l'inhibition de la croissance des bactéries Gram (-) a été rapportée, particulièrement en combinaison avec les facteurs qui peuvent influencer sur l'intégrité de la cellule et la perméabilité de la membrane, telle que les faibles valeurs du pH et les concentrations élevées en NaCl (**Georgantelis et al., 2007**).

Des études antérieures ont révélé que les extraits des feuilles de *L. camara* ont un effet bactéricide, et elles ont montré aussi la sensibilité des bactéries Gram+ par rapport aux bactéries gram négatif (**Kumar et al., 2006 ; Barreto et al., 2010; Ganjewala et al., 2009 ; Clément et al., 2011 ; Jo-Ann et al., 2015**)

Dans notre étude, l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* L. présentait une bonne activité antibactérienne contre toutes les bactéries testées, l'extrait aqueux a enregistré une activité moyenne, tandis que les résultats enregistrés pour l'extrait chloroformique et l'extrait éther de pétrole sont moins importants. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Mary en 2011**. Ce résultat suggérant que le méthanol est le solvant approprié pour l'extraction des composés antibactériens. Ainsi, le méthanol est recommandé pour l'extraction à grande échelle de principes actifs (**Taous et al., 2005**).

La charge en extrait des disques employés influe sur l'effet antibactérien, en effet l'inhibition de la croissance bactérienne est plus importante lorsque le disque est plus chargé (**Rasooli et al., 2008**). En plus, la méthode utilisée pour l'évaluation de l'effet antibactérien a aussi une influence sur les diamètres des zones d'inhibition ; en effet **Natarajan et al., (2005)** et **Fazeli et al., (2007)** ont constaté que la méthode de diffusion à partir des puits sur gélose est plus adaptée pour étudier l'activité des extraits de plantes que la méthode de diffusion en milieu gélosé.

L'activité antimicrobienne des plantes semble être due à des tanins, des saponines, des composés phénoliques, des huiles essentielles et des flavonoïdes (**Aboaba et Efuwape, 2001**). Il a été proposé que le mécanisme des effets antimicrobiens implique l'inhibition des divers processus cellulaires, suivie d'une augmentation de la perméabilité de la membrane plasmique et enfin, fuite ionique des cellules (**Walsh et al., 2003**), l'efficacité des extraits varie selon sa concentration et le genre de bactéries utilisées dans l'étude (**Nagumanthril, 2012**).

L'activité antimicrobienne a été attribuée à la présence de certains constituants actifs dans les extraits des feuilles de cette plante en particulier les lantadènes, les composés phénoliques, des anthocyanes et des proanthocyanidines (**Bhakta et Ganjewala, 2009**)

### 6- Activité hémolytique

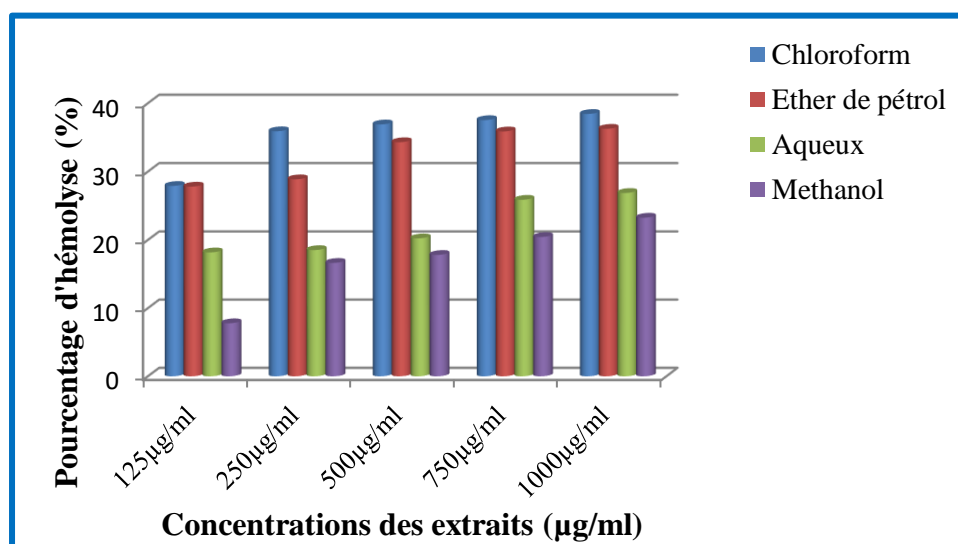
L'activité hémolytique des extraits chloroformique, éther de pétrole, méthanolique et aqueux des feuilles de *L. camara* L. a été évaluée *in vitro* en mesurant la libération d'hémoglobine des globules rouges à 540 nm ; elle est exprimée par pourcentage d'hémolyse.

Le tableau IX présente l'évolution de cet effet, par l'absorbance, dans un milieu tampon PBS (pH 7,4) contenant une suspension érythrocytaire, incubée à 37°C, et en présence des différentes concentrations des extraits précédents (125, 250, 500, 750 et 1000 mg/ml). Les résultats présentés dans le tableau IX sont les moyennes de trois répétitions.

**Tableau IX** : Pourcentage d'hémolyse des différents extraits de *L. camara* L.

Concentrations (125µg/ml)	125	250	500	750	1000
<b>Chloroforme</b>	27,9±0,1	35,9±0,36	36,9±0,36	37,53±0,47	38,43±0,51
<b>Ether de pétrole</b>	27,8±0,17	28,87±0,12	34,3±0,17	35,87±0,23	36,26±0,25
<b>Aqueux</b>	18,17±0,29	18,51±0,19	20,23±0,25	25,87±0,15	26,87±0,15
<b>Méthanol</b>	7,78±0,17	16,63±0,15	17,8±0,10	20,43±0,06	23,25±0,23

Les résultats obtenus (figure 35) ont montré que les extraits ont exercé un effet hémolytique faible. L'extrait méthanolique à la concentration 1000 µg/ml induit l'activité hémolytique la plus faible, elle est de l'ordre de 23.2%, tandis que l'extrait chloroformique à la même concentration possède l'activité hémolytique la plus importante elle est de 39%. Les mêmes résultats ont montré également que l'effet hémolytique dépend de la concentration d'extrait. On peut classer l'effet hémolytique des différents extraits testés comme suit : Extrait chloroformique > extrait d'éther de pétrole > extrait aqueux > extrait méthanolique. L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative ( $P \leq 0.0001$ ) entre les quatre extraits dans les différentes concentrations.



**Figure 35** : Pourcentage d'hémolyse des différents extraits de *L. camara* L. en fonction de leurs concentrations.

L'activité hémolytique de tout composé est un indicateur de cytotoxicité générale envers les cellules saines normales (**Pagano et Faggio, 2015**). L'effet hémolytique faible des quatre

extraits indique leur faible cytotoxicité envers les érythrocytes humains (**Sanjeeb et al., 2011**). Ce test est utile pour déterminer si l'activité cytotoxique est liée à un dommage direct sur la membrane ou non. Les globules rouges sont parmi les cellules les plus utilisées dans l'évaluation de la toxicité à cause de leur disponibilité, et la facilité de leur surveillance au cours de la lyse cellulaire grâce à la libération de l'hémoglobine. Ces globules ont été utilisées comme un bon modèle cellulaire pour évaluer la cytotoxicité des différentes molécules en particulier celles isolées à partir des plantes médicinales afin de déterminer la toxicité de ces plantes (**Salada et al., 2015**). Plusieurs composés organiques naturels et synthétiques sont capables de déstabiliser la membrane des globules rouges et conduisent à leur lyse. Des peptides riches en cystéine et des saponines isolés à partir des plantes ont des activités biologiques très intéressantes comme le pouvoir hémolytique. La saponine est une composante majeure de *L. camara* L. qui agit comme métabolite secondaire modifiant la tension superficielle du milieu extracellulaire (**Musyimi et al., 2017, Makkar et Becker, 2017**). Vu que les saponines sont des composants terpéniques, l'effet hémolytique de cette plante peut être expliqué, par la présence de ces molécules, qui ont la capacité d'induire la formation de pores à travers les membranes cellulaires, entraînant l'hémolyse et la libération de l'hémoglobine dans le plasma (**Francis, 2002**). L'activité hémolytique des saponines est considérée comme le résultat d'affinité de la fraction aglycone de ces molécules aux stérols membranaires, en particulier le cholestérol en formant un complexe insoluble (des micelles saponines-cholestérol), ce qui conduit à la déstabilisation de la bicouche lipidique avec formation des pores permanente dans la membrane, et par conséquent à la lyse cellulaire. Les plantes médicinales malgré leurs effets thérapeutiques doivent être utilisées avec la plus grande prudence car elles peuvent avoir un risque de toxicité (**Hafiane et Ounnas, 2018**).

### **7- Activité anticoagulante**

L'évaluation de l'activité anticoagulante des différents extraits des feuilles de *L. camara* L. a été effectuée, *in vitro*, vis-à-vis la voie endogène et la voie exogène de la coagulation à l'aide de deux tests chronométriques, le temps de Quick (TQ) et le temps de Céphaline kaolin (TCK).

#### **7-1 Évaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie endogène**

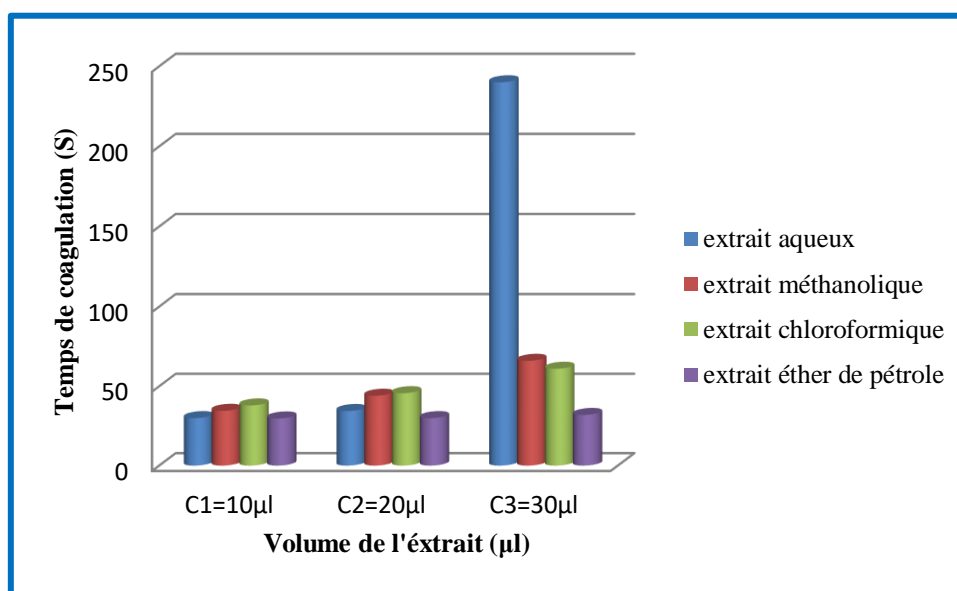
La capacité anticoagulante des extraits chloroformique, éther de pétrole, aqueux et méthanolique des feuilles de *L. camara* vis-à-vis la voie endogène de la coagulation a été

réalisée à l'aide du test de temps de Céphaline Kaolin (TCK). Les résultats obtenus ont été comparés avec le temps d'allongement de coagulation du témoin TCK qu'est 28,6s ; ils sont représentés dans le tableau X.

**Tableau X** : Temps de coagulation TCK des différents extraits en fonction du volume

Extrait	C1=10 $\mu$ L	C2=20 $\mu$ L	C3=30 $\mu$ L
Extrait aqueux	29,9s $\pm$ 0,16	34,4s $\pm$ 0,21	4 min
Extrait méthanolique	34,5s $\pm$ 0,20	44s $\pm$ 0,12	66s $\pm$ 0,30
Extrait chloroformique	37,9s $\pm$ 0,40	45,6s $\pm$ 0,10	61s $\pm$ 0,67
Extrait éther de pétrole	29,7s $\pm$ 0,2	29,9s $\pm$ 0,10	31,9s $\pm$ 0,40

La figure 36 montre clairement cette différence dans le temps de coagulation des différents extraits.



**Figure 36** : Temps de coagulation (TCK) des différents extraits en fonction des différents volumes.

La comparaison des temps de coagulation (TCK) des différents extraits de *L. camara* aux différents volumes (10, 20 et 30  $\mu$ L), permet de constater que ces extraits ont un pouvoir anticoagulant important ; et que le temps de coagulation TCK est en fonction du volume.

Aux volumes C1=10 $\mu$ L et C2= 20 $\mu$ L le temps de coagulation de l'extrait chloroformique est plus importants que les autres extraits, tandis que l'extrait éther de pétrole possède le TCK le plus faible ; mais il reste toujours supérieure au TCK du témoin qui égale à 28,6s. Au volume 30 $\mu$ l, l'extrait aqueux possède un TCK égale à 4 min.

Dans ce test, cette voie de coagulation est activée par le contact entre le facteur XII et la

surface électronégative de l'activateur qui est le Kaolin (substitut du collagène et de tissu conjonctif *in vivo*). Cette interaction induit l'activation du facteur XII et par conséquence l'activation séquentielle des facteurs XI, IX, X et la thrombine (facteur II) (Gerotziafas *et al.*, 2007).

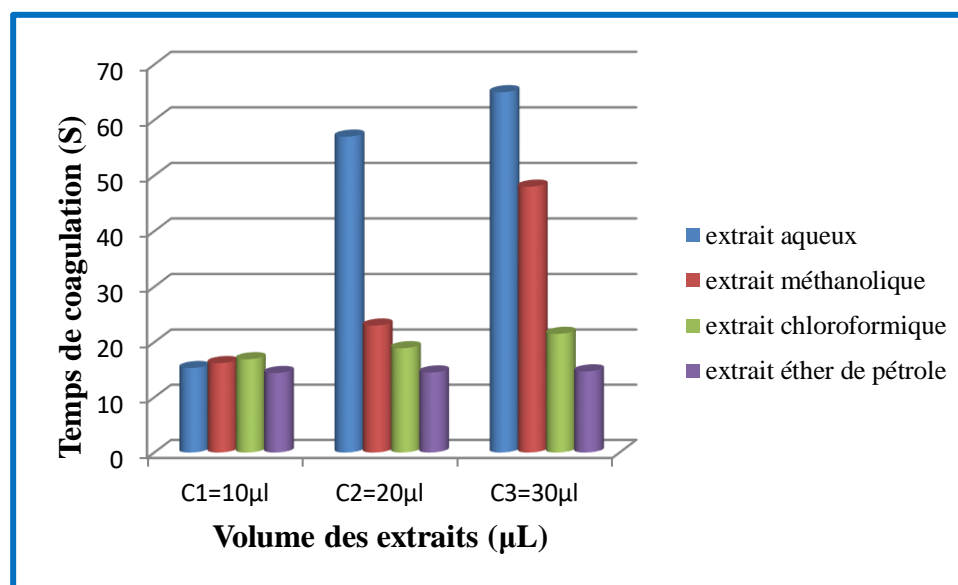
### 7-2 Evaluation de l'activité anticoagulante vis-à-vis la voie exogène

La capacité anticoagulante des différents extraits de *L. camara* vis-à-vis la voie exogène de la coagulation est estimée à l'aide du test de temps de Quick (TQ). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau XI. Le temps de Quick (TQ) du témoin est de 13.9s.

**Tableau XI :** Temps de coagulation TQ des différents extraits en fonction du volume.

	C1=10 $\mu$ L	C2=20 $\mu$ L	C3=30 $\mu$ L
<b>Extrait aqueux</b>	15,3s $\pm$ 0,36	57s $\pm$ 0,30	65s $\pm$ 0,50
<b>Extrait méthanolique</b>	16,2s $\pm$ 0,20	23s $\pm$ 0,20	48s $\pm$ 0,30
<b>Extrait chloroformique</b>	16,9s $\pm$ 0,40	18,9s $\pm$ 0,40	21,5s $\pm$ 0,20
<b>Extrait éther de pétrole</b>	14,4s $\pm$ 0,30	14,50s $\pm$ 0,30	14,7s $\pm$ 0,20

Les données du tableau précédent sont montrées par l'histogramme (figure 37)



**Figure 37:** Temps de coagulation (TQ) des différents extraits en fonction des différents volumes.

Pour la voie exogène, on remarque que le temps de coagulation est en fonction de volume de l'extrait. Ce temps est plus important pour les quatre extraits que pour le témoin.

Au volume V1= 10  $\mu$ L, les extraits méthanolique et chloroformique possèdent le TQ le

plus important par rapport aux deux autres extraits. Au volume  $V_2=20 \mu\text{L}$  et  $V_3= 30 \mu\text{L}$ , l'extrait aqueux possède le TQ le plus important et l'extrait éther de pétrole possède le TQ le moins important.

Les composés chimiques naturels dérivés des plantes sont des molécules thérapeutiques pour les troubles de coagulation, et donc des produits modèles pour développer de nouveaux médicaments, ou une alternative pour réduire les effets secondaires des produits pharmaceutiques dirigés contre les maladies liées à la thrombose (**Chaves et al., 2010 ; Lee et al., 2012**).

Malgré qu'il existe plusieurs axes de recherche qui s'intéressent à l'activité anticoagulante des extraits végétaux, cette activité n'a pas été étudiée pour les extraits organiques des feuilles de *L. camara* L. De ce fait cette étude est considérée comme étant la première tentative qui s'inscrit dans le cadre des études intéressées à la prévention et la thérapie des maladies thrombotiques, et cela par la recherche d'une éventuelle activité anticoagulante des différents extraits des feuilles de *L. camara* L.

L'évaluation de la capacité anticoagulante des extraits des feuilles de *L. camara* L. réalisée par deux tests chronométriques le TCK et TQ a montré clairement que les différents extraits sont capables d'allonger le temps de coagulation de manière importante vis-à-vis les deux voies de coagulation ; cette activité est plus importante vis-à-vis la voie endogène que la voie exogène.

Aux différents volumes étudiés  $10\mu\text{L}$ ,  $20\mu\text{L}$  et  $30\mu\text{L}$ , l'extrait aqueux de *L. camara* présente l'activité anticoagulante la plus importante par rapport aux autres extraits, par contre l'extrait éther de pétrole possède l'activité la plus faible, elle est presque constante pour les trois volumes.

Des études réalisées sur l'activité anticoagulante de différentes plantes médicinales ont montré que l'allongement de temps de coagulation des extraits végétaux est du probablement à leurs richesse en métabolites secondaires (**Sakthipriya et Vidhya, 2015**). Ces études confirment nos résultats vus la richesse de notre plante en ces principes actifs.

Il faut signaler aussi qu'ils existent d'autres composés doués aussi de cette activité, tels que les peptides (**Mieszczanek et al., 2004**), les glycoprotéines (**Zhou et al., 2009**) et les polysaccharides (**Bae et al., 2011**). De ce fait, ces études donnent un grand espoir pour le développement des suppléments alimentaires qui peuvent contribuer à la prévention des thromboses.

Les études réalisées par (O'Neill et al., 1998 ; Ghisalberti, 2000 ; Erlânio et al., 2012 ; Dilip et al., 2016) ont montré que l'extrait méthanolique préparé à partir des feuilles de *L. camara* L. a la capacité d'inhiber la R-thrombine humaine . Ces études ont montré que l'activité anticoagulante est associée aux triterpènes de cette plante. Ils ont démontré que le mécanisme de l'inhibition de la cascade de coagulation sanguine impliquait l'acylation du résidu Ser 195 du site actif de la thrombine. Cette activité acylante est générique vis-à-vis des autres sérines protéases. Weir et al (1998) ont montré que les inhibiteurs se lient au site actif de la R-thrombine humaine et de la R-chymotrypsine. Une inhibition compétitive réversible à liaison serrée a été montrée par l'euphane lactone B. L'inhibition de la protéase implique l'ouverture du cycle lactone et l'acylation de la sérine du site actif 195.

L'étude réalisée par Kim et Lee en 2006 a montré que l'extrait méthanolique (100%) du lichen *Umbilicaria esculenta* riche en polyphénols provoque une activité antithrombotique significative *in vitro* et *in vivo*, cette activité peut être due à l'effet antiplaquettaire plutôt que l'effet anticoagulant. D'autre étude menée par Han et al en 2012 sur la fraction éthanolique (70%) des feuilles de *Rubus chingii* montre une activité anticoagulante très significative aussi bien *in vitro* qu'*in vivo* avec un temps de recalcification du plasma de 107,8 et 166,8 s respectivement, cela a été contribué à la présence des flavonoïdes actives notamment le kâmpférol et la quercétine. Une autre étude menée par Pawlaczyk et al en 2011 a montré que l'activité anticoagulante été due aux polysacchrides aussi bien que aux parties aglycones des polyphénols. Cela est expliqué par la richesse en groupements COOH. Par ailleurs Liu et al en 2010 ont rapporté que plus le nombre des groupements OH du cycle B d'un flavonol est important plus son activité inhibitrice de la thrombine est significative.

L'analyse statistique montre qu'il existe une différence très hautement significative ( $P < 0.0001$ ) entre les TCK et les TQ des quatre extraits.

### 8- Activité insecticide

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombré mort dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique, pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'Abbott donnée précédemment (partie matériel et méthodes)

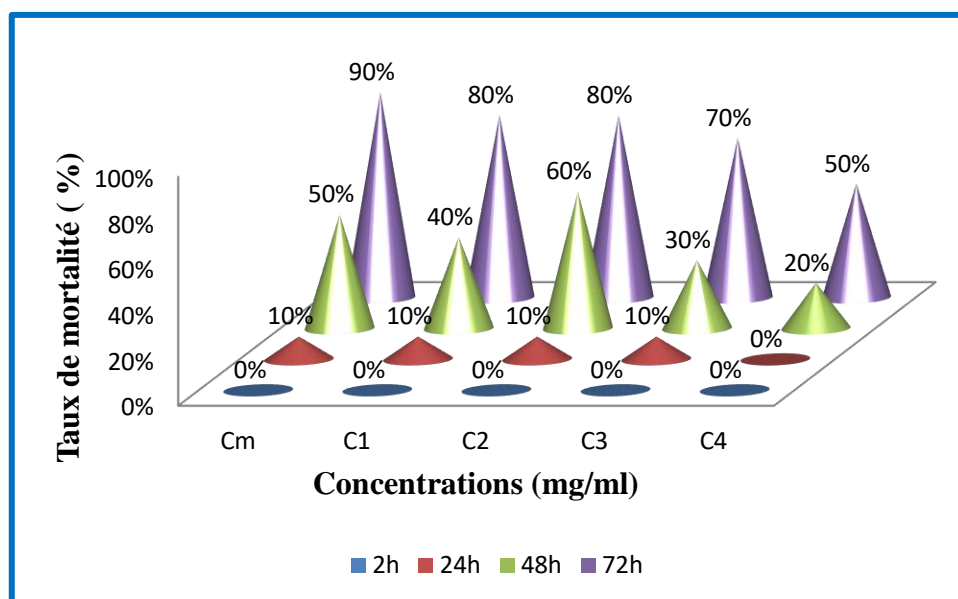
### 8-1 Activité adulticide

Après 72 heures du traitement des adultes de *T. castaneum* par les différentes concentrations des différents extraits des feuilles de *L. camara* L. nous avons obtenus les résultats suivants (Tableau XIII annexe) :

#### ➤ Pour l'extrait éther de pétrole

L'augmentation de taux de mortalité chez les adultes de *T. castaneum* est proportionnelle avec le temps et la concentration en extrait (Figure 38). Après 2h d'exposition aucune mortalité n'a été observée pour toutes les concentrations.

Après 24h le pourcentage de mortalité est identique pour les concentrations Cm, C1, C2 et C3 il est de 10% ; pour C4 il est toujours 0%. La valeur de mortalité après 48h est de 50% pour Cm, 40% pour C1, 60% pour C2, 30% pour C3, et 20% pour C4. La plus forte concentration Cm provoque une mortalité de 90% suivie par les concentrations C1 et C2 avec une mortalité égale 80%. Les doses C3 et C4 provoquent des mortalités égales à 70% et 50% après 72h d'exposition respectivement. Aucune mortalité n'a été observée dans le lot témoin pendant la durée d'exposition.



**Figure 38 :** Taux de mortalité des insectes de *T. castaneum* sous l'influence de différentes concentrations de l'extrait éther de pétrole de *L. camara* L.

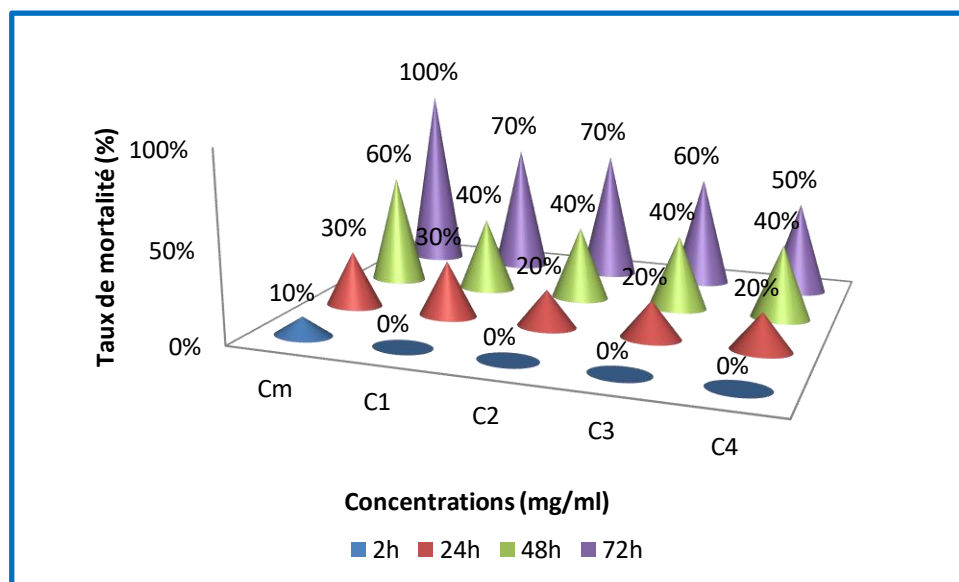
➤ **Pour l'extrait méthanolique**

La figure 39 représente le pourcentage de mortalité des insectes de *T. castaneum* en fonction des 5 concentrations.

On remarque une augmentation de pourcentage de mortalité des adultes en fonction du temps et de concentration. Après 2 heures d'exposition, le taux de mortalité à la concentration Cm est de 10% et pour C1, C2, C3, C4 il est nul (0%).

Après 72h, la concentration Cm révèle la mortalité la plus élevée ; elle est de 100% suivi par C1 et C2 avec des mortalités égales à 70% ; puis les deux autres concentrations C3 et C4 avec des mortalités égales à 60% et 50% respectivement.

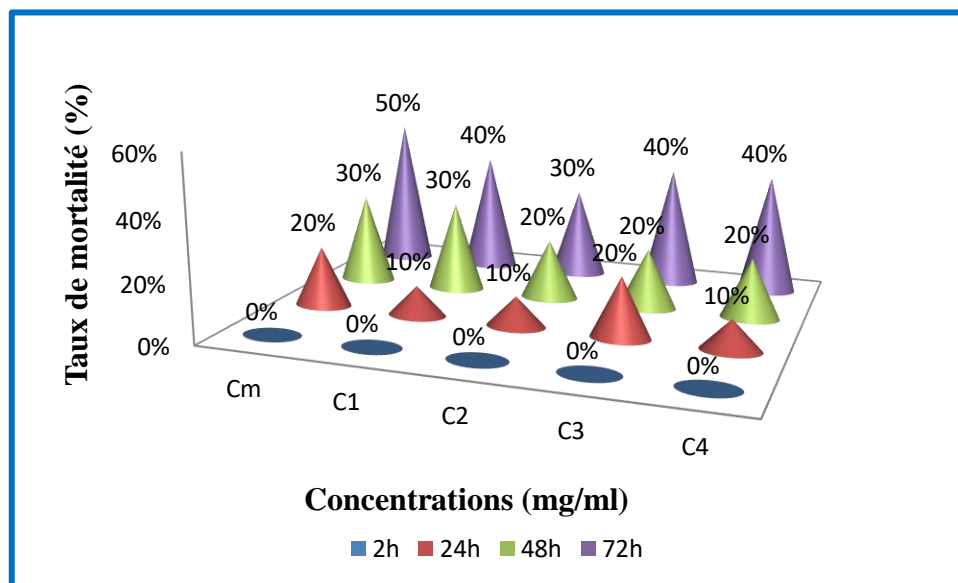
Aucune mortalité n'a été observée dans le lot témoin pendant les 72 heures.



**Figure 39 :** Taux de mortalité des insectes de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait méthanolique de *L. camara* L.

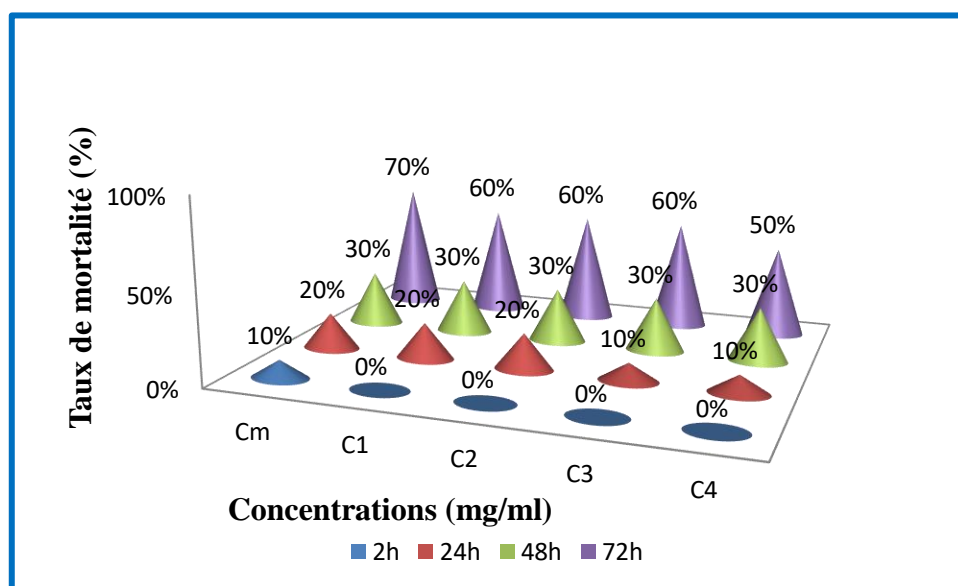
➤ **Pour l'extrait aqueux**

L'histogramme de la figure 40 montre que le pourcentage de mortalité dans l'intervalle du temps est en fonction de concentrations et la durée d'exposition. Il atteint leur maximum à la concentration Cm après 72 heures (50%). Ce taux de mortalité reste faible par rapport aux autres extraits de la même plante. Le lot control ne présente pas de mortalité.



**Figure 40:** Taux de mortalité des insectes de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L.

Le taux de mortalité observé après 2 heures de traitement par l'extrait chloroformique est semblable pour les cinq concentrations (0%). Cette mortalité est augmentée progressivement avec l'augmentation du temps d'exposition pour atteindre leur maximum après 72heures (pour Cm elle est de 70%, pour C1, C2 et C3 elle est égale à 60%, et pour C4 elle est de 50%). Aucune mortalité n'a été observée dans le lot témoin pendant la durée d'exposition (Figure 41)



**Figure 41 :** Taux de mortalité des insectes de *T. castaneum* sous l'influence de différentes concentrations de l'extrait chloroformique de *L. camara* L.

Les extraits organiques et les huiles essentielles ont été largement utilisés pour la protection des céréales dans de nombreux essais en laboratoire et sur le terrain (**Isman 2006 ; Ravindra et al., 2009**). Ces insecticides naturels sont utilisés pour lutter contre les insectes nuisibles stockés en raison de leur efficacité relativement élevée contre tous les stades des insectes (**Tunc et al., 2000 ; Akhtar et al., 2008**).

L'analyse des résultats montrent que les extraits éther de pétrole, aqueux, méthanolique et chloroformique des feuilles de *L. camara* L. possèdent un effet insecticide contre *T. castaneum*. Si on compare le taux de mortalité des insectes après 72h pour les 4 extraits, on remarque que l'extrait méthanolique est l'extrait le plus puissant sur ces individus.

Plusieurs travaux ont été effectués sur les différents extraits de *L. camara* L. et ont confirmé leur efficacité importante sur différentes espèces des insectes.

**Saxena et al (1992)** ont utilisé l'extrait méthanolique de *L. camara* sur *C chinensis* et ont révélé une grande sensibilité de ce coléoptère à cet extrait. **Ogendo et al (2004)** ont noté une mortalité de 90% des adultes de *Sitophilus zeamais* et *Coleoptera motschulsky*, destructeur de maïs, lorsque ils sont traités par la poudre des feuilles de *L. camara* à une concentration de 10% (p / p) en 21 jours. Nos résultats vont dans le même sens et confirment l'existence de substances ayant une activité contre les adultes des coléoptères des insectes

dans les feuilles de *L. camara*.

Les travaux réalisés par **Kumar et Maneeme (2008)** sur les effets insecticides des extraits méthanolique et éthanolique de *L. camara* avec les adultes des espèces de moustiques *Aedesaegypti* et *Culex quinque fasciatus* confirment l'existence d'un effet insecticide dans les feuilles de *L. camara*.

D'autres études effectuées par **Gueye et al (2009)** sur l'adulte *Serrat* de Caryedon confirment que l'extrait méthanolique des feuilles de *L.camara* a un effet insecticide.

Les résultats obtenus par **Rajashekar et al (2012)**, indiquent que l'extrait méthanolique, d'acétone et d'hexane des feuilles de *L. camara* sont toxiques pour *Sitophilus oryzae*, *Callosobruchus chinensis* et *Tribolium castaneum*.

Plusieurs études ont montré que les composés phytochimiques ont un rôle majeur dans le programme de contrôle des insectes. Ces composés peuvent conjointement ou indépendamment contribuer à la mort des différents insectes. Les substances toxiques dérivées des plantes sont sans aucun doute, une source précieuse des insecticides potentiels ; ceux-ci et autres insecticides naturels jouent un rôle important dans les programmes de contrôle des insectes à l'avenir (**Hag et al., 1999 ; Palsson et Janeson, 1999**).

L'activité biologique des différents extraits peut être due à divers composés, y compris les composés phénoliques, terpénoïdes et des flavonoïdes présents dans les feuilles de *L. camara* L. Les principaux agents insecticides de *L. camara* sont Lantadene A et Lantadene B. Ces produits ont des effets négatifs sur divers êtres vivants tels que les microbes, les insectes et les plantes

## 8-2 Activité larvicide

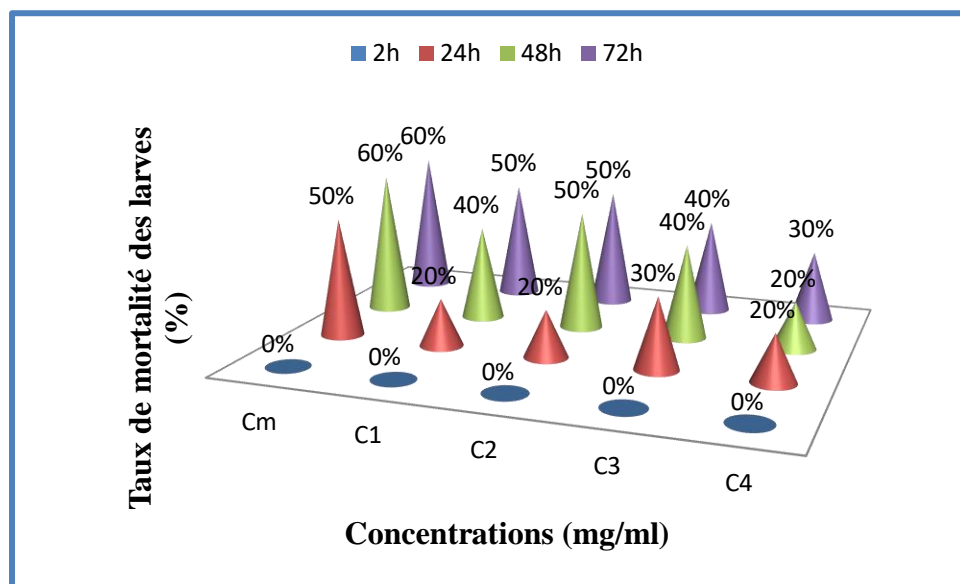
Les résultats obtenus Après 72 heures du traitement avec les différentes concentrations des extraits des feuilles de *L. camara* L. sont enregistrés dans le tableau **XIV** (Annexe); ils expriment le taux de mortalité chez les larves de *T. castaneum*.

### ➤ Pour l'extrait éther de pétrole

Le pourcentage de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'effet des différentes concentrations de l'extrait éther de pétrole des feuilles de *L. camara* L. est représenté par l'histogramme de la figure 42.

D'après les résultats obtenus nous avons remarqués une augmentation de taux de mortalités en fonction de concentrations et du temps. Après 2 heures d'exposition des larves dans les boites de Pétri, aucune mortalité n'a été observée pour tous les traitements. Après 72

heures ce pourcentage atteint 60% pour le traitement Cm, 50% pour les traitements C1 et C2, 40% pour C3 et 30% pour le traitement C4. Aucune mortalité n'a été observée pour le lot témoin.

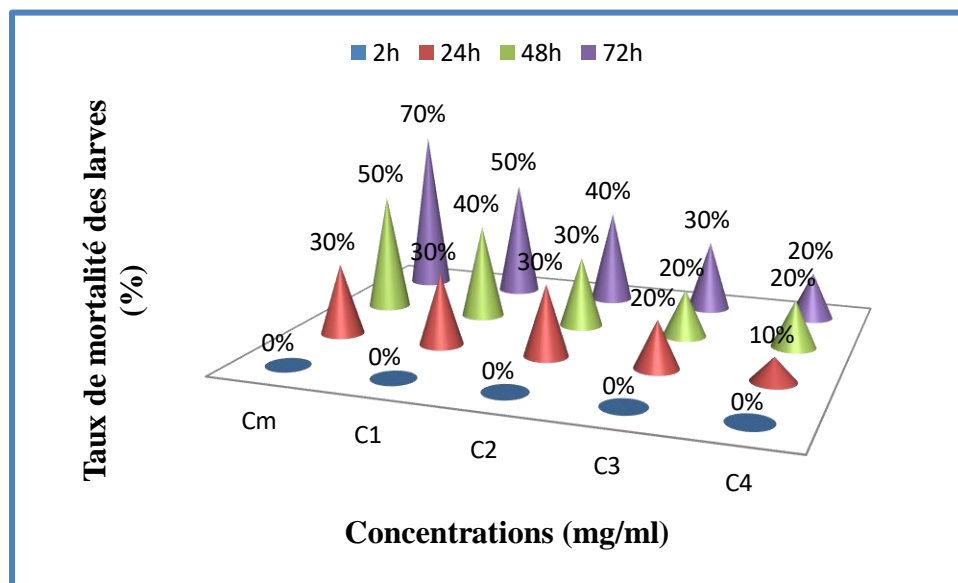


**Figure 42 :** Taux de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait éther de pétrole de *L. camara* L.

#### ➤ Pour l'extrait chloroformique

Le taux de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'influence de l'extrait chloroformique est augmenté en fonction du temps et de concentration. Aucune mortalité n'a été observée dans le lot témoin pendant la durée d'exposition.

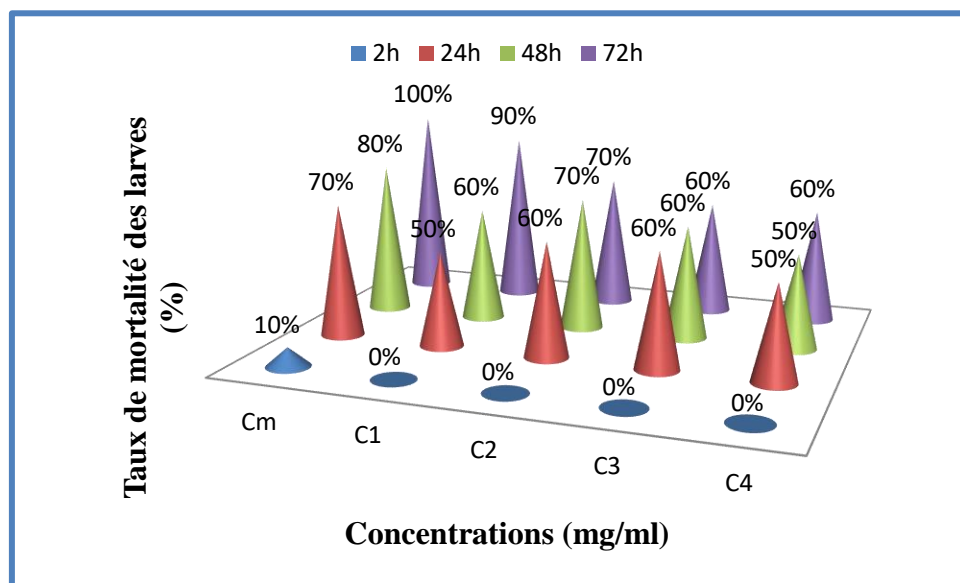
Après 72 heures, la concentration Cm provoque le taux de mortalité le plus important il est de 70%. Le pourcentage de mortalité le plus faible est obtenu avec le traitement par la dose C4, il est de l'ordre de 20% (Figure 43).



**Figure 43 :** Taux de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait chloroformique de *L. camara* L.

➤ **Pour l'extrait méthanolique**

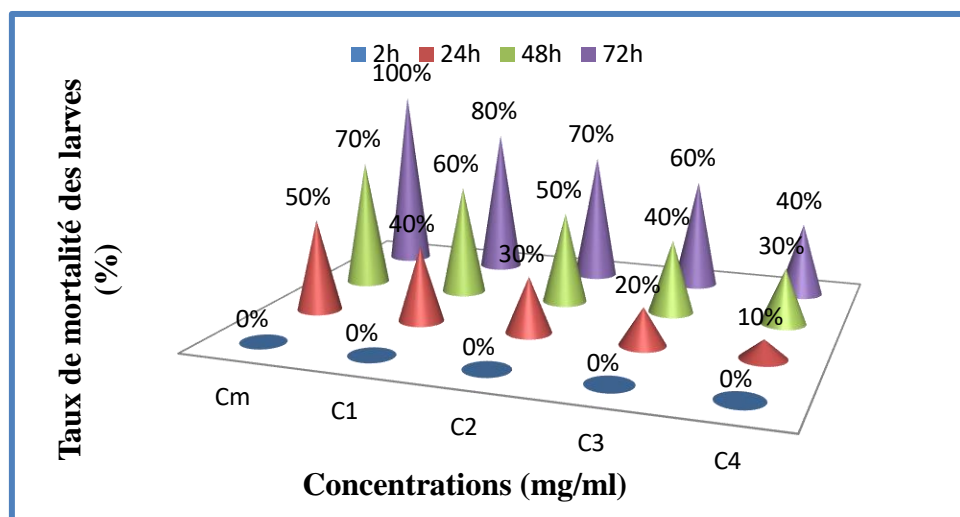
L'histogramme de la figure 44 représente le taux de mortalité des larves de *T. castaneum* provoqué par l'extrait méthanolique à différentes concentrations, et dans un intervalle du temps allant de 2 jusqu'à 72 heures. Les résultats ont montré que la mortalité est dépendante de la dose de l'extrait méthanolique et le temps d'exposition des larves. Après 72 heures, la concentration Cm induit un effet létal sur les larves (le taux de mortalité est 100%). Les autres concentrations induisent des mortalités variant de 90% (pour C1) jusqu'à 60% (pour C4). Le lot témoin ne présente aucune mortalité.



**Figure 44:** Taux de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait méthanolique de *L. camara* L.

➤ **Pour l'extrait aqueux**

Après 2 heures d'exposition des larves aux différentes concentrations de l'extrait aqueux, aucune mortalité n'a été observée. Après 24 heures ce taux est augmenté progressivement en fonction de concentration, et atteint leur maximum avec la dose Cm après 72 heures (100% de mortalité) (Figure 45).



**Figure 45 :** Taux de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L.

L'utilisation de produits végétaux naturels et de leurs analogues a été envisagée pour la gestion des produits agricoles. Cela est dû au fait qu'ils sont moins dommageables pour l'environnement que les produits chimiques synthétiques. Une grande variété d'extraits / huiles essentielles et ses constituants de *Lantana* possèdent des degrés divers des propriétés antiparasitaires. Une plus grande partie de leur activité est due essentiellement à la présence des composés bioactifs tels que flavones, isoflavones, flavonoïdes, anthocyanes, coumarines, lignanes, catéchines, isocatechins, alcaloïdes, tanins, saponines et triterpénoïdes (Gaudron, 2009).

Les propriétés larvicides de *Lantana camara* ont fait l'objet de nombreuses études. L'étude de **Abdel-Hady et al (2005)** a révélé que les huiles essentielles des feuilles et des fleurs de *Lantana camara* présentaient une activité larvicide sur les larves de *Musca domestica*. **Kumar et Maneemegalai (2008)** ont constaté que l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* présentait une mortalité maximale vis-à-vis des larves de moustiques *Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus*. Les résultats obtenus par **Gueye, 2008** sur l'effet larvicide de l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara* contre les larves *Caryedon serratus* (ordre des coléoptères) confirment l'existence d'un effet larvicide de *L. camara* sur les coléoptères. **Remia et Logaswamy (2010)** ont également signalé une observation similaire lorsque les larves d'*Aedes aegypti* étaient en contact avec l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara*.

Des études antérieures ont observé que les composés phytochimiques ont un rôle majeur dans le programme de contrôle des larves et des moustiques (**Hag et al., 1999, Palsson et Janeson, 1999**). **Gopieskhanna et Marina** ont observé la présence d'hydrates de carbone, des saponines, des phytostérols, des phénols, des flavonoïdes et des tanins dans les extraits des plantes ayant une activité larvicide. **Pelah et al en 2002** ont signalé l'utilisation de saponine commerciale de l'écorce de *Quillaja saponaria* comme un larvicide naturel contre *Aedes aegypti* et *Culex pipens*.

Ces composés chimiques perturbent le développement larvaire et augmentent la mortalité des insectes. Les saponines sont des substances capables de perturber les membranes cellulaires des insectes qui le rendent toxique pour eux à des concentrations précises. Le D-limonène, une saponine, peut détruire la couche de cire des systèmes respiratoire des insectes, provoquant la suffocation (**Sylvestre et Martin, 2014**)

L'activité des extraits des feuilles, les tiges et les racines de *L. camara* sur les larves d'artémia a réussi d'isoler l'acide oleanonic, lantadene A et l'acide oléanolique qui présentaient une toxicité significative sur les larves (Philip *et al.*, 2017)

De même, la présence de lantadène, triterpénoïdes et furanonaphtha quinones dans les feuilles de *Lantana* sp peut servir d'indicateur pour des plantes à propriétés larvicides (Nooshin *et al.*, 2012)

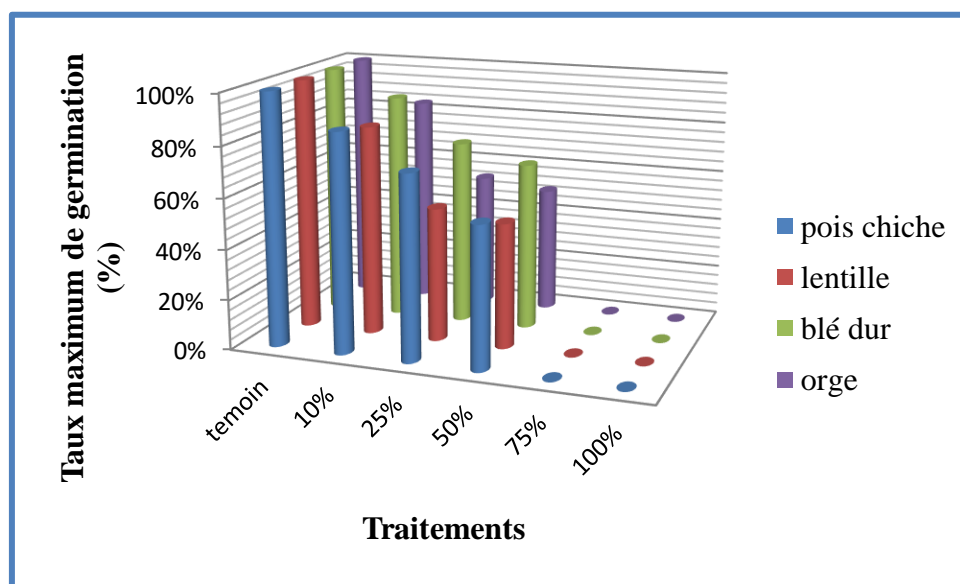
### 9-Potentiel allélopathique de *Lantana* L. sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales

#### 9-1 Effet de l'extrait aqueux sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales

L'analyse des résultats obtenus montre que l'extrait aqueux de *L. camara* L. quelque soit sa concentration, ralentisse la cinétique de germination, la longueur des racines et la longueur des tiges des espèces céréalières (blé dur et l'orge) et les espèces légumineuses (pois chiche et lentille).

- **Taux de germination et d'inhibition de la germination**

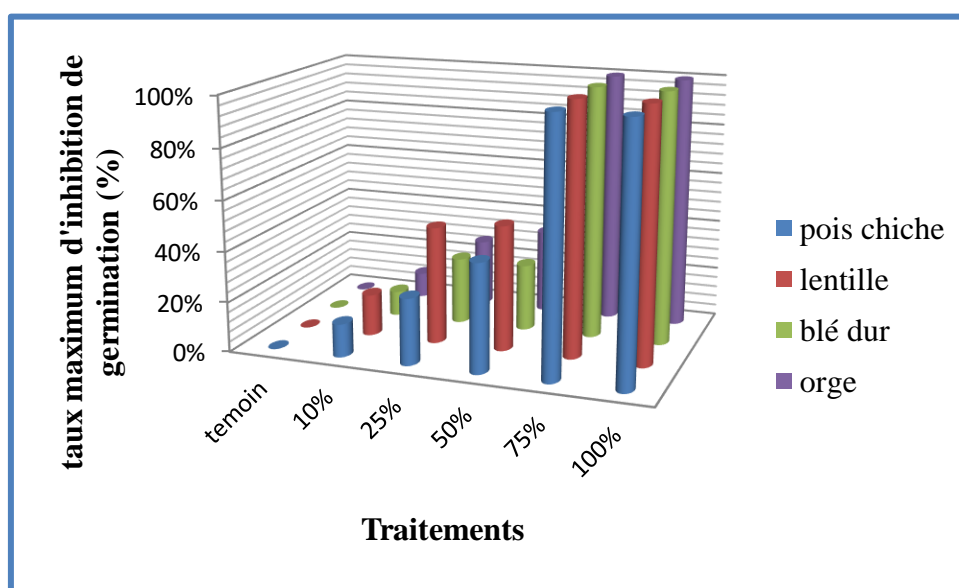
Le taux maximal de germination des quatre espèces végétales est montré dans la figure 46.



**Figure 46 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur le taux de germination des quatre espèces étudiées

Les résultats obtenus montrent que dans tous les cas, la variation du taux de germination est proportionnelle à la concentration en extrait, et aucune germination n'a été observée aux concentrations 75% et 100% ; par conséquent le taux maximal d'inhibition de la germination des graines est maximal pour ces deux concentrations (Figure 47).

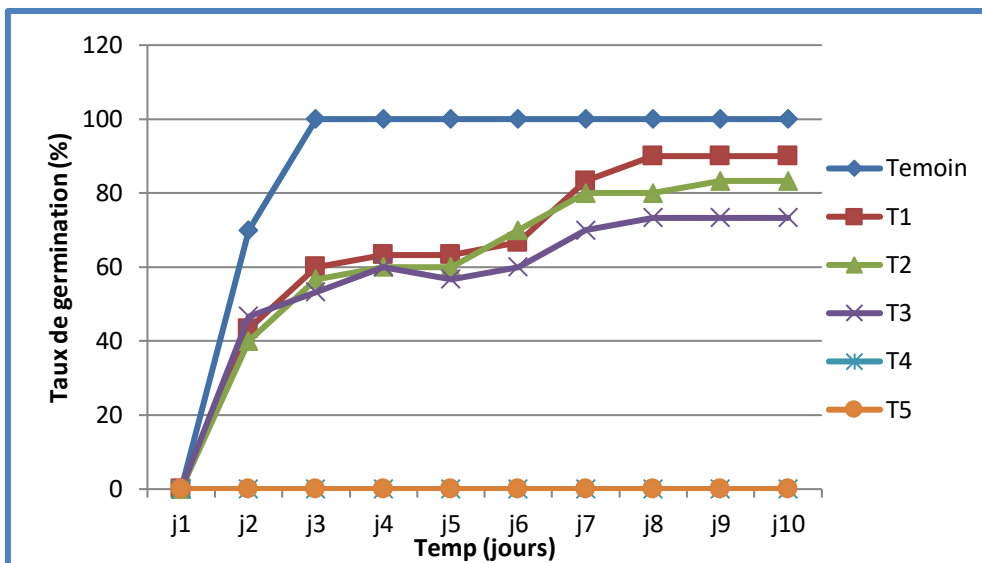
Il est évident de signaler que pour les espèces céréalières, l'extrait aqueux a un effet inhibiteur plus important pour l'orge que pour le blé dur, et que cet effet est d'autant plus important pour lentille que le pois chiche pour les légumineuses. Il a été observé que l'extrait aqueux de *L. camara* a réduit de manière significative le pourcentage de germination des quatre espèces comparativement au lot témoin.



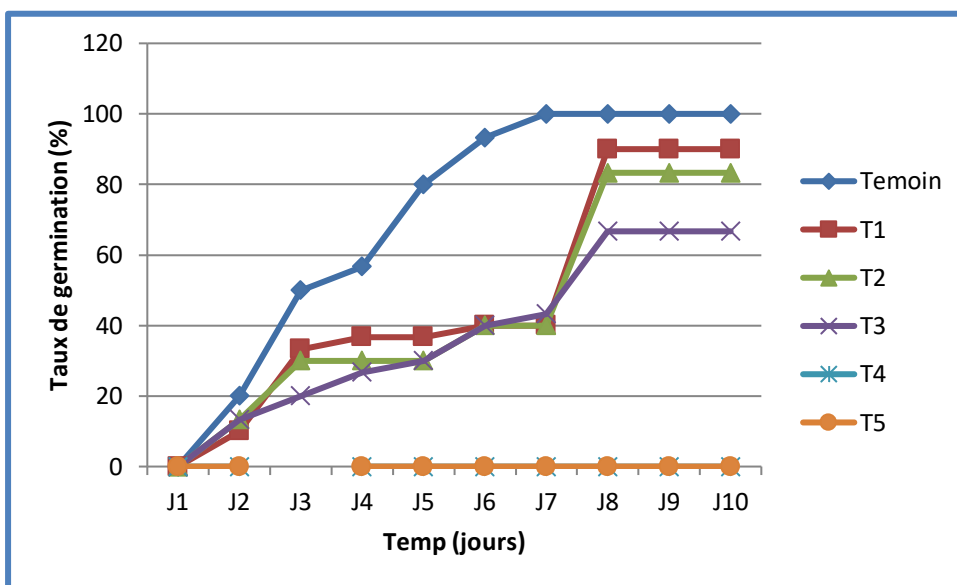
**Figure 47 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur le taux d'inhibition de germination des quatre espèces étudiées.

- **Cinétique de germination**

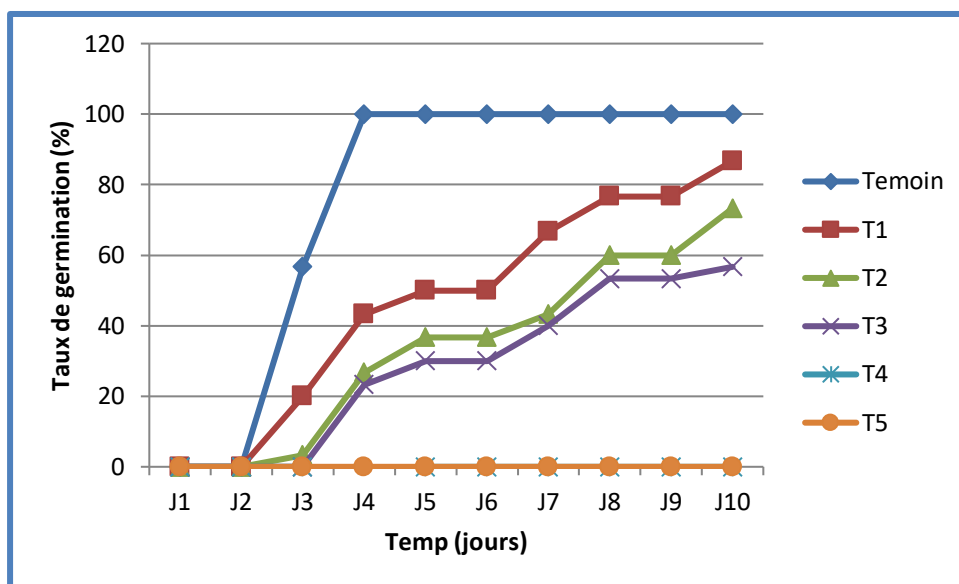
La cinétique de germination est la variation du taux de germination en fonction du temps. Les figures 48, 49, 50 et 51 montrent la variation du taux de germination des graines des quatre espèces en fonction de la durée d'expérimentation.



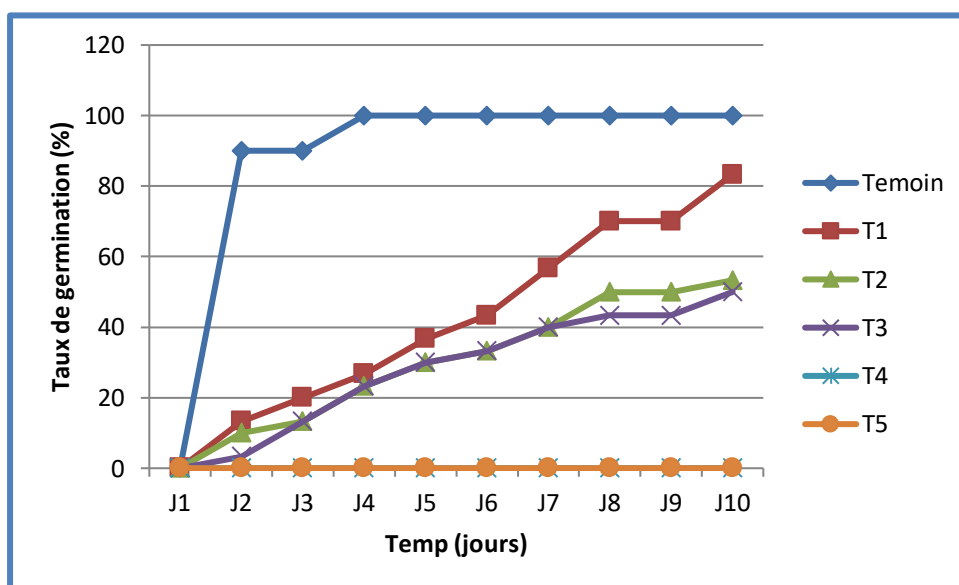
**Figure 48 :** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur la cinétique de germination de blé dur.



**Figure 49:** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur la cinétique de germination de l'orge



**Figure 50:** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur la cinétique de germination de lentille.



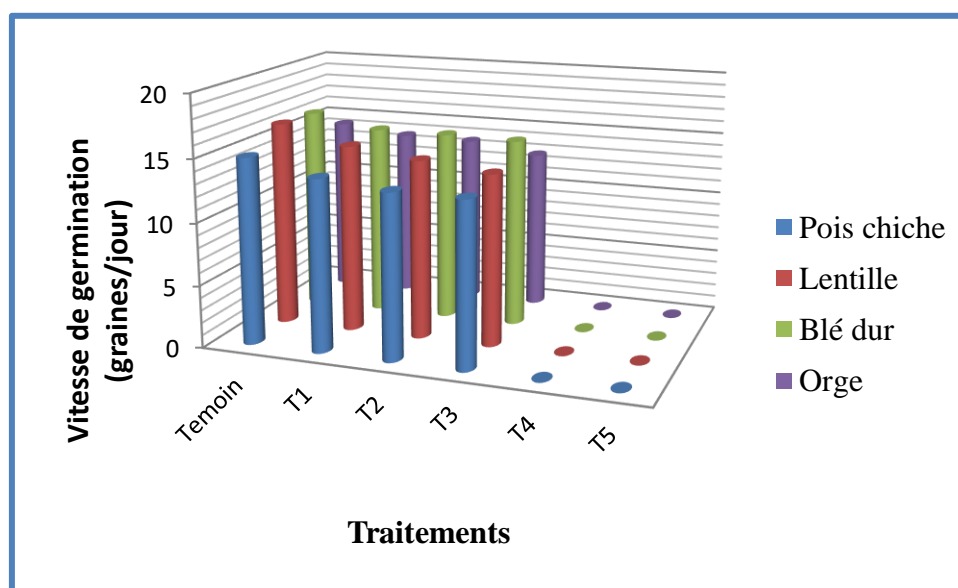
**Figure 51:** Effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur la cinétique de germination de pois chiche.

Après 48 heures d'expérimentation, les lots témoins des quatre espèces ont donné des taux de germination de 20% pour l'orge, 70% pour le blé dur, et 90% pour lentille, alors que le pois chiche n'a pas présenté une activité germinative. Le taux de germination maximal est atteint au quatrième jour pour les espèces légumineuses et le blé dur et septième jour pour

l'orge. Pour les lots traités avec les concentrations 10%, 25% et 50% de l'extrait aqueux, la germination a commencé dès le deuxième jour (sauf pour le pois chiche où elle commence dès le troisième jour) par contre aucune germination n'a été observée dans les lots traités avec l'extrait aqueux pur ou dilué à 75% pendant la période d'expérimentation.

- **Vitesse de germination**

La vitesse de germination des graines a été calculée pour les quatre espèces et les résultats sont représentés dans figure 52.

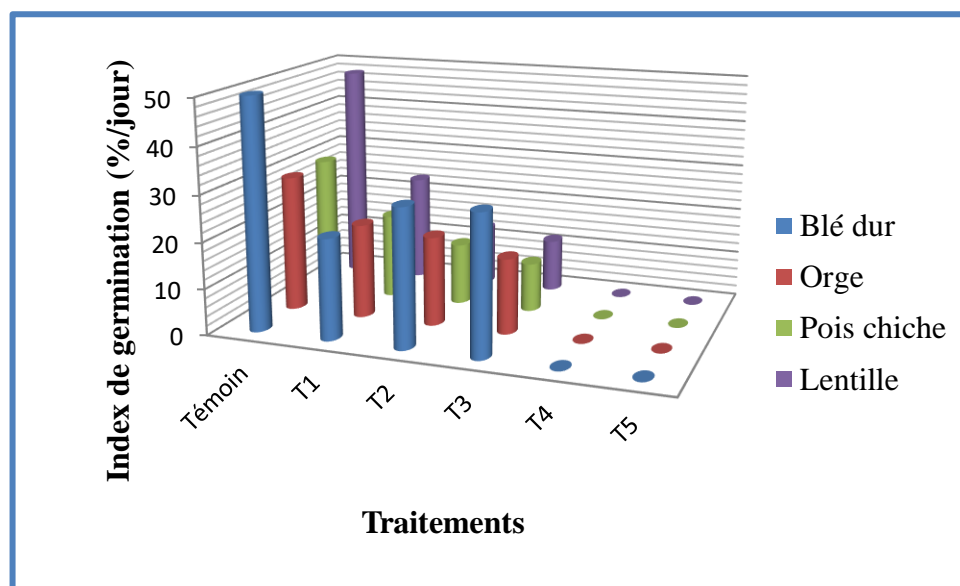


**Figure 52 :** Vitesse de germination des graines des quatre espèces végétales traitées par les différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. et comparées avec le lot témoin

D'après ces résultats, il est clair que les lots traités par la solution mère de l'extrait aqueux et dilué à 75% ne présentent aucune germination. Les lots témoins montrent une vitesse de germination importante varie de 14.35 graines/jour pour l'orge, 14.29 graines/jour pour le pois chiche, 16.22 graines/jour pour le blé dur et 16.44 graines/jour pour lentille. Les lots traités par les extraits aqueux dilués à 10%, 25% et 50% ont présenté des vitesses de germination moins importantes que les lots témoins de la même espèce.

- **Index de germination**

Les résultats de l'expression quantitative de taux de germination quotidienne par rapport à la valeur maximale de germination notée sont représentés dans la figure 53. Ces résultats ont montré l'absence de germination pour les lots traités par l'extrait pur et dilué à 75%. Les lots traités par les autres extraits à des concentrations moins importantes (10%, 25% et 50%) ont montré une augmentation en fonction de la concentration. Ces valeurs restent toujours moins importantes que les valeurs enregistrées dans les lots témoins.

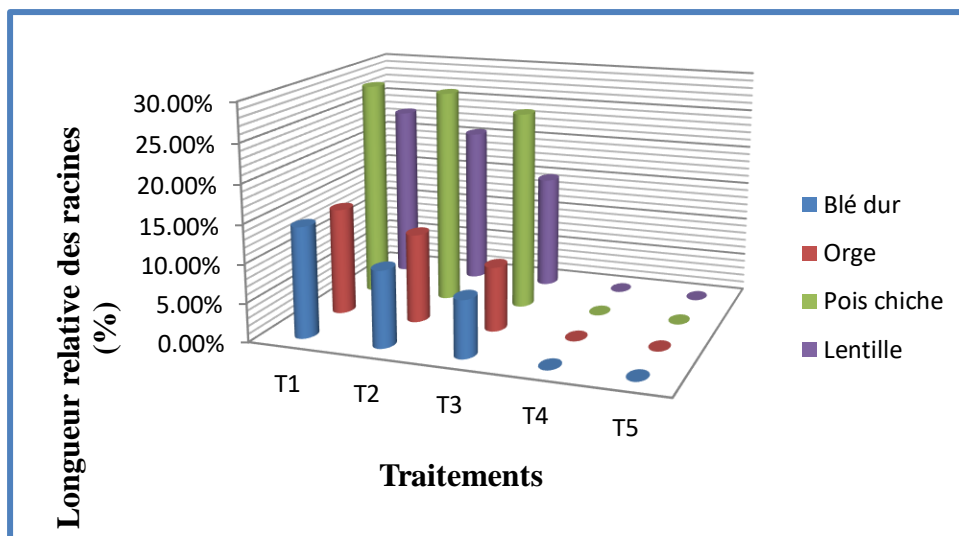


**Figure 53 :** Index de germination des quatre espèces végétales traitées par différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L. et comparées avec le lot témoin

- **Longueur relative des racines**

La longueur relative des racines a été mesurée après dix jours de semi des graines. Les résultats obtenus sont montrés dans la figure 54. La longueur relative des racines des quatre espèces est en fonction de la concentration. Les valeurs maximales sont enregistrées dans les lots traités par les extraits aqueux dilués à 10% suivi par les lots traités par des concentrations 25%, et finalement les lots traités par les extraits de 50% de concentration. Les lots traités avec les concentrations 75% et 100% ne présentent aucune activité germinative ou de croissance. Il est important de signaler que pour les espèces céréalières, l'extrait aqueux a

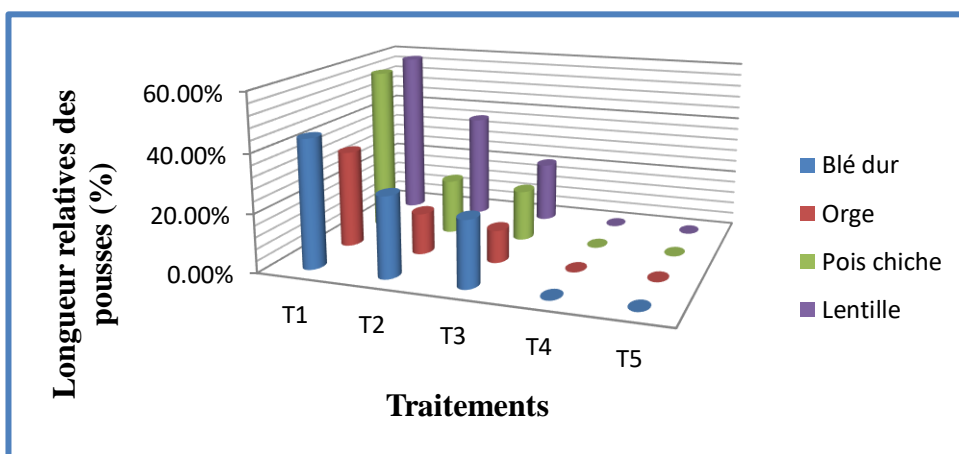
exercé un effet inhibiteur important pour l'orge que pour le blé dur. Cet effet est plus remarqué pour lentille que pour le pois chiche chez les espèces légumineuses.



**Figure 54:** Longueur relative des racines des quatre espèces végétales traitées par différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L.

- **Longueur relative des pousses**

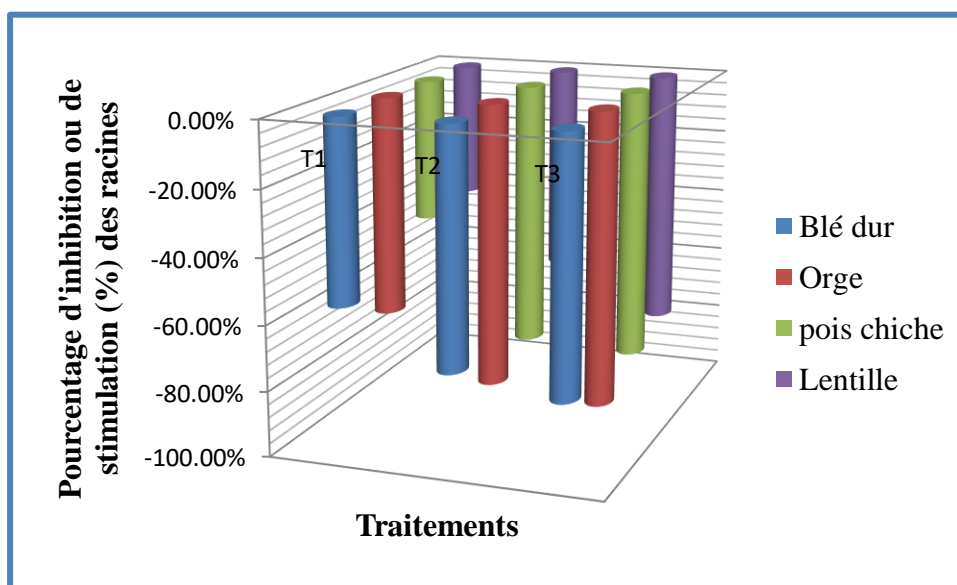
Les résultats de mesure de la longueur relative des pousses sont enregistrés dans la figure 55. Ils révèlent que la croissance de la longueur des pousses augmente progressivement avec la concentration. Les allongements maximaux des pousses sont enregistrés pour les traitements T1 suivi par les traitements T2 et T3 respectivement, et ça pour toutes les espèces.



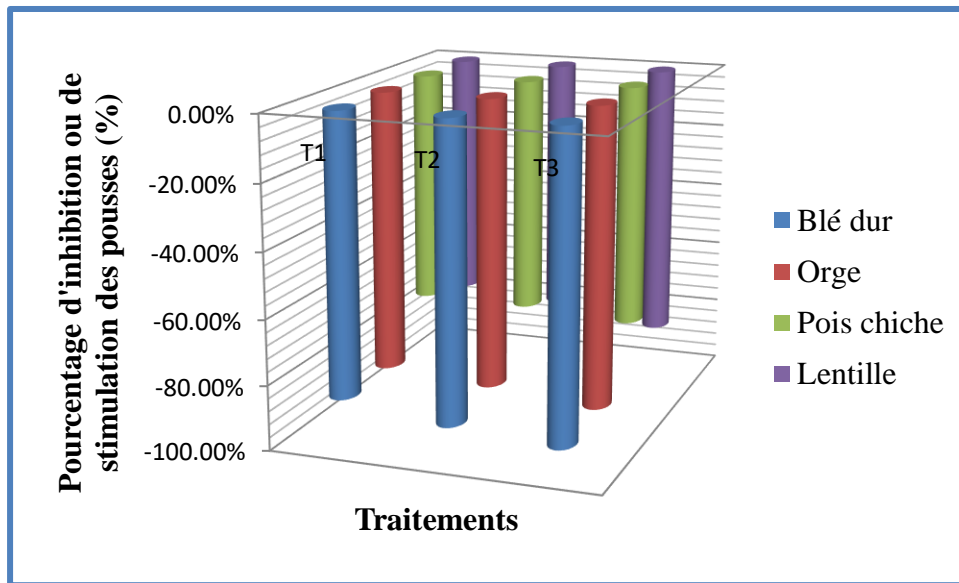
**Figure 55 :** Longueur relative des pousses des quatre espèces végétales traitées par différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* L.

- **Pourcentage d'inhibition et/ou de stimulation**

Les résultats obtenus sur l'effet inhibition et/ou stimulation de l'extrait aqueux des feuilles de *L. camara* L. sont enregistrés dans les figures 56 et 57. Il est à noter que dans cette étude l'extrait aqueux a induit uniquement un effet inhibiteur sur les quatre espèces végétales testées. Cet effet est létal avec les extraits pur et dilué à 75%, alors que pour les autres concentrations il s'accroît avec l'augmentation de la concentration. L'inhibition de la croissance est plus prononcée pour l'orge que pour le blé dur, et sur le pois chiche que sur la lentille. Il est aussi important de signaler que l'effet inhibiteur est d'autant plus important sur la croissance des pousses que sur celle des racines.



**Figure 56:** Effet inhibiteur de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur la croissance des racines des quatre espèces végétales.



**Figure 57:** Effet inhibiteur de l'extrait aqueux de *L. camara* L. sur la croissance des pousses des quatre espèces végétales

Les résultats obtenus dans cette étude ont montrés clairement que l'extrait aqueux des feuilles de *L. camara* L. a des effets inhibiteurs sur la germination et la croissance des espèces végétales étudiées blé dur, orge, pois chiche et lentille.

L'effet allélopathique de cet extrait a été largement signalé (**Shaukat et Siddiqui 2002 ; Romel et al., 2007 ; Maiti et al., 2008 ; jabeen et Romel, 2009 ; Bindu et K Jain , 2009 ; Arpana , 2015**).

L'augmentation de la concentration en extrait aqueux a provoqué des effets inhibiteurs significatifs sur les paramètres de germination et de croissances étudiés. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Romel** et ces collaborateurs en **2007** qui a prouvé que le même extrait à des concentrations croissantes provoque un effet inhibiteur sur la germination, l'élongation des racines et des pousses, et le développement des racines latérales de six espèces agricoles. **Bansal en 1998** a montré que l'augmentation de la concentration en extrait aqueux entraîne une inhibition significative de la germination des graines et le développement de jeunes plantules. Ces mêmes constatations sont obtenus par d'autres chercheurs (**Fariba et al., 2007**).

La longueur des racines et des pousses des espèces étudiées est fortement affectée. Il est à noter que il y'a une réduction de la longueur de ces deux paramètres dans les lots traités avec des concentrations croissantes en extraits comparativement au lot témoin (traité avec l'eau distillée). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenu par **Zackrisson et Nilsson**

(1992) et Shrivastava et hja (2016). La réduction dans la longueur des pousses et des racines peut être due à la réduction du taux de division et d'élongation des cellules (Buckolova, 1971) ; et cette réduction pourrait être due aux effets allélopathiques des composés phytochimiques de *L. camara* (Sharma et al., 1988, Ghisalberti, 2000).

L'effet inhibiteur ou supprimeur de l'extrait aqueux de *L. camara* sur la germination et la croissance des autres espèces végétales pourrait être due principalement à la présence des phytotoxines dans les différentes parties de cette plante surtout dans les feuilles (Achhireddy et al., 1985, Cosado, 1995, Hossain et Alam, 2010).

Les composés allélochimiques de *L. camara* sont principalement des polyphénols et des alcaloïdes (Ambika et al., 2003), et la phytotoxicité de l'extrait aqueux est due principalement à l'interaction de ces composés (Jain et al., 1989). Kong en 2006 a montré que ces composés sont principalement Lantadène A et Lantadène B ; ces derniers ont une forte capacité d'inhiber la germination et la croissance des plantes même à faible concentration. Abugre et al., 2011 ont montré que la présence de ce type de composés peut empêcher la croissance de l'embryon de la graine ou entraîner la mort de ce dernier.

### 9-2 Effet de la poudre de *Lantana L.* sur la germination et la croissance de quelques espèces végétales

#### ➤ Pourcentage de germination

La germination des quatre espèces cultivées après un mois d'expérimentation est représentée par les photos de la figure 58.

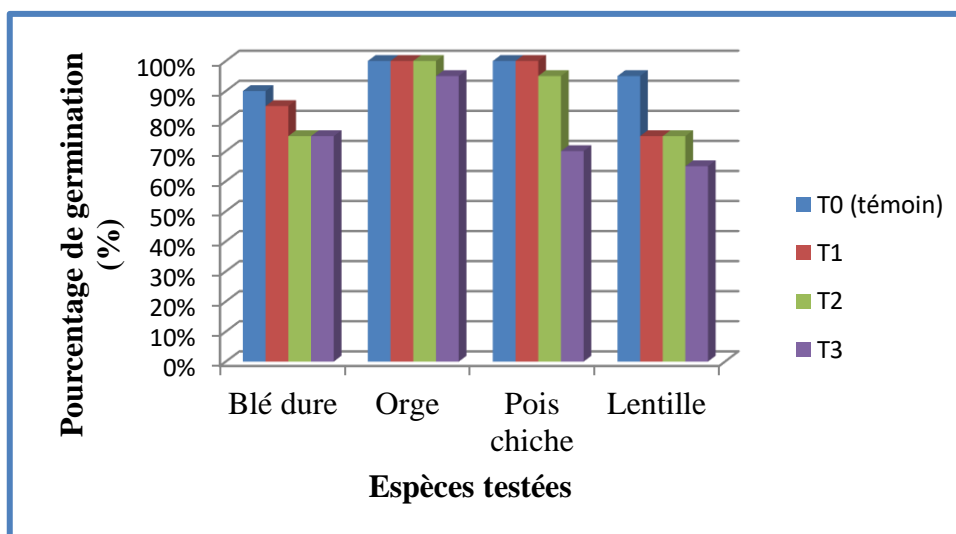


Figure 58 : Pourcentage de germination des espèces étudiées.

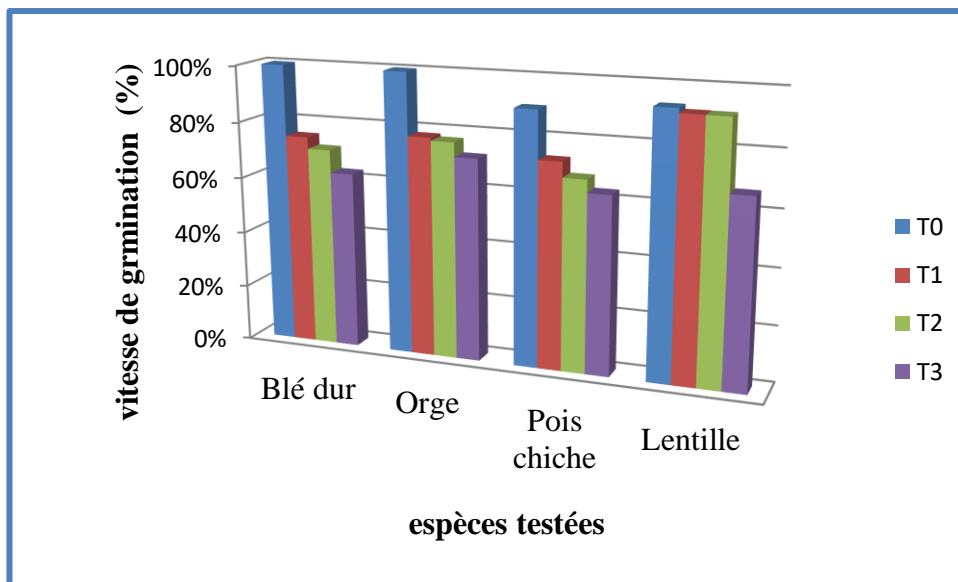
Les résultats obtenus montrent que la poudre des feuilles de *L. camara* présente des effets inhibiteurs sur la germination des quatre espèces testées.

Pour ces dernières, le pourcentage de germination maximal a été enregistré dans le traitement T1, et le pourcentage de germination minimal a été enregistré dans le traitement T3.

Il faut noter que ce pourcentage reste toujours plus important dans les lots témoins de toutes les espèces

#### ➤ Vitesse de germination

La vitesse de germination des quatre espèces a été calculé selon la formule donnée auparavant (partie matériel et méthodes). Les résultats obtenus sont représentés par la figure 59

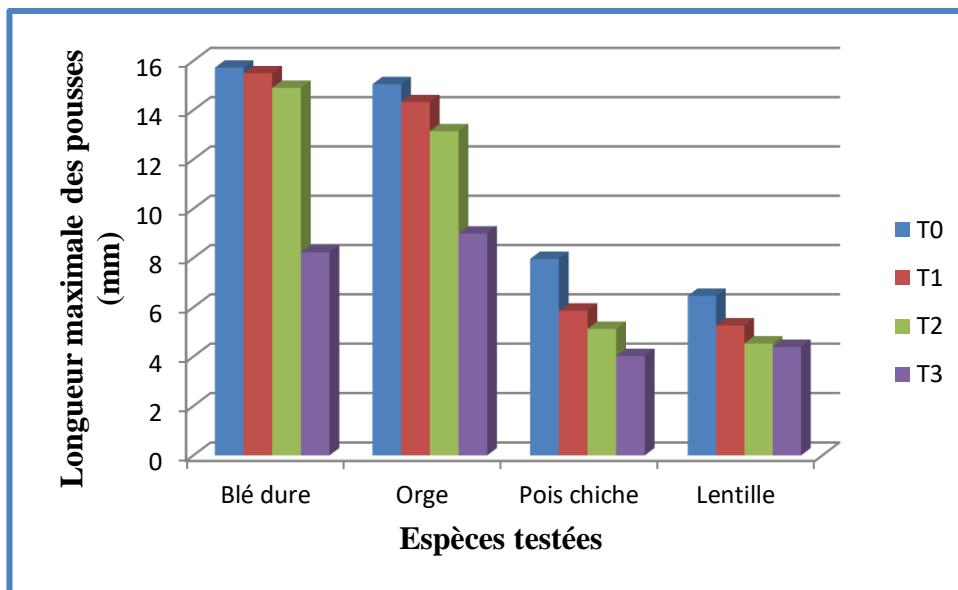


**Figure 59** : Vitesse de germination des quatre espèces

Les résultats obtenus montrent que la vitesse de germination des espèces est proportionnelle à la quantité de la poudre de *L. camara* additionnée au sol ; en augmentant la quantité de la poudre ajoutée, en ralentissant la vitesse de germination des espèces par rapport au témoin

#### ➤ Longueur relatives des pousses

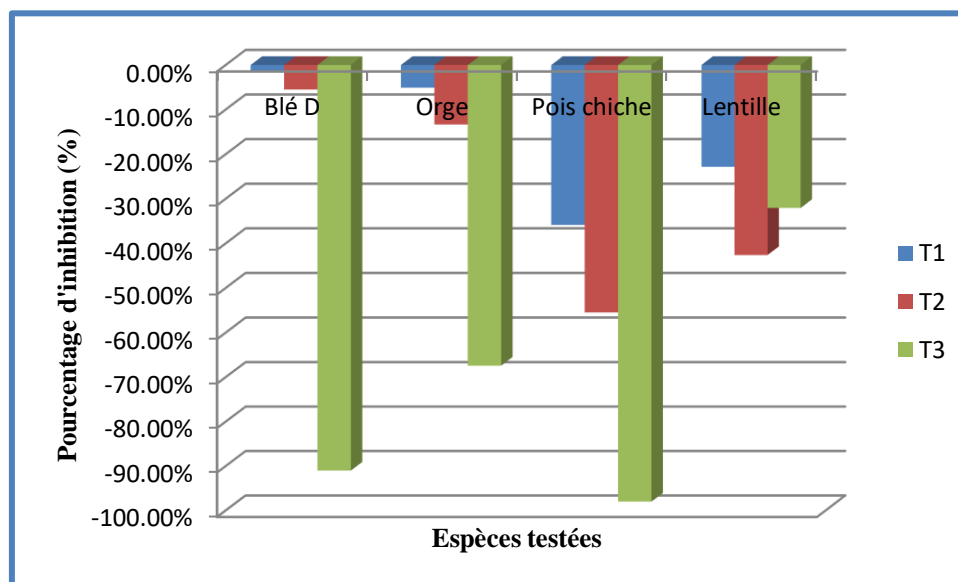
Les résultats de la figure 60 indiquent que la longueur des pousses des espèces est maximale dans le témoin (T0). L'application de la poudre des feuilles de *L. camara* a réduit le développement des pousses d'une façon remarquable. La diminution la plus importante est celle observée quand on ajoute 75g de la poudre de *L. camara* au sol, c'est-à-dire le traitement T3.



**Figure 60** : Longueur relatives des pousses des quatre espèces étudiées

➤ **Pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses**

Le pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses des quatre espèces a été calculé selon la formule donnée auparavant (partie matériel et méthodes). Les résultats obtenus sont illustrés par l'histogramme de la figure 61.

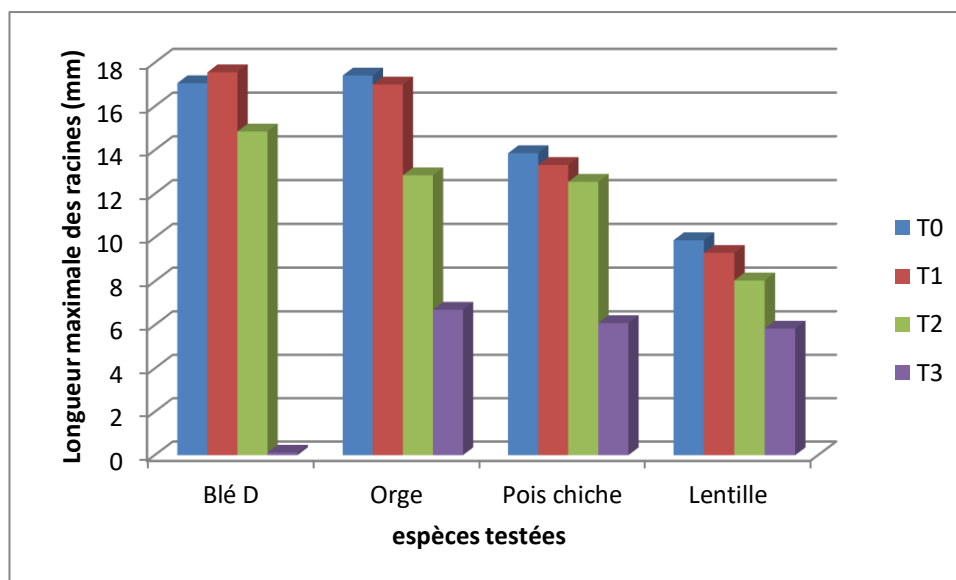


**Figure 61** : Pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses

L'histogramme de la figure précédente montre que le pourcentage d'inhibition des pousses est proportionnel à la quantité de la poudre des feuilles rajoutée au sol. Ce pourcentage est maximal pour le pois chiche pour les légumineuses et le blé dur pour les céréales.

### ➤ Longueur des racines

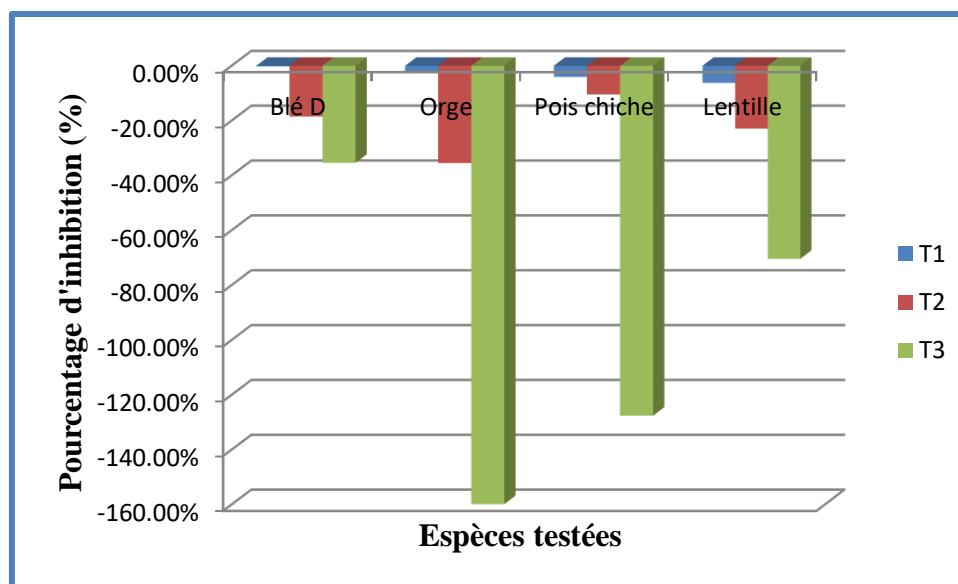
La longueur des racines (mm) des espèces a été calculée ; les résultats montrent que les lots témoin (T0) possèdent la longueur des racines la plus importante ; et que l'application de la poudre des feuilles de *L. camara* a réduit d'une façon remarquable le développement des racines. La diminution la plus importante est celle observée quand on ajoute 75g de la poudre de feuilles au sol (Figure 62).



**Figure 62** : Longueur relatives des racines des quatre espèces étudiées

### ➤ Pourcentage d'inhibition de la longueur des racines

Le pourcentage d'inhibition de la longueur des racines des quatre espèces est représenté par l'histogramme de la figure 63.



**Figure 63 :** Pourcentage d'inhibition de la longueur des racines

L'histogramme de la figure 63 montre que le pourcentage d'inhibition des pousses est en relation avec la quantité de la poudre des feuilles rajoutée au sol ; il est maximal pour le pois chiche et le blé dur.

Les plantes allélopathiques ont la capacité d'inhiber ou de supprimer la germination, la croissance, le développement ou le métabolisme des cultures, en raison de la sécrétion de substances allélochimiques dans la rhizosphère des plantes cultivées dans leur voisinage (**Qasem, 2006**). De nombreux composés allélochimiques phytotoxiques ont été isolés et identifiés et prouvés leurs capacité d'affecter de nombreux processus cellulaires chez les espèces végétales cibles, y compris la perturbation de la perméabilité membranaire (**Galindo et al., 1999**), l'absorption d'ions (**Lehman et Blum, 1999**), l'inhibition du transport d'électrons dans la photosynthèse et la chaîne respiratoire (**Calera et al., 1995 ; Penuelas et al., 1996 ; Abarahim et al., 2000**), causent des dommages à l'ADN et aux protéines, des altérations de certaines activités enzymatiques (**Anaya et Pelayo, 1997 ; Cruz-Ortega et al., 1998**) et aboutissent finalement à une mort cellulaire programmée (**Ding et al., 2007**)

Les résultats obtenus indiquent clairement que tous les paramètres étudiés (pourcentage de germination, pourcentage d'inhibition de la germination, vitesse de germination, longueur des pousses et des racines, pourcentage d'inhibition de la longueur des pousses et des racines et la biomasse) sont affectés d'une manière importante par l'effet

allélopathique de la poudre des feuilles de *L. camara* ; et que cet effet est proportionnel à la quantité de la poudre ajouté au sol.

Ces résultats concordaient avec ceux obtenus par **Achhireddy et al (1985)** qui ont rapporté que *L. camara* est une mauvaise herbe allélopathique influe sur la germination des semis et la croissance d'autres plantes en raison de la présence d'acides phénoliques et des produits chimiques phytotoxiques libérés par ses feuilles et ses racines (**Hossain et Alam, 2010**).

**Abiyu Enyew et Nagappan Raja en 2015** ont obtenus les mêmes résultats que nous lorsque ils ont rajouté la poudre de *Lantana* au sol utilisé pour la germination des graines de maïs et du blé. L'effet inhibiteur de *Lantana camara* peut être du à la libération des métabolites secondaires qui se trouvent dans la poudre et qui peuvent altérer les propriétés physico-chimiques du sol influençant ainsi les paramètres de germination et de croissance des espèces végétales.

### **9-3 Effet de la poudre de *L. camara* L. sur le stockage de quelques espèces végétales**

#### **9-3-1 Qualité organoleptique des grains stockés**

L'évaluation de la qualité organoleptique des graines stockée est portée sur plusieurs paramètres :

##### **1-1 Poids et infestation des graines stockés**

L'évaluation du poids et de l'infestation des graines stockés (céréales et légumineuses) traitées et non traitées est enregistrée dans le tableau XV

**Tableau XV:** Evaluation de la perte en poids et de l'infestation des graines stockées.

	Poids des graines	Infestation	Nombre d'insectes
<b>Blé dure traité</b>	157,75 g	Non	Non existe
<b>Blé dure non traité</b>	143,77 g	Oui	655
<b>Pois chiche traité</b>	160,87 g	Non	Non existe
<b>Pois chiche non traité</b>	157,11 g	Oui	50
<b>Orge traité</b>	155,96 g	Oui	67
<b>Orge non traité</b>	154,95 g	Oui	61
<b>Lentille traité</b>	160,99 g	Non	Non existe
<b>Lentille non traité</b>	155,96 g	Non	Non existe

Les résultats obtenus ont montré que le poids des graines non traitées est diminué d'une façon plus importante que les graines traitées par rapport au poids initial (170g); de plus, aucune infestation par les insectes n'a été observée pour le blé dur, pois chiche et lentille traité.

### 1-2 Couleur, odeur et goût

Le tableau XVI montre les différents paramètres de couleur, d'odeur et du goût chez les différentes variétés céréalières et légumineuses traitées et non traitées.

**Tableau XVI** : Couleur, odeur et goût des variétés traitées et non traitées.

Espèces		Changement de couleur de grains	Changement d'odeur de grains	Changement de goût de grains
Blé dur	<b>Traité</b>	Pas de changement détectable	Sans odeur	Pas de changement
	<b>Non traité</b>	Légère modification	Odeur désagréable	Le rendant inacceptables pour la consommation humaine
L'orge	<b>Traité</b>	Pas de changement	Sans odeur	Pas de changement
	<b>Non traité</b>	Légère modification	Odeur désagréable	Peu de changement
Lentille	<b>Traité</b>	Pas de changement détectable	Sans odeur	Pas de changement
	<b>Non traité</b>	Légère changement	Sans odeur	Pas de changement
Pois chiche	<b>Traité</b>	Pas de changement détectable	Sans odeur	Pas de changement
	<b>Non traité</b>	Légère modification, quelques grains à couleur brin	Sans odeur	Pas de changement

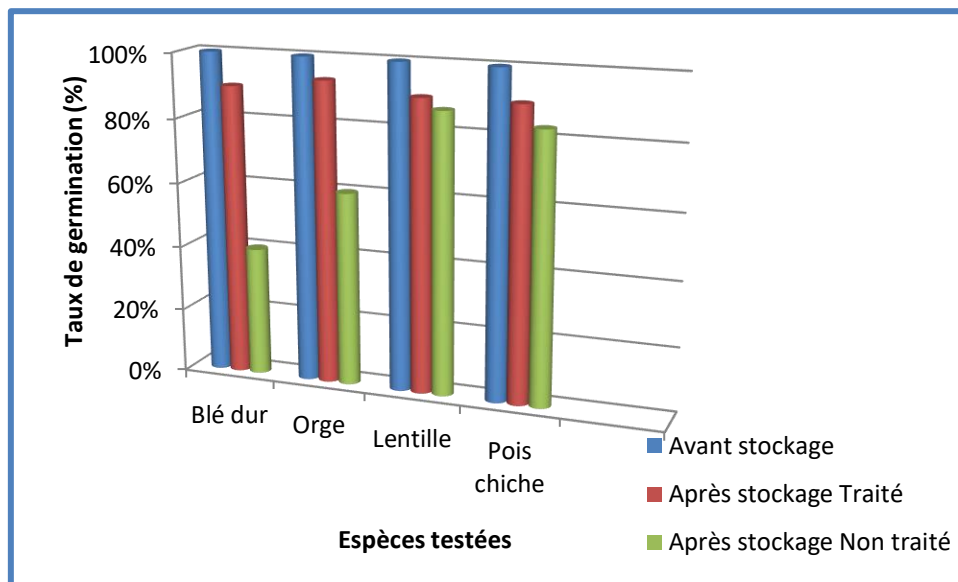
Le tableau précédent montre que tous les graines non traitées présentent une légère modification de couleur des graines, un changement de l'odeur (sauf pour lentille) et un changement de gout pour l'orge et le blé dur. Ces trois paramètres n'ont pas changé pour les graines traitées par la poudre des feuilles de *L. camara* L.

### 9-3-2 Germination et croissance des espèces traitées et non traitées

Les résultats suivants montrent l'effet de la poudre de *L. camara* sur la germination et le développement des quatre espèces stockées pendant 8 mois ; ainsi leurs comparaison avec les mêmes paramètres avant le stockage.

### 1) Taux de germination(%)

La figure 64 illustre le pourcentage de germination des graines avant et après la période du stockage, avec ou sans traitement par la poudre de *L. camara*.

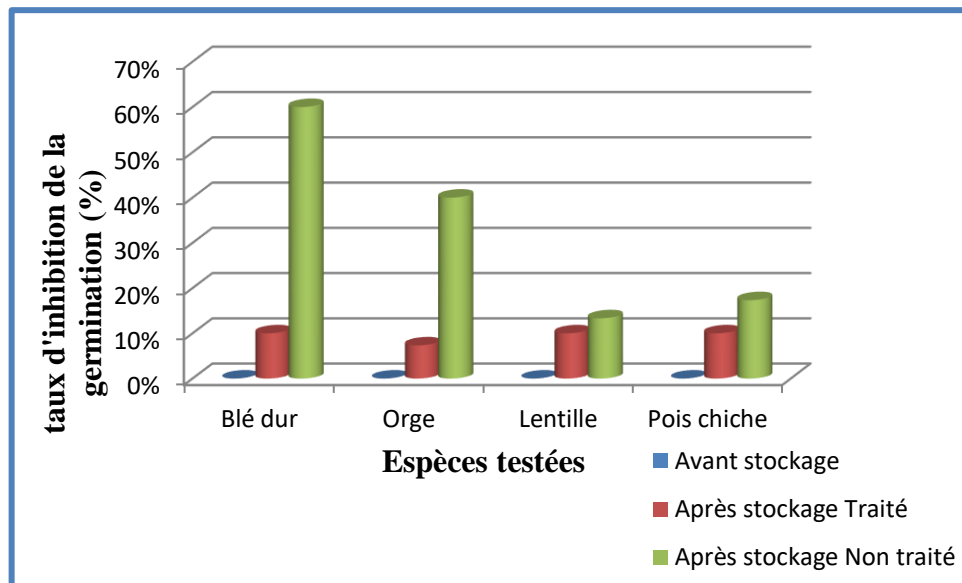


**Figure 64 :** Taux de germination des graines avant et après le stockage, avec ou sans traitement par la poudre de *L. camara* L.

Lorsqu'on traite les graines de blé dur et de l'orge par la poudre des feuilles de *L. camara* puis on les stocke, le taux maximum de germination ne change pas ; par contre, leur stockage sans traitement par la poudre diminue leur pouvoir germinatif. Contrairement aux graines des légumineuses, la période du stockage et le traitement ou non des graines par la poudre n'ont pas une grande influence sur le taux de germination.

### 2) Taux d'inhibition de germination(%)

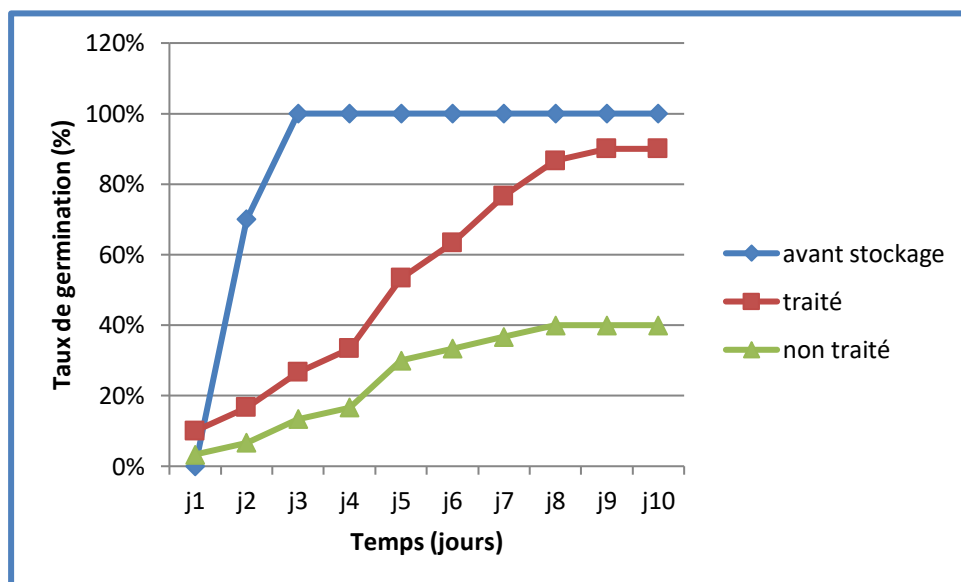
Le pourcentage d'inhibition de la germination des graines avant et après le stockage, avec ou sans traitement par la poudre de *L. camara* est enregistré dans la figure 65. On remarque que ce paramètre est inversement proportionnel au taux de germination des graines, et il est très remarquable pour les graines du blé dur et l'orge lorsqu'elles sont stockées sans poudre.



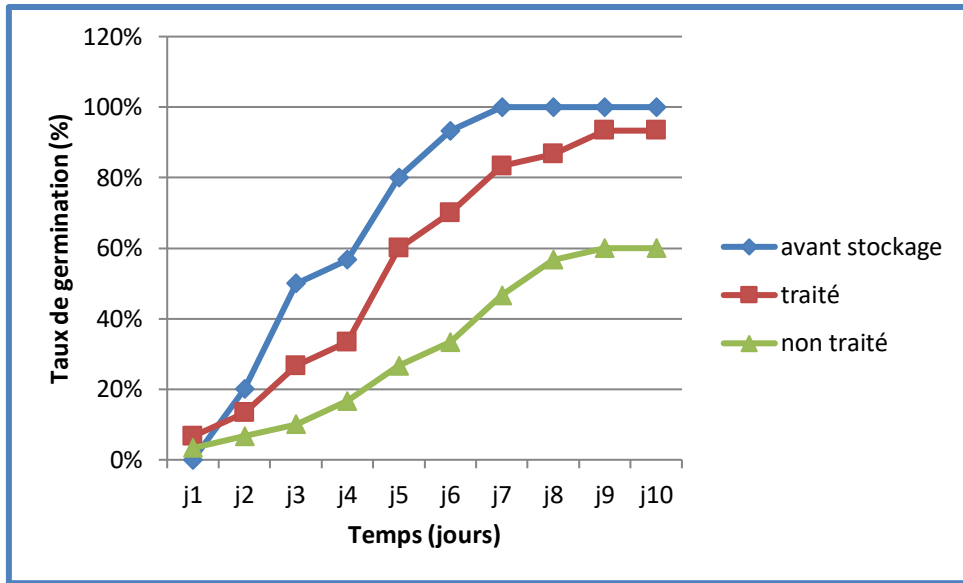
**Figure 65 :** Taux d'inhibition de germination des graines avant et après le stockage, avec ou sans traitement par la poudre de *L. camara L.*

### 3) Cinétique de germination

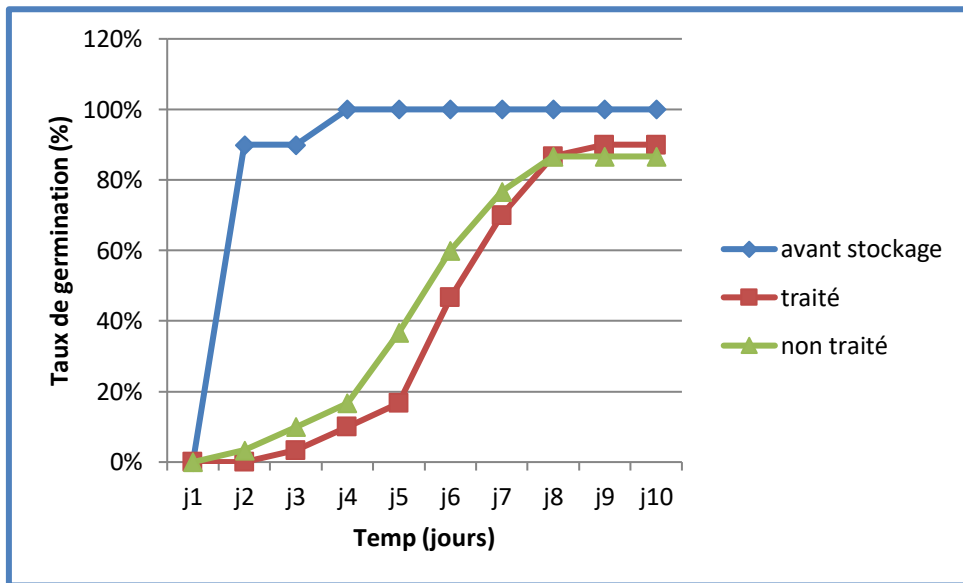
La variation du taux de germination des graines des quatre espèces en fonction de la durée d'expérimentation est enregistrée dans les figures 66, 67, 68 et 69.



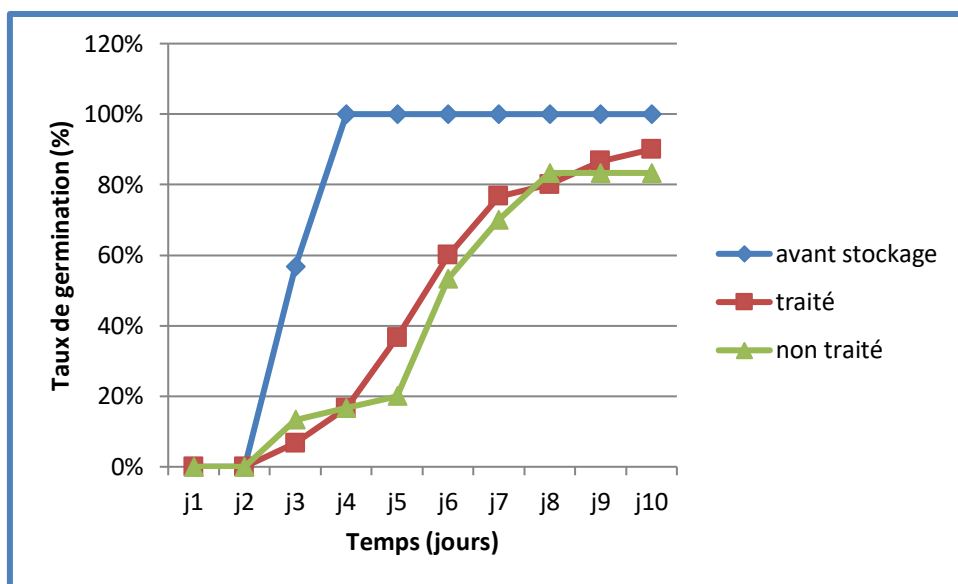
**Figure 66 :** Cinétique de germination de blé dure



**Figure 67** : Cinétique de germination de l'orge



**Figure 68** : Cinétique de germination de lentille

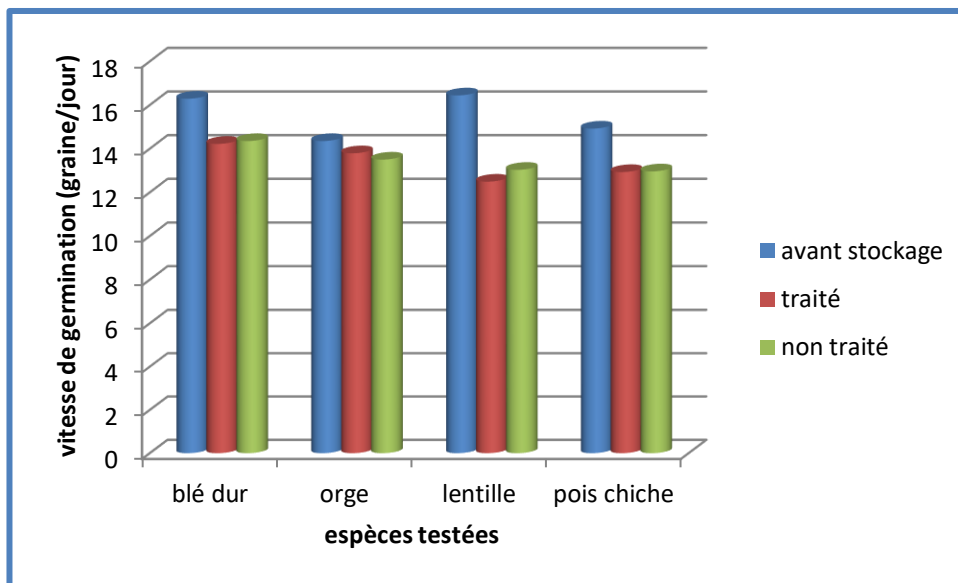


**Figure 69** : Cinétique de germination de pois chiche

Avant stockage, les graines des quatre espèces ont commencé la germination dès le deuxième jour avec des pourcentages allant de 20% jusqu'à 90% (sauf pour le pois chiche qui a commencé la germination après 48h). Après la période du stockage, les graines traitées et non traitées ont commencé la germination après 24 h mais avec des pourcentages trop faible par rapport à ceux avant stockage (les graines traitées ont un pourcentage de germination plus important que les graines non traitées). Leur pourcentage maximal de germination est atteint au 9<sup>ième</sup> et 10<sup>ième</sup> jours.

#### 4) Vitesse de germination

La vitesse de germination calculée pour les graines avant stockage et après stockage (traitées et non traitées) est illustrée par l'histogramme de la figure 70.

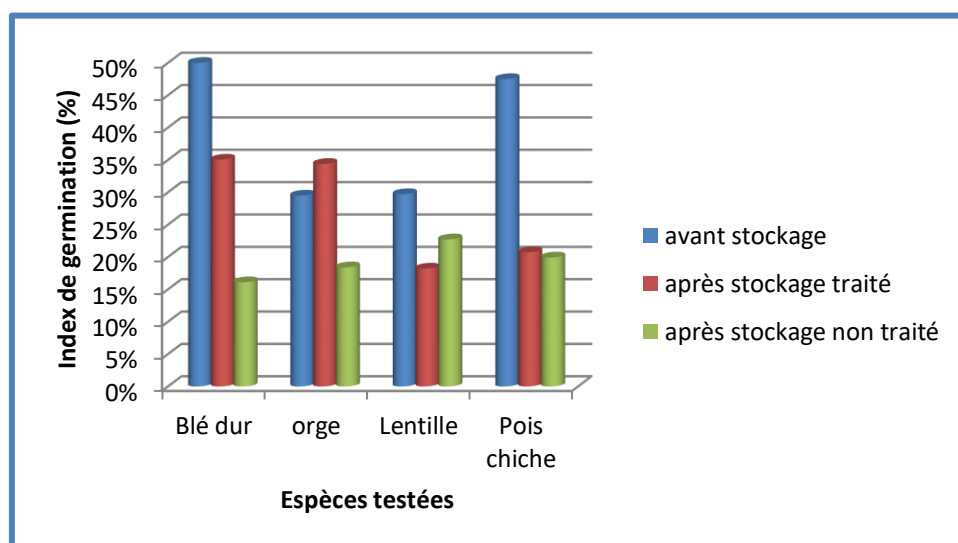


**Figure 70** : Vitesse de germination des quatre espèces

L'histogramme de la figure précédente montre que la vitesse de germination exprimée par graine/jour avant le stockage est plus importante qu'après le stockage, pour les quatre espèces ; et que le stockage avec ou sans poudre n'a pas beaucoup d'influence sur ce paramètre.

### 5) Index de germination

L'index de germination des espèces traitées et non avec la poudre de *L. camara* est illustré par l'histogramme de la figure 71.

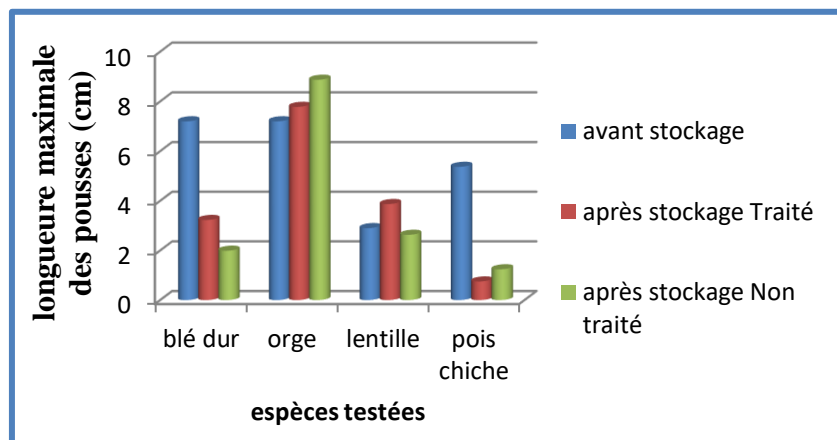


**Figure 71** : Index de germination des quatre espèces

Les résultats montrent que l'index de germination des quatre espèces est important avant de stocker les graines. Après le stockage, ce paramètre a diminué d'une façon remarquable pour les deux lots des graines traitées et non traitées et beaucoup plus pour les graines non traitées.

#### 6) Longueur maximale des tiges

La longueur maximale des tiges des quatre espèces est mesurée pour les graines avant et après le stockage, et les résultats sont illustrés par l'histogramme de la figure 72.

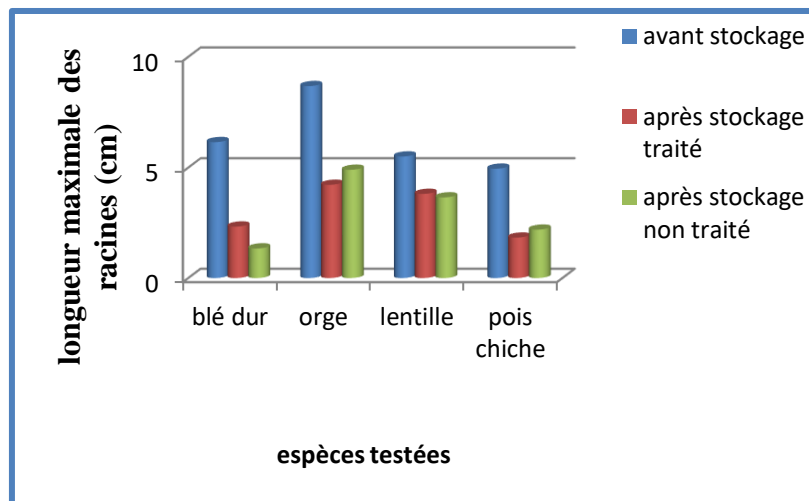


**Figure 72 : Longueur maximale des tiges**

La longueur maximale des tiges a varié avant et après le stockage des graines des quatre espèces. Le stockage des graines a diminué la longueur des tiges pour toutes les espèces sauf pour lentille et l'orge ou il a augmenté cette longueur.

#### 7) Longueur maximale des racines

La longueur maximale des racines est mesurée pour les graines avant et après le stockage, et les résultats sont illustrés par l'histogramme de la figure 73



**Figure 73 :** Longueur maximale des racines

On remarque que la longueur des racines des quatre espèces est plus importante avant le stockage de leurs graines. Pour le blé dur et lentille le stockage des graines avec la poudre a donné des racines dont la longueur est plus importante que le stockage des mêmes graines sans poudre ; contrairement aux pois chiche et l'orge (le stockage sans poudre a donnée des longueurs plus importantes).

Les graines des céréales et des oléagineuses représentent la plus importante source alimentaire pour l'homme. Sur les énormes quantités cultivées et collectées, une partie importante est perdue ou altérée chaque année pendant l'entreposage (**Hayma, 1989**). Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs en causant des dégâts dont ceux des insectes sont les plus importants. Les méthodes utilisées pour limiter les pertes dans les stocks sont généralement les insecticides chimiques qui peuvent induire une intoxication chronique des consommateurs, une résistance chez les ravageurs et avoir un impact négatif sur l'environnement (**Ngamo et Hanse , 2006**). Aujourd'hui, les recherches alternatives aux pesticides chimiques semblent se porter sur l'utilisation des biopesticides. La littérature nous affirme que certaines plantes locales semblent être efficaces dans la lutte contre les insectes présents dans les produits stockés.

L'expérimentation avec la poudre de *L. camara* a montrée que la qualité organoleptique des graines céréalières et légumineuses a changé après le stockage sans et avec la poudre de *Lantana*, et que les lots traités avec celle ci ont conservé leur poids et leur qualité organoleptique pendant la période du stockage par rapport aux lots non traités qui présentaient des modifications remarquables sur les mêmes paramètres. Ces résultats sont en

accord avec ceux obtenus par **Ogendo en 2004** qui a confirmé que l'utilisation de la poudre de *L. camara* lors du stockage des graines des céréales réduit considérablement les dommages causés sans effets néfastes sur la germination des semences.

Les résultats obtenus concernant les différents paramètres germinatifs (taux de germination, taux d'inhibition de germination, cinétique de germination, vitesse de germination, cinétique de germination, longueur des racines et des tiges) ont montré que ces derniers sont plus importants dans les lots des graines traitées que dans les lots non traités et moins importants par rapport aux grains avant stockage pour les quatre espèces.

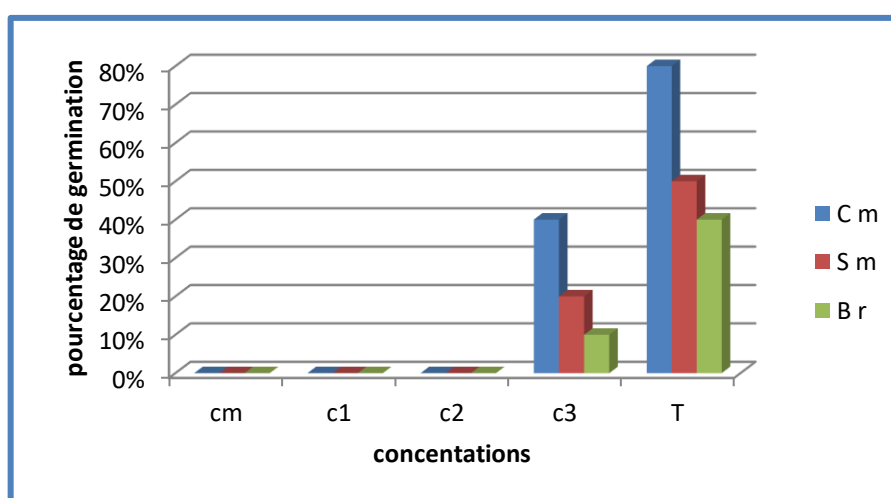
Cela veut dire que le stockage des graines dans la poudre des feuilles de *L. camara* a réduit tous les paramètres étudiés par rapport aux lots avant le stockage ; mais a mieux que la conservation sans poudre.

#### 9-4 Effet herbicide de l'extrait aqueux des feuilles de *Lantana L.* sur quelques espèces adventices

L'étude de l'activité herbicide de *L. camara* sur les mauvaises herbes *Centaurea macrocephala*, *Brassica rapa* et *Silybum marianum* a été évaluée en utilisant l'extrait aqueux de cette plante puis en mesurant les paramètres : pourcentage de germination, longueur des racines et des tiges, et le pourcentage de stimulation et/ou d'inhibition des racines.

##### 9-4-1 Effet sur la germination des graines

La figure 74 représente l'effet des différentes concentrations de l'extrait aqueux de *L. camara* sur la germination des graines des trois espèces.

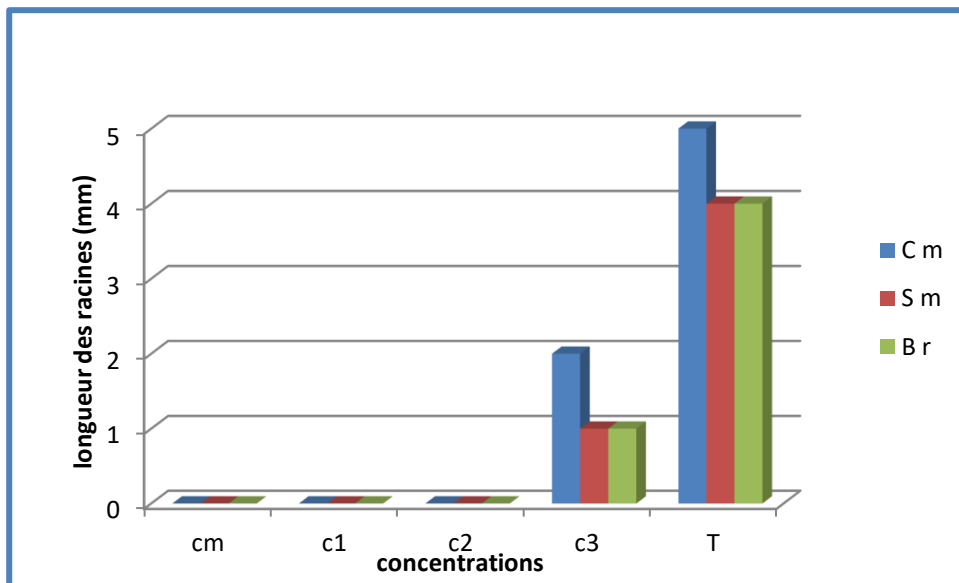


**Figure 74 :** Pourcentage de germination des graines des espèces adventices comparé avec le témoin

On remarque que les extraits de concentration Cm, C1 et C2 ont un pourcentage de germination égale à zéro c'est-à-dire ils induisent une inhibition totale ; par contre le même extrait à la concentration C3=10% ayant un pourcentage de germination varie de 10% pour *Brassica rapa* à 40% pour *Centaurea macrocephala*.

#### 9-4-2 Effet sur la croissance des racines

Les résultats que nous avons obtenus sur la croissance et le développement des racines sont représentés par la figure 75

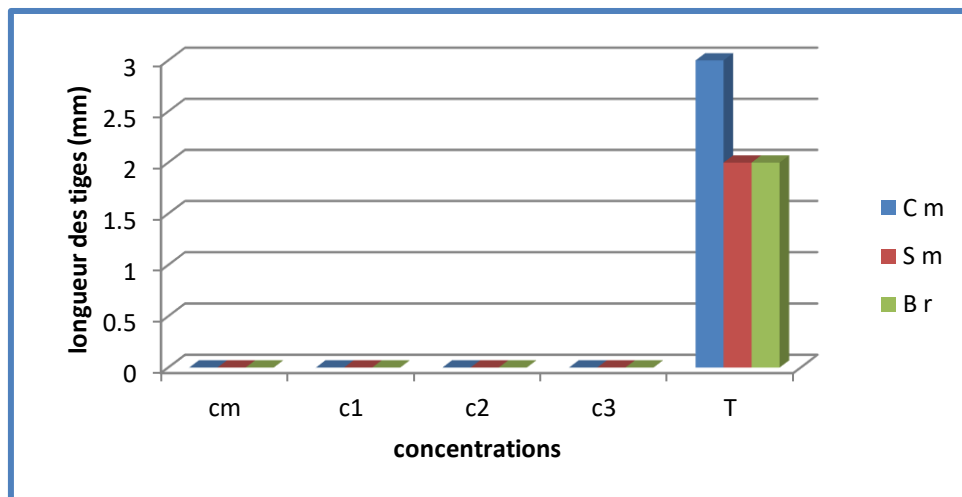


**Figure 75** : Longueur des racines des espèces adventices comparées avec le témoin

L'extrait aqueux de *L. camara* retard (C3) ou inhibe (Cm, C1 et C2) la croissance des racines des espèces testées.

#### 9-4-3 Effet sur la croissance des tiges

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 76

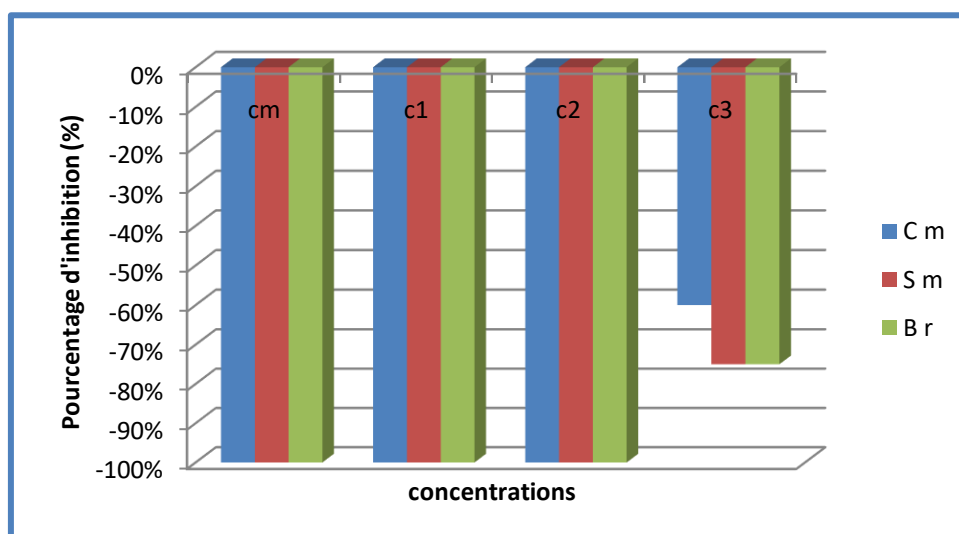


**Figure 76 :** Longueur des tiges des espèces adventices comparées avec le témoin

La figure précédente montre que aucun développement des tiges n'a été observé chez toutes les espèces et pour toutes les concentrations, par contre, pour le témoin le développement des tiges est enregistré pour les trois espèces et il est plus important pour *Centauriae macrocephala* que les deux autres espèces.

#### 9-4-4 Pourcentage de stimulation et/ou d'inhibition des racines

Les résultats concernant le pourcentage d'inhibition et/ou de stimulation des racines sont représentés par la figure 77 ; ils montrent que l'extrait aqueux induit une inhibition totale sur le développement racinaire des espèces adventice.



**Figure 77 :** Pourcentage de stimulation et/ou d'inhibition des racines

La mise en évidence du potentiel herbicide des feuilles de *L. camara* L. sur les graines de trois espèces adventices a été réalisée en utilisant l'extrait aqueux à différentes concentrations. Les résultats montrent que ce dernier affecte le développement des graines des espèces adventices testées, son effet inhibiteur est observé sur tous les paramètres étudiés.

La germination des graines est retardée ou elle s'interrompt dans un stade avancée ou encore elle ne se produit pas. Quand la concentration en extrait est élevée, l'effet inhibiteur est total, le retardement de la germination est observé avec les concentrations faibles.

**Eman et Salama (2013)** ont évalué l'effet inhibiteur de l'extrait aqueux des feuilles de *L. camara* L. sur la germination et la croissance des plantules des mauvaises herbes, et ils ont montré que les concentrations élevées ont des effets inhibiteurs plus forts que les faibles concentrations, ils ont dit que *L. camara* pourrait être utilisée comme bioherbicide potentielle pour certaines mauvaises herbes. **Kong et al (2006)** ont indiqué que les extraits des feuilles de *L. camara* et leurs fractions réduisent la biomasse de certaines mauvaises herbes. Ils ont montré, avec des essais sur terrain, que la décomposition des feuilles de *L. camara* dans le sol a un effet inhibiteur sur les autres mauvaises herbes ; cette étude a suggéré que les composés allélochimiques de *L. camara* susceptibles de servir à améliorer la gestion des mauvaises herbes. Ces composés allélopathiques se comportent comme des herbicides naturels; ils ont fréquemment plusieurs sites d'action et des effets divers sur les organismes cibles. Ces produits sont très répandus chez les plantes spontanées.

Dans la recherche de nouvelles stratégies pour la gestion des mauvaises herbes dans les systèmes agricoles ; **Labruzzo et al (2017)** ont déclaré un grand intérêt sur l'utilisation des extraits des plantes pour remplacer le désherbage chimique. Ils ont testé les graines de quelques mauvaises herbes avec l'utilisation d'extrait aqueux et le mélange de la poudre en pots ; les extraits purs sont plus inhibiteurs que les mélanges, et la vitesse de germination diminue avec chaque augmentation de la concentration.

*Conclusion et  
perspectives*

Les composés chimiques actifs extraits de plantes médicinales et aromatiques ont fait l'objet de multiples projets de recherche ces dernières années. Ces plantes sont considérées pour les chercheurs comme une usine chimique naturelle dont il faut tirer le maximum de profit.

Cette étude a eu pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance de la phytochimie et les activités biologiques de *Lantana camara* L. qui fait partie à la famille des Verbenaceae.

Dans le présent travail, les rendements des extraits ont montrés une rentabilité importante pour l'extrait moyennement polaire (chloroformique), moyenne pour les extraits polaires (aqueux et méthanolique) et faible pour l'extrait apolaire (éther de pétrole).

L'estimation quantitative des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tanins hydrolysables dans les quatre extraits, montre que l'extrait méthanolique et chloroformique sont plus riches en ces métabolites par rapport aux extraits aqueux et éther de pétrole. De plus, la plante contient une teneur en glucose égale à 3,92 mg/ml.

L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de piégeage du radical libre 1,1-diphényle-picryl-hydrazyl (DPPH) et la méthode de réduction du fer (FRAP) a montré que les extraits méthanolique et éther de pétrole sont plus actifs que les autres.

La méthode de diffusion en milieu solide a été utilisée pour étudier l'activité antibactérienne des quatre extraits. Les résultats obtenus montrent que l'extrait méthanolique possède le pouvoir antibactérien le plus puissant sur la souche *Staphylococcus aureus* dont le diamètre de la zone d'inhibition de la croissance est de 12.01 mm à la concentration 1mg/ml. Il est important de noter que le diamètre de la zone d'inhibition est en relation avec la concentration en extrait.

L'activité hémolytique des extraits chloroformique, éther de pétrole, méthanolique et aqueux des feuilles de *Lantana camara* L. est évaluée *in vitro* en mesurant la libération d'hémoglobine des globules rouges à 540 nm. Les résultats obtenus nous ont permis de classer l'effet hémolytique des différents extraits testés comme suit : Extrait chloroformique > extrait éther de pétrole > extrait aqueux > extrait méthanolique.

L'évaluation de l'activité anticoagulante des différents extraits a été effectuée, *in vitro*, vis-à-vis la voie endogène et la voie exogène de la coagulation à l'aide de deux tests chronométriques, le temps de Quick (TQ) et le temps de Céphaline kaolin (TCK). Les résultats obtenus montrent que les quatre extraits sont capables de prolonger le temps de coagulation du sang de façon très importante ; et que cette prolongation est en fonction du volume en extrait.

L'effet insecticide et larvicide des différents extraits a été testé par la méthode du contact direct sur des insectes et des larves de l'espèce *Tribolium castaneum*. Les résultats obtenus prouvent le pouvoir insecticide et larvicide des différents extraits ; et montre que l'extrait méthanolique est le plus puissant sur ces individus, et qui il est capable de provoquer une mortalité totale après 72 heures de contact à la concentration 1mg/ml

Le potentiel allélopathique de l'extrait aqueux de cette plante a été testé sur le pouvoir germinatif et de croissances de quatre espèces, qui présentent un intérêt économique pour l'homme et trois espèces adventices. Les résultats obtenus ont montré l'effet inhibiteur qui peut jouer cet extrait sur les différents paramètres étudiés. Cet effet inhibiteur est également prouvé lorsque on a mélangé la poudre de cette plante avec le sol utilisé ensuite pour le semis des graines des mêmes espèces.

La conservation des graines des céréales et des légumineuses dans la poudre des feuilles de cette plante, pendant une période de 8 mois, nous a permis de prouver sa capacité de protéger ce genre de graines contre les insectes ravageurs, sans altérer leur pouvoir germinatif.

Les résultats obtenus dans cette étude sont encourageants. Cependant, ils restent préliminaires, et pour plus d'efficacité il est nécessaire d'encourager des études complémentaires et approfondies. Ainsi, de nombreuses perspectives peuvent être envisagées :

- Des études à l'échelle moléculaire pour déterminer les composés de *Lantana camara* qui peuvent être responsables des différentes activités.
- Elargir le panel des activités antioxydantes in vitro et in vivo
- Effectuer d'autres tests biologiques: anti-tumoral, anticancéreux et anti-inflammatoire
- Approfondir les tests insecticides et larvicides par les essais sur d'autres espèces de ravageurs, et rechercher et isoler les molécules responsables de ces activités.

*Références  
bibliographiques*

### A

- Abarahim D., Braguini W.L., Kelmer-Bracht A.M., Ishii-Iwamoto E.L., (2000).** Effect of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. *J. Chemical Ecol.* 26: 611- 624
- Abdel-Hady N.M., Abdel-Halim A. S., Al-Ghadban, A. M., (2005).** Chemical composition and insecticidal activity of the volatile oils of leaves and flowers of *Lantana camara* L. cultivated in Egypt. *Journal Egyptian Soc Parasitology* 35(2): 687-698.
- Abbot W.S., (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.*, 18,265-267.
- Aberoumand A, Deokule SS (2008).** Comparison of phenolic compounds of some edible plants of Iran and India. *Pakistan J Nut*;7:582–585.
- Abiyu Enyew and Nagappan Raja., (2015).** Allelopathic Effect of *Lantana camara* L. Leaf Powder on Germination and Growth Behaviour of Maize, *Zea mays* Linn. and Wheat, *Triticum turgidum* Linn. Cultivars. *Asian Journal of Agricultural Science* 7(1): 4-10.
- Abugre S., Apetorgbor A.K., Antwinaa A., Apetorgbor M.M., (2011).** Allelopathic effects of ten tree species on germination and growth of four traditional food crops in Ghana. *J Agric Technol* 7 (3) : 825 – 834.
- Achach N., (2006).** Stress oxydatif et angor instable. Mémoire de fin d'études pharmaceutiques faculté de pharmacie de Monastir Tunisie.
- Achhireddy N.R., Singh M., (1984).** Allelopathic effect of *Lantana* (*Lantana camara*) on milk weed vine (*Morrenia odorata*). *J. Weed Sci.*, 32 : 757-761
- Achhireddy N.R., Singh M., Nary S (1985).** Isolation and partial characterization of phytotoxic compounds from *Lantana* (*Lantana camara* L.). *Journal of Chemical Ecology.*, (11): 979-988.
- Akhtar Y., Yeoung Y.R., Isman M.B., (2008).** Comparative bioactivity of selected extracts from Meliaceae and some commercial botanical insecticides against two noctuid caterpillars, *Trichoplusia ni* and *Pseudaletia*. *Phytochem Rev* 7(1):77–88
- AL-SNAFI ALI ESMAIL., (2019).** Chemical constituents and pharmacological activities of *Lantana camara* – A REVIEW. *Asian J Pharm Clin Res*, Vol 12, Issue 12, 2019, 10-20)
- Ambika S.R., Poornima S., Palaniraj R., Sati S.C., Narwal S.S. (2003).** Allelopathic plants: *Lantana camara*. *Allelopathic J* 12 (2) : 147 – 162.

- Anaya A.L., et Pelayo-Benavides H.R., (1997).** Allelopathic potential of *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae): Effects on germination, growth and cell division of some plants. *Allelopathy J.* 4:57-68.
- Aravodis E., (2005).** Antioxydant potential of African medicinal plants. *African Journal of Biotechnology.* Pp128-133
- Arpana Mishra., (2015).** Allelopathic properties of *Lantana camara*. *Int. Res. J. Basic Clin. Stud.* 3(1):13-28.
- Arpana Mishra., (2014).** Allelopathic properties of *Lantana camara*: A REVIEW ARTICLE. *International Journal of Innovative Research and Review* ISSN: 2347 – 4424
- Asadu C.L. , C.A. Anosike, P.N. Uzoegwu, O. Abonyi, A.L. Ezugwu and R.I. Uroko (2015).** In vitro Antioxidant Activity of Methanol Extract of *Lantana camara* Leaves. *Global Veterinaria* 14 (4): 595-602, 2015
- Asara., (2016).** Guide de stockage des céréales et légumineuses. L'Union Européenne et Madagascar. Madagascar. 17 ; 18p.
- Athukorala Y., Lee K.W., Kim S.K., Jeon Y.J., (2007).** Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea. *Bioresource Technology;* 98:1711–1716.
- Audigié C., Figarella J., Zonszain F., (1978).** Manipulation d'analyse biochimique. Doin Edition, Paris. P 247

### **B**

- Baars J-R., (2003).** Geographic range, impact, and parasitism of lepidopteran species associated with the invasive weed *Lantana camara* in South Africa. *Biological Control* 28: 293–301
- Baars J-R., Hill M.P., Heystek F., Nesar S., Urban A.J., (2007).** Biology, oviposition preference and impact in quarantine of the petiole-galling weevil, *Coelocephalopion camaracae* Kissinger, a promising candidate agent for biological control of *Lantana camara*. *Biological Control* 40: 187–195
- Baba Aissa F., (2000).** Encyclopedie des plantes utiles. Ed. Librairie moderne, Rouiba, 368 p
- Badiaga M., (2012).** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea la tifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de doctorat, Mali.p184.

- Bae J., (2011).** Antithrombotic and profibrinolytic activities of phloroglucinol. Food and Chemical Toxicology, 2011. 49: 1572-1577.
- Badakhshan Mahdi-Pour., Subramanion L Jothy., Lachimanan Yoga Latha., Yeng Chen., Sreenivasan Sasidharan., (2012).** Antioxidant activity of methanol extracts of different parts of *Lantana camara*. Asian Pac J Trop Biomed. 2012 Dec; 2(12): 960–965.
- Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Vasseur J., Cazin M., Cazin J. C., Pinkas M., (1996).** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. Arznei. Forschung.; 46: 1086-1089
- Bansal G.L., (1998).** Allelopathic effect of *Lantana camara* on rice and associated weeds under the midhill conditions of Himachal Pradesh, India. In: Olofsdotter, M. (ed.), Proceedings of the Workshop on Allelopathy in Rice. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. pp. 133–138.
- Barbosa D. S (2007).** Green Tea Polyphenolic Compounds and Human Health. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, J. Verbr. Lebensm. 2, 407- 413P.
- Barceloux D.G., (2008).** Medical Toxicology of Natural Substances: Foods, Fungi, Medicinal Herbs, Plants, and Venomous Animals. John Wiley and Sons 2008; pp. 867-868. ISBN 9780471727613.
- Barreto F.S ., , Sousa E.o., Campos A.r., Costa J.g.m., Rodrigues F.f.g., (2010).** Antibacterial activity of *Lantana camara* Linn and *Lantana montevidensis* Brig extracts from Cariri-Ceará, Brazil. Journal of Young Pharmacists. 2 (1); 2010: 42-44.
- Beckman K B et Ames B N (1998).** The Free radical theory of aging matures. Physiological Reviews,78(2), 547-581.
- Begum S., Wahab A., Siddiqui B. S., (2002).** Three new pentacyclic triterpenoids from *Lantana camara*. Helvetica Chimica Acta, 85; 2002: 2335-2341
- Bendaif H., (2018).** séparation et évaluation biologique et toxicologique des fractions simplifiées et de certains composés alcaloïdiques de *pancratium foetidum* pom (amaryllidacee endémique du maroc) et l'étude du criblage moléculaire par la méthode du docking. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences-Oujda.179P.
- Bendif, H. (2017).** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques *Lamiaceae*: *Ajuga iva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr. Thèse de doctorat. Kouba,Alger.199P.

- Benwqhi K (2001).** Contribution à l'étude des flavonoïdes dans la plante cynodon Dactylon L chiendent, mémoire de magister. Université d'Ouargla. P15 – 17.
- Ben Khetou H., (2010).** Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'*Agrania spinosa* L. (SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla. Mémoire ing. éco., univ. Ouargla.
- Benslama A (2016).** Cours substances d'origine végétale. Université Mohamed Khider-Biskra
- Bhagwat S.A., Breman E., Thekaekara T., Thornton T.F., Willis K.J., (2012).** Report on Two Centuries of Invasion and Management of *Lantana camara* L. in Australia, India and South Africa. PLoS ONE, 7(3): 1-10.
- Bhakta D., Ganjewala D., (2009).** Effect of leaf positions on total phenolics, flavonoids and proantho-cyanidins content and antioxidant activities in *Lantana camara* L. Journal of Scientific Research, 2009; 1(2): 363-369.
- Bidie A.P., N'Guessan B.B., Yapo A.F., N'Guessan J.D., Djaman A.J., (2011).** Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. Sciences et Nature. Pp 1-11
- Bindu Vijay., Jain B.K., (2009).** Allelopathic effects of *Lantana camara* L. on in vitro seed germination of *Phaseolus mungo*. International Journal of Plant Sciences, (January to June, 2010) Vol. 5 Issue 1 : 43-45.
- Binggel P., D., Desalegn (2002).** *Lantana camara*: The invasive shrub that threat to drive people out of their land. Newsletter of the Ethiopia Wild Life and Natural History Society April-June, pp. 4-6.
- Boulekbache L., (2005).** Profil GC-MS des polyphénols d'une plante médicinale : *Eucalyptus globulus*. Thèse de Magister. Université de Bejaïa, p71
- Bozin Biljana ., Neda Mimica-Dukic., Isidora Samojlik., Goran T Anačkov., (2008).** Phenolic as antioxidant in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). Food Chemistry 111(4):925-929
- Brigelius-Flohe R., et Traber M. G., (1999).** Vitamin E: function and metabolism. FASEB J 13(10): 1145-1155
- Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. Paris. Lavoisier.200P.
- Bukolova T.P., (1971).** A study of the mechanism of action of water-soluble substances of weeds on cultivated plant. In: Grodzinsky, A.M. (ed), Physiological, Biochemical Basis of Plant Interaction in Phytocenoses, pp. 66 – 69, Naukova Dumka, Kiev.

**Burns D., (2001).** Storey's Horse-Lover's Encyclopedia: an English and Western A-to-Z Guide. Storey Publishing 2001; 302. ISBN 9781580173179

### C

**Calera M.R., Mata R., Anaya A.L., Lotina-Hennsen B., (1995).** 5-O-B-D galactopyranosy 1-7-methoxy-3'4' dihydroxi-4-fenilcumarin, an inhibitor of photophosphorylation in spinach chloroplast. *Photosynthesis Res.* 45:105-110.

**Carstairs S.D., Luk J.Y., Tomaszewski C.A., Cantrell F.L., (2010).** Ingestion of *Lantana camara* is not associated with significant effects in children. *Pediatrics* 2010; 126: e1585-8

**Chaves D. S. A., Costa S. S., Almeida A. P., Frattani F., Assafim M., Andzingali, R. B., (2010).** Metabólitos secundários de origem vegetal: uma fonte potencial de fármacos antitrombóticos, *Quim. Nova.*, 2010, 33, 172-180.

**Chatterjee R., (2015).** Impact of *Lantana camara* in the Indian society. *International journal of environment*, 4(2): 348 - 354.

**Chung Y.C., Chang C.T., Chao W.W., Lin C.F., Chou S.T., (2002).** Antioxydative activity and safety of the 50% ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. Pp 2454-2458.

**Cillard J., et Cillard P., (2006).** Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydants: Oléagineux, Corps Gras, Lipides : 2006 ; 13 : 24-9

**Cilliers C.J (1983).** The weed, *Lantana camara* L., and the insect natural enemies imported for its biological control into South Africa. *J. Entomol. Soc. South Afr.* 46, 131–138.

**Cilliers C.J., Neso S., (1991).** Biological control of *Lantana camara* (Verbenaceae) in South Africa agriculture. *Ecosystems and Environment*, 37 ( 1991 ) 57-75

**Clément A. E., Aristide M. S., Abakar A., Eugène N., (2011).** Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne de cinq plantes de la pharmacopée traditionnelle de l'Adamaoua (Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology* 2011 Vol. 07 N°01, 22-27.

**Côme D., (1970).** Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale n° 6). Éd. Masson et Cie (Paris), pages 14, 24 et 27.

**Couto R.O., Conceicao E.C., Chaul L.T., Oliveira E.M.S., Martins F.S., Bara M.T.F., Rezende K.R., Alves S.F., Paula J.R., (2012).** Spray-dried rosemary extracts: Physicochemical and antioxidant properties. *Food Chemistry*. 131, 99–105

**Croizat P., Favre-Gilly J., Thouverez J.P., (1968).** Hémostase et coagulation (techniques usuuelles). Ed. Tourelle, Saint-Mandé, pp: 97-118.

**Cruz-Ortega R., Anaya A.L., Hernandez-Bautista B.E., Laguna- Hernandez G., (1998).** Effect of allelochemical stress produced by *Sicyos deppei* on seedling root ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* and *Cucurbita ficifolia*. *J. Chem. Ecol* 24:2039-2057.

**CSIR (1962).** *Lantana* Linn. (Verbenaceae) in *The Wealth of India: A Dictionary of Raw Materials and Industrial products*, vol VI. ed. B. N. Sastri. New Delhi: Council of Scientific and Industrial Research, pp. 31–34.

### D

**Dacosta Y., (2003).** Les phytonutriments bioactifs. Edition Yves Dacosta. Paris. P317.

**Daels-rakotoarison D., (1999).** Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, université de Lille-II, France.

**Day M.D., juge W., Playford J., Député de Zalucki., (2003).** *Lantana*: Statut de gestion actuelle et perspective d'avenir. Centre australien ou RES Agricole Internationale earch: Canberra. P8.

**Day Michael D., Zalucki Myron P., (2009).** *Lantana Camara* Linn. (Verbenaceae). 10.1017 / CBO9780511576348.012.

**Day Michael D., Nesar Stefan., (2000).** Factors influencing the Biological Control of *Lantana camara* in Australia and South Africa; pp. 897-908

**Delattre J., Beaudoux J.L., Bonnefont- Rousselot D. (2005).** Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques. Pp1-23.

**Dillemann Georges., (2014).** Plantes médicinales et principes actifs. La notion de race chimique. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 108:sup1, 30-38, DOI: 10.1080/00378941.1961.10838059

**De Pooter H.L., Schamp N., 1986.** Comparaison of the volatils composition of some *Calamintha satureja* species. In : *Progress in essential oil research*. Edition E-J. Brunk, Walter De Gruyter. Berlin. Pp139-150.

**Diallo D., (2005).** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineese* Willd (Myrtaceae). Thèse de doctorat. Bamako. P99

**Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K., Maiza A., (2004).** Etude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritana* Lam (Rhamnaceae) utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au mali. p1073-1080.

**Dilip Gorai., Shyamal K., Jash, Rajiv Roy., (2016).** Ethnopharmacological, phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Lantana camara* L.: A

comprehensive Review. *Advances in Biomedicine and Pharmacy (An International Journal of Biomedicine, Natural Products and Pharmacy)* 3:5 (2016) 328-357

**Ding J., Sun Y., Xiao C.L., Shi K., Zhou Y.H., Yu J.Q., (2007).** Physiological basis of different allelopathic reactions of cucumber and finger gourd plants to cinnamic acid. *J. Experimental. Botany* 227: 1-9

**Dohou N., Yammik Gméran., Idrissi Hassani L. M., (2003).** Etude de polyphénols des feuilles d'une endémique ibéro marocaine, *thymelaea lychroides*. *Actobotanica Malacitana*. p233-239.

**Donald P., (2000).** Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. Briskin. American Society of Plant Physiologists.

**Dronamraju K.R., (1958).** The visits of insects to different coloured flowers of *Lantana camara* L. *Curr. Sci.* 11, 452–453.

**Dua V.K., Pandey A.C., Dash A.P., (2010).** Adulticidal activity of essential oil of *Lantana camara* leaves against mosquitoes. *Indian J Med Res* 131: 434-439

**Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A., Smith F., (1956).** Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances *Analytical chemistry*. Pp 350-356.

**Duggin J.A and Gentle C.B (1998).** Experimental evidence on the importance of disturbance intensity for invasion of *Lantana camara* L. in dry rainforest–open forest ecotones in north-eastern NSW, Australia. *For. Ecol. Manag.* 109, 279–292

**Dutertre J.M., (2011).** Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Univ. Bordeaux 2-Victor Segalen U.F.R des sciences médicales, France, 33 p.

## **E**

**El Haib A (2011).** Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse de doctorat. L'université de Toulouse, 195P.

**El-Sayed Mortada M., Maher M. Hashash., Afaf A. Abdel-Hady , Heba Abdel-Hady , Ezzat E. Abdel-Lateef., Eman A.Morsi., (2017).** Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of *Lantana camara* and *Cucurbita pepo* (SQUASH) extracts as well as GC-MS analysis of *Lantana camara* essential oils. *World Journal of Pharmaceutical Research*. Volume 6, Issue 1, 137-153

**Eman T. El-Kenany , Salama M. El-Darier., (2013).** Suppression effects of *Lantana camara* L. aqueous extracts on germination efficiency of *Phalaris minor* Retz. and *Sorghum bicolor* L. (Moench). Journal of Taibah University for Science 7 (2013) 64–71.

**Erlânio O., Sousa O., and José G.M., (2012).** Genus *Lantana*: chemical aspects and Biological activities. Brazilian Journal of Pharmacognosy, 22(5), 1155-1180P

**Everist S.L (1981).** Poisonous Plants of Australia, rev. edn. Angus et Robertson, Sydney.

### F

**Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdelly C., (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. C. R. Biologies. Pp372-379

**Fariba M., Javad K., Muhammad A.B., (2007).** Allelopathic potential of *Trifolium resupinatum* L. and *Trifolium alexandrum*. Weed Biol Manage 7 : 178 – 183.

**Favier A., (2003).** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique : l'actualité chimique 2003.

**Fazeli M.R., Amin G., Ahmadian-Attari M. M., Ashtiani H., Jamalifar H., Samadi N., (2007).** Antimicrobial activities of Iranian sumac and avishan-e shirazi (*Zataria multiflora*) against some food-borne bacteria. Food Control. Pp646-649.

**Ferrari J., (2002).** Contribution à la connaissance du métabolisme secondaires des Thymelaceae et investigation phytochimique de l'une d'elle: *Gnidia involucreta* Steud. ex A. Rich. Thèse de doctorat. Lausanne. P242.

**Francis G., Kerem Z., Makkar H.P., Becker K., (2002).** L'action biologique des saponines dans les systèmes animaux: une revue. British Journal of Nutrition., 2002, 88:580- 605.

### G

**Galindo J.C.C., Hernandez A, Dayan F.E, Tellez M.R, Macias F.A, Paul R.N, Duke S.O (1999).** Dehydrozalone, a natural sesquiterpenolide, causes rapid plasma membrane leakage. Phytochemistry 52: 805-813.

**Gakuru Semacumu., Kulimushi E., Bahige P., (2011).** Etude de l'efficacité des poudres de quelques plantes locales dans la lutte post récolte contre les insectes ravageurs des graines

de maïs (*zea Mays*) en conservation à Goma. Cahiers Africains des droits de l'homme et de la démocratie.

**Ganesh T., Saikat Sen., Thilagan., (2010).** Pharmacognostic and anti-hyperglycemic evaluation of *Lantana camara* var. aculeate leaves in alloxan-induced hyperglycemic rats. Int. Jour. Res. Pharm. Sci., 1: 247-252.

**Ganjewala D., Sam S., Khan K.H., (2009).** Biochemical compositions and antibacterial activities of *Lantana camara* plants with yellow, lavender, red and white flowers. EurAsian Journal of BioSciences. 3; 2009: 69-77.

**Gaurav Kumar, Loganathan Karthik, Kokati Venkata Bhaskara Rao (2011).** Haemolytic activity of Indian medicinal plants toward human erythrocytes: an in vitro study. Elixir Appl. Botany 40 (2011) 5534-5537

**Georgantelis D., Ambrosiadis I., Katikou P., Blekas G., Georgakis S.A., (2007).** Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. Meat Science. Pp172-181.

**Gerotziafas G.T, Petropoulou A. D., Verdy E., Samama M.M., Elalamy I.,(2007).** Effect of the anti-factor Xa and anti-factor IIa activities of low-molecular-weight heparins upon the phases of thrombin generation. J Thromb Haemost. Jun;5(6):1343

**Ghisalberti E.L., (2000).** *Lantana camara* (Verbenaceae). Fitoterapia 71,467–486.

**Gomes de Melo J, de Sousa Araújo T.A., Thijan Nobre de Almeida e Castro V., Lyra de Vasconcelos Cabral D., do Desterro Rodrigues M., Carneiro do Nascimento S.,(2010)** Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi-arid Brazil. Molecules; 15: 8534-42.

**Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A., (2006).** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. Pp1220-1234.

**Goncalves E., Herrera I., Duarte M., Bustamante R.O., Lampo M., Velasquez G., Sharma G.P., Garcia-Rangel S., (2014).** Global Invasion of *Lantana camara*: Has the climatic niche been conserved across continents?. PLoS ONE, 9(10): 1-11

**Gopieskhanna V., and K. Kannabiran., (2007).** Larvicidal effect of *Hemidesmus indicus*, *Gymnema sylvestre*, and *Eclipta prostrata* against *Culex quinquefasciatus* mosquito larva. African J. Biotech., 6(3): 307-311.

**Goudable, J. & Favier, A. (1997).** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. Nutrition Clinique et Métabolisme 11, 115-120.

- Goulson D., and Derwent L. C., (2004).** Synergistic interactions between an exotic honeybee and an exotic weed: pollination of *Lantana camara* in Australia. *Weed Research*, 44(3): 195-202.
- Graaff J.L., (1986).** *Lantana camara*, the plant and some methods for its control. *South Afr. For. J.* 13, 26–30.
- Greathead, D. J. (1968).** Biological control of *Lantana*. A review and discussion of recent developments in East Africa. *PANS (C)*, 14, 167–175.
- Gueye Sabelle (2008).** Activité insecticide des extraits et huiles essentielles de *Lantana camara* L. et d'*Annona senegalensis* Pers. contre *Caryedon serratus* Ol., ravageur des stocks d'arachide. Thèse doctorat
- Guignard J.L., (1996).** Biochimie végétale. Ed. Masson, Paris. France. 274 p.
- Gujral G.S., Vasudevan P., (1983).** *Lantana camara* L., a problem weed. *J. Sci. Indust. Res.* 42, 281–286.
- Gutteridge J.M.C., (1993).** Free-radicals in disease processes—A compilation of cause and consequence. *Free Radical Research Communications*, 19, 141-158.

### H

- Hafiane N., Ounnas D., (2018).** Contribution à la recherche de l'effet indésirable (hémolytique) de la partie aérienne des trois plantes médicinales in vitro *Origanum Vulgare*, *Lavandula Steochas* et *Ammoides verticillata*. Université l'Arbi ben mhidi oum El Boueguie., 2018, P 6-36.
- Hag E.L., E.A. Nadi A.H., El A.A., Zaitoon., (1999).** Toxic and growth retarding effects of 3 plant extracts on *Culex pipiens* larvae (Diptera : Culicidae). *Phytother. Res.*, 13: 388-392.
- Halliwell B., and Gutteridge J. M., (1990).** Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymol* 186: 1-85
- Han N., Gu Y., Ye C., Cao Y., Liu Z., Yin J., (2012)** Antithrombotic activity of fractions and components obtained from raspberry leaves (*Rubus chingii*). *Food Chemistry*, 132: 181-185.
- Harborne J.B., Williams C.A., (2000).** Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* ;55:481–504
- Hartmann T., (2007).** From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*. p68,2831–2846
- Hayma J.,** Le stockage des produits agricoles tropicaux, Wageningen, Pays-Bas, 1989.

**Hilge, L. (1985).** Visiting insects and the reproductive efficiency of *lantana camara* verbenaceae. *Brenesia* (23): 293-300

**Hinneburg I., Dorman H.J.D., Hiltunen R., (2006).** Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food chemistry*, 97, 122-129.

**Hiremath J., Sundaram B., (2005).** The fire-Lantana cycle hypothesis in Indian forests. *Conservation and Society*, 3: 26–42

**Hossain M.K., Alam M.N., (2010).** Allelopathic Effects of *Lantana camara* leaf extract on germination and growth behavior of some agricultural and forest crops in Bangladesh. *Pak J Weed Sci Res* 16(2):217–226.

**Howard, R.A. (1970).** *Lantana camara*—a prize and a peril. *American Horticultural Magazine* 49, 31

### I

**Irvine, F.R., (1961).** *Woody Plants of Ghana with Special Reference to Their Uses.* Oxford University Press, London, 143-144.

**Isman M. B., (2006).** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, 51:45-66.

### J

**Jain R., Singh M., Dezman D., (1989).** Qualitative and Quantitative characterization of Phenolic compounds from *Lantana (Lantana camara)* leaves. *Weed Sci.*, 37:302-307.

**Jain Shoun., Itoria Priyank., Joshi Amit., Dueby B.K., (2011).** Pharmacognostic and phytochemical evaluation and antipyretic activity of leaves of *Lantana camara*. *Inter. Jour. Bio. Ad. Res.*, 02- 08.

**Jabeen N. and Romel M., (2009).** Possible allelopathic effect of three different weeds on germination and growth of maize (*Zea mays*) cultivars. *Pakistan Journal of Botany.*, (41): 1677-1683

**Jajati Pramanik, Indrajit Giri, Targeted (2018).** Anti diabetic activity of *lantana Camara*: A review. *International Journal of Botany Studies*, Volume 3, Issue 4, 2018, Pages 09-11

**Jo-Ann T. Salada., Lotis M. Balala., Erlinda A. Vasquez., (2015).**Phytochemical and Antibacterial Studies of *Lantana camara* L. Leaf Fraction and Essential Oil.

**Joly A.B., (1993).** Introdução à Taxonomia Vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional

### K

**Kahouli I., (2010).** Effet antioxydant d'extraits de plantes (*Laurus nobilis* L., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Oléa europea* L.) dans l'huile de canola chauffée . Thèse de Maître des sciences en génie-agroalimentaire. Université Laval Québec .

**Kalita S., Kumar G., Karthik L., Bhaskara Rao K.V., (2012).** Article de révision Examen des propriétés médicinales de *Lantana camara* Linn. 0974-3618.

**Karumi Y., Onyeyili P.A., Oyugbuaja V.O., (2004).** Identification of active principals of *M. Balsaia* (Balsam Apple) leaf extract. J. Med .Sci. p179-182.

**Kellerman T.S., Coetzer J.A.W., (1984).** Hepatogenous photosensitivity diseases in South Africa. Tech. Commun. No. 193, Department of Agriculture, Republic of South Africa, 23

**Khan M., Srivastava S.K., Syamasundar K.V., Singh M., Naqvi A.A., (2002).** Chemical composition of leaf and flower essential oil of *Lantana camara* from India”, *Flavour and Fragrance Journal.*, 17; 2002: 75–77.

**Khandakar A., Bradbear J., (1983).** Jute Seed Quantity. Bangladesh Agriculture Research Council, Dhaka.

**Kholkhal Fatima., (2012).** Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* ssp *coloratus* et ssp *euciliatus*. Thèse doctorat, université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. P 4.

**Khoshoo T.N., MAHAL C., (1967).** Versatile reproduction in *Lantana camara*. *Curr. Sci.* 37: 201-203.

**Kim M.S., Lee K.A., (2006).** Antithrombotic activity of methanolic extract of *Umbilicaria esculenta*. *Journal of Ethnopharmacology*, 105: 342-345.

**Kinna C., (2005).** Les graines germées. Chantal et Lionel Clergeaud, Dangles.6p.

**Kohli R.K., Batish D.R., Batish H.P., Singh H.P., Dogra K.S., (2006).** Status, invasiveness and environmental threats of three tropical American invasive weeds (*Parthenium hysterophorus* L., *Ageratum conyzoides* L., *Lantana camara* L.) in India. *Biol Invas* 8: 1501-1510.

- Kong C.H., P. Wang, C.X. Zhang, M.X. Zhang, F.Hu., (2006).** Herbicidal potential of allelochemicals from *Lantana camara* against *Eichhornia crassipes* and the alga *Microcystis aeruginosa*. *Weed Res.*46:290-295.
- Kugler H., (1980).** On the pollination of *Lantana camara* L. *Flora* 169: 524–529
- Kumar G., Karthik L., Rao K.V.B., (2010).** Phytochemical composition and in vitro antimicrobial activity of *Bauhinia racemosa* Lamk (Caesalpinaceae). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.* 1 (11); 2010: 60-67.
- Kumar K.H.N., Rakshitha H.R., Navyashree S.N., Chauhan J.B., (2012).** *In-vitro* antioxidant studies of *Pritchardia arecina*. *Int J Pharm Sci Drug Res.* ;4(2):140–142
- Kumar M.S., and Maneeme galai S., (2008).** Evaluation of larvicidal effect of *Lantana camara* Linn. against mosquito species *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Advances in Biological Research* (2): 39-43.
- Kumar P. V., Chauhan N. S., Padh, H. M., Rajani M., (2006).** Search for antibacterial and antifungal agents from selected Indian medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.* 107, 182–188.
- Kumar Anil., Ranjan Kumar., Saikia Sahoo., (2011).** La composition chimique et l'activité antibactérienne des L'huile essentielle de *Lantana camara* L. *Middle - Est Journal de la recherche scientifique*, 8 (3), 2011, 602
- Kunkele U, Lobmeyer T.R., (2007).** *Plantes médicinales, Identification, Récolte, Propriétés et emplois.* Edition parragon Books L tol :33 \_ 318.

### L

- Lapornik B., Prosek M. ET Wondra A.G., (2005).** Comparaison of extracts prepared from plant by- products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering.* 71: 214-222.
- Labruzzo A. , Carrubba A. , Marco G. di., Ebadi M. T., (2017).** Herbicidal potential of aqueous extracts from *Melia azedarach* L., *Artemisia arborescens* L., *Rhus coriaria* L. and *Lantana camara* L. *Journal article : Allelopathy Journal* 2017 Vol.41 No.1 pp.81-92
- Laurent E., (1991).** Eléments minéraux in : *Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires.* Edition Lavoisier. Paris, Pp 78-98.
- Lee W., Yang E. J., Ku S. K., Song K. S., Bae J. S., (2012).** Anticoagulant activities of oleanolic acid via inhibition of tissue factor expressions, *The Korean Society for Biochemistry and Molecular Biology*, 2012 18, 390-395.

- Leinmuller E., Steingass H., Menke K.H., (1991).** Tannins in feeds for ruminants. II Effects on rumen metabolism in vitro. *Übersichten Tierernähr.* 1991; 19: 45-70
- Lehman M.E. and Blum U., (1999).** Evaluation of ferulic acid uptake as a measurement of allelochemical dose: Effective concentration. *J. Chemical Ecol.* 25: 2585-2600
- Leopoldini M., Russo N., Toscano M., (2011).** The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry.* Pp288-306.
- Li H.B., Cheng K.W., Wong C.C., Fan K.W., Chen F., Tian Y., (2007).** Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. *Food Chemistry.* Pp 771- 776
- Li H.B., Wong C.C., Cheng K.W., Feng C., (2008).** Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *Lebensmittel-Wissenschaft and technology.*Pp 385-390.
- Liu L., Ma H., Yang N., Tang Y., Guo J., Tao W., Duan J., (2010).**A series of natural flavonoids as thrombin inhibitors: Structure-activity relationships. *Thrombosis Research,* 126: e365-e378.
- Luis J. C., Johnson C. B., (2005).** Seasonal variations of rosmarinic and carnosic acids in rosemary extracts. Analysis of their in vitro antiradical activity. *Spanish Journal of Agricultural Research .* 3(1), 106-112.
- Lucienne Bézanger-Beauquesne., (1958).** Les alcaloïdes dans les plantes, *Bulletin de la Société Botanique de France,* 105:5-6, 266-291
- Luthria D.L., (2008).** Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid extractor. *Food Chemistry .*107, 745–752
- Liyana-Pathirana C. M., and Shahidi F., (2005).** Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats (*Triticum aestivum*L.) and their milling fractions. *J. Sci. of Food and Agriculture.* 86: 477-485.

## M

- Maaoui, M. (2014).** Atlas Ornementales Plantes Des Ziban. Edition CRSTRA. P126- 127

- Makkar H., and Becker K., (2017).** Degradation of quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes. *Letters in Applied Microbiology*, 25(4), 243-245.
- Mamta Saxena., Jyoti Saxena., Sarita Khare., (2012).** A brief review on: Therapeutical values of *Lantana camara* plant. *International journal of pharmacy and life sciences* ISSN: 0976-7126.
- Maiti P.P., Bhakat R.K., Bhattacharjee A., (2008).** Allelopathic effects of *Lantana camera* on physiobiochemical parameters of *Mimosa pudica*. *Allelopathy J.*, 22 :1-2.
- Marc F., Davin A., Deglène-Benbrahim L., Ferrand C., Baccaunaud M., Fritsch P., (2004).** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans lesaliments. *Medecine/Sciences*, 20, 458-463.
- Martinez-Cayuela M (1995).** Oxygen free radicals and human disease. *Biochem.*77: 147-161.
- Mary Kensa V., (2011).** Studies on phytochemical screening and antibacterial activities of *Lantana camara* LINN. *Plant Sciences Feed* 2011 - 1 (5): 74-79,ISSN : 2231 – 1971
- Mathur G. and Mohan Ram H.Y., (1986).** Floral biology and pollination of *Lantana camara* .*Phytomorphology* 36, 79–100
- Mayee R., Thosar A., (2011).** Evaluation of *Lantana camara* Linn. (Verbenaceae) for antiurolithiatic and antioxidant activities in rats. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 2011; 3 (1):10-14
- Michelin, Severino Carlos., (1987).** *Aspectos bioquímicos de la oncogénesis viral en células de mamíferos*. Diss. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 1987.
- Mieszczanek J., Harrison L. M., Vlasuk G.P., Cappello M (2004).** Anticoagulant peptides from *Ancylostoma caninum* immunologically distinct and localize to Separate structures within the adult hookworm. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 2004. 133: 319-323
- Middleton J.R., Chithan K., (1993).** The impac of plant flavonoids on mam-malian biology implication for immunity, inflammation and cancer.

**Mindiédiba.J. Bangou., N. Almaraz-Abarca., N.T.R. Méda., B. Zeba., M. Kiendrebéogo., J. Millogo-Rasolodimby., O. G. Nacoulma., (2012).** Polyphenolic composition of *Lantana camara* and *Lippia chevalieri*, and their antioxidant and antimicrobial activities. *International Journal of Phytomedicine* 4 (2012) 115-124

**Misra L. and Laatsch H., (2000).** Triterpenoids, essential oil and photo-oxidative 28→13-lactonization of oleanolic acid from *Lantana camara*”, *Phytochemistry*, 54;2000:969-974

**Mole S., Waterman P.G., (1987).** A critical analysis of techniques for measuring tannins in ecological studies II, Techniques for biochemically defining tannins. *Oecologia.*, 72, 148-156.

**Molyneux P., (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2): 211-219.

**Morton J.F., (1994).** *Lantana*, or red sage (*Lantana camara* L. (Verbenaceae)), notorious weed and popular garden flower; some cases of poisoning in Florida. *Economic Botany* 48, 259–270.

**Munir A.A., (1996).** A revision taxonomic of *Lantana camara* L. and *L. montevidensis* Briq. (Verbenaceae) in Australia. *J Adelaide Bot Gard* 17: 1-27

Murali K.S., Setty Siddappa ., (2001). Effect of weeds *Lantana camara* and *Chromelina odorata* growth on the species diversity, regeneration and stern density of tree and shrub layer in BRT sanctuary. *CURRENT SCIENCE*, VOL. 80, NO. 5, 10

**Musyimi D.M., Opande G.T., Jane C., Sikuku P.A., Buyela D.K., (2017).** Antimicrobial potential and screening of phytochemical compounds of *Lantana camara* Linn. 2455-7676.

### N

**Naczk M., and Shahidi F., (2004).** Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054: 95-111.

**Nagumanthri1 , S. Rahiman., B. Ahmad Tantry., P. Nissankararao., M. Phani kumar., (2012).**In vitro Antimicrobial activity of *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia variegata* and *Lantana camara* against some clinical isolated strains. *Iranian Journal of Science & Technology IJST* (2012) A2: 213-2

**Natarajan D., John Britto S., Srinivasan K., Nagamurugan N., Mohanasundari C., Perumal G., (2005).** Anti-bacterial activity of *Euphorbia fusiformis*-A rare medicinal herb. *J Ethnopharmacol.* Pp123-126.

**Neena Priyanka., P. K. Joshi., (2013).** A review of *Lantana camara* studies in India. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 10, October 2013. ISSN 2250-3153

**Ngamo L.S.T, et Hance T.h. (2006).** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. in *Tropicultura*, vol 4, Numéro 25, éd. 2006.

**Nooshin Zandi-Sohani., Mohammad Hojjati., Ángel A., Carbonell-Barrachina (2012).** Bioactivity of *Lantana camara* L. essential oil against *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS). *Chilean journal of agricultural research* 72(4)

**Nsimba R.Y., Kikuzaki H., Konishi Y., (2008).** Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus spp.* seeds. *Food Chemistry*, 106,760-766.

### O

**Ofegolbn O., Anytam J., Onuwa O.P., (2013).** The effect of extraction protocol on the phytochemical and antimicrobial activities of *Lantana camara* leaf extract found within a local environment. *Journal of Basic and Applied Chemistry*, 3(1), 5-10P.

**Ogendo O. J., Belmain S. R., Deng A. L.,Walker D. J.(2011).**Comparison of toxic and repellent effects of *Lantana camara* L. with *Tephrosia vogelii* Hook and a synthetic pesticide against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera : Curculionidae) in stored maize grain. *Insect. Sci. Applic.*, 23 (2) : 137-141

**Ogendo J. O., Deng A. L., Belmain S.R., alker D.J. W., Musandu A. A. O., (2004).** Effect of Insecticidal Plant Materials, *Lantana camara* L. and *Tephrosia vogelii* Hook, on the Quality Parameters of Stored Maize Grains. *The Journal of Food Technology in Africa*, 9 (1):29-36.

**Ojha B.M. and Dayal N. (1992).** Cytological investigations in the genus *Lantana* in India. *Cytologia* 57, 9–13

**O'Neill M.J., Lewis J.A., Noble H.M., Holland S., Mansat C., Farthing J.E., Foster G., Noble D., Lane S.J., (1998).** Isolation of translactone-containing triterpenes with thrombin inhibitory activities from the leaves of *Lantana camara*, Nat. Prod., 61:1328-1331P

**Oyedara O. O., Elufisan T. O., Abioye O. E., Fadare T. O., Adeyemi F. M, (2012).** Phytochemical and Antibacterial Activities of Methanolic Leaf Extract of *Lantana camara* Linn. Instasci. J. of Micro. & Biotech., 2(5), 1-11.

**Özgülven M., Tansi S., (1998).** Drug yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L as in influenced by ecological and ontogenetical variation. The Turkish journal of agriculture and forestry., 22 , 537-542.

### **P**

**Pagano M. E. T., Faggio C., (2015).** The use of erythrocyte fragility to assess xenobiotic cytotoxicity. Cell Biochemistry ET Function., 33:351-355.

**Palsson K., and T.G.T. Janeson., (1999).** Plant products used as Mosquito repellents in Guinea Bissau, West Africa. Acta Tropica, 72: 39-52

**Parsons W.W.T., Cuthbertson E.E.G., (2001).** Noxious Weeds of Australia. Csiro Publishing, Canberra, 534-536

**Patrick M.Q., (2008).**Truffaut Encyclopédie pratique illustrées du jardin. Paris: Larousse. p.

**Pawlaczyk I., Czerchawski L., Kuliczkowski W., Karolko B., Pilecki W., Witkiewicz W., Gancarz R., (2011).** Anticoagulant and anti-platelet activity of polyphenolic-polysaccharide preparation isolated from the medicinal plant *Erigeron canadensis* L. Thrombosis Research, 127: 328-340.

**Pelah D., Z. Abramovich, A. Markus, Z. Wiesman., (2002).**The use of commercial saponin Biosource from *Quillaja saponaria* bark as a natural larvicidal agent against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. Ethnopharmacol., 81(3): 407-409.

**Penuelas J., Ribas-Carbo M., Giles L., (1996).** Effects of allelochemicals on plant respiration and oxygen isotope fractionation by the alternative oxidase. J. Chemical Ecol. 22: 801-805.

**Pham-Huy A.L, He H., Pham-Huy C., (2008).** Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health: Int J Biomed Sci: 2008; 4: 89,96.

**Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K., Defraigne J.O., (2002).** Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante : Nutrition clinique et métabolisme; 16 : 233-239.

**Pramod P.S., Trimbakrao K.S., Vanita A., (2017).** Evaluation of Unsaponified Petroleum Ether Extract of *Lantana camara* L. leaves for Antioxidant Activity and Oxidative Stability. Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research. 51(4):692-9.

**Prasad S., Singh A., Joshi H., (2007).** Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. Resources, Conservation and Recycling 50 (1), 1-39

**Priyanka N., Joshi P. K., (2013).**A review of *Lantana camara* studies in India. International Journal of Scientific and Research Publications, 3(10): 1-11.

### Q

**Qasem J.R., (2006).** Response of onion (*Allium cepa* L.) plants to fertilizers, weed competition duration and planting times in the central Jordan Valley. Weed Biology and Management 6 : 212- 220

### R

**Rabia Naz and Asghari Bano, (2013).** Phytochemical screening, antioxidants and antimicrobial potential of *Lantana camara* in different solvents. Asian Pac J Trop Dis 2013; 3(6): 480-486

**Radunz L.A.J., (1997).** Some aspects of the preferential behaviour of *Teleonemia scriptdosa* Still. towards its host plant *Lantana camara*. Honours Thesis, University of Queensland, 53 pp. (unpublished).

**Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T., (2010).** Activité insecticide de l'extrait de racine de *Decale pishamiltoni* contre les insectes ravageurs des produits stockés et son application dans la protection des grains. J Food Sci Technol.; 43 (3): 310- 314. doi: 10.1007 / s13197-010-0049-6.

**Raghuvanshi S., Sharma P., Singh S., Van Kaer L., Das G., (2010)** Mycobacterium Tuberculosis Evades Host Immunity by Recruiting Mesenchymal Stem Cells. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107, 21653-21658.

**Rao ASVC., Reddy S.G., Babu P.P., Reddy A.R., (2010).** The antioxidant and antiproliferative activities of methanolic extracts from Njavara rice bran. *BMC Complement Altern Med.* 2010;10:4

**Rasooli I., Fakoor M.H., Yadegarinia D., Gachkar L., Allameh A., Rezaei M.B., (2008).** Antimycotoxic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils. *International Journal of Food Microbiology.* Pp135-139.

**Ravindra S, Ashok K, Chandrashekhar P, Bhawana S, Nawal KD (2009).** Efficacy of *Acorus calamus* L. Leaves and rhizome on mortality and reproduction of *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae). *Appl Entomol Zool* 44(2):241–247

**Remia K.L., and Logaswamy S., (2010).** Larvicidal efficacy of leaf extract of two botanicals against the mosquito vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Individual Journal Natural Products and Resources:* 208-21

**Rho B. J., and Kil B.S., (1986).** Influence of phytotoxication from *Pinus rigida* on the selected plants. *Journal of Natural Science,* 5: 19-27.

**Rokhsana Cherif1 , A. Kemassi , Z. Boual , N. Bouziane , F. Benbrahim , A. Hadjseyd , T. Gharib, A. Ould el Hadj-Khelil , M.L. Sakeur, M.D. Ould el Hadj (2016).** ACTIVITÉS BIOLOGIQUES DES EXTRAITS AQUEUX DE *PERGULARIA TOMENTOSA* L. (ASCLEPIADACEAE). *Lebanese Science Journal,* Vol. 17, No. 1, 2016. P25-35

**Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P., Ribéreau-Gayon P., (1982).** Composés phénoliques. In «*Traité d'œnologie, sciences et technique du vin* ».Ed. Dunod, pp. 477-499.

**Rizzo F., Papasouliotis K., Crawford E., Dodkin S., Cue S., (2008).** Measurement of prothrombin time (PT) and activated partial thromboplastin time (APTT) on canine citrated plasma samples following different storage conditions. *Research in Veterinary Science,* 85: 166-170.

**Rodriguez-Rojo S., Visentin A., Maestri D., Cocero M.J . (2012)** . Assisted extraction of rosemary antioxidants with green solvents .Journal of Food Engineering. 109, 98–103

**Romel Ahmed., Mohhamad Bilal Udan., Mohammad Abu Sayed., Arfin Khan., Sharif Ahmed Mukul., Mohammad Kamal Hussain., (2007).** Alleopathic effects of *Lantana camara* on germination and growth behaviour of some agricultural crops in Bangladesh. J. Forestry Res., 18:301-304

**Ross I.A., (1999).** Medicinal plants of the world. Chemical constituents, traditional and modern medical uses. New Jersey: Humana Press

**Rufatto L.C., Santos D.A., Marinho F., Henriques J.A., Roesch Ely M ., Moura, S. (2017).** Chemical composition and pharmacological activity. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, Vol 7(7):591–598P

### **S**

**Sagar L., Sehgal R., Ojha S., (2005).** Evaluation of antimotility effect of *Lantana camara* L. var. *acuelata* constituents on neostigmine induced gastrointestinal transit in mice. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2005; 5: 18

**Salada ; Jo-Ann, T., Balala ; Lotis, M. E. T,Vasquez ; Erlinda, A (2015).** Phytochemical and Antibacterial Studies of *Lantana camara* L. Leaf Fraction and Essential Oil., 2250- 3153.

**Sakthipriya P., and Vidhya R., (2015).** Phytochemical and in-vitro thrombolytic Activity of *Pergulariadeamia* (forsk.) stem.World Journal of PharmaceuticalResearch.4 (5): 1325-1337.

**Shrivastava Sami., and A.K. Jha., (2016).** Effect of leaf extract of *Lantana camara* on growth of seedlings of *cicer aertinum*. International Journal of Information Research and Review Vol. 03, Issue, 07, pp. 2612-2616.

**Sanders R.W., (2006).** Taxonomy of *Lantana* Sect. *Lantana* (Verbenaceae): I. Correct application of *Lantana camara* and associated names. SIDA 22, 381–421.

**Sanjeeb K., Gaurav K., Loganathan K., Kokati V., Bhaskara R., (2011).** Phytochemical Composition and In Vitro Hemolytic Activity of *Lantana Camara* L. (Verbenaceae) Leaves. Pharmacologyonline., 1: 59-67

**Sanjiv Kumar, Rajat Sandhir and Sudarshan Ojha., (2014).** Valuation of antioxidant activity and total phenol in different varieties of *Lantana camara* leaves. BMC Research Notes 2014, 7:560

**Sangeetha M., Mahendran C., Ushadevi C., (2015).**An overview on the medicinal properties of *Lantana camara* linn. 2347-2157.

**Sanogo R., Dialo D., Diarra S., Ekoumon C., Bougoudougou F., (2006).** Activité antibactérienne et antalgique des deux recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et la cystite au Mali. Mali Medical. Pp18-24.2

**Sastri, B.N. (1962).** The wealth of India, vol. VI. New Dehli: Council of Scientific and Industrial Research.

**Sathish R., Bhushan vyawahare., K. Natarajan., (2011).** Anti ulcerogenic activity of *Lantana camara* leaves on gastric and duodenal ulcers in experimental rates. Jour. Ethano. pharm., 134, 195-197

**Sathish Kumar., Maneemegalia S., (2008).** Evaluation of Larvicidal effect of *Lantana camara* Linn against Mosquito Species *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Advances in Biological Research. 2 (3-4), 39-43.

**Saxena R. C., Dixit O. P., & Harshan V (1992).** Insecticidal action of *Lantana camara* against *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera : Bruchidae). J. Stored Prod. Res., 1992, 28, (4) : 279-281

**Schemske D.W., (1976).** Pollinator specificity in *Lantana camara* and *L. trifolia* (Verbenaceae). Biotropica 8, 260–264.

**Schroeter H., Boyd C., Spencer J.P.E., Williams R.J., Cadenas E., Rice-Evans C., (2002).** MAPK signaling in neurodegeneration: Influences of flavonoids and of nitric oxide. Neurobiology of Aging. Pp861-880.

**Schlesier K., Harwat M., Bohm V. and Bitsh R. (2002).** Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*, 36,177-187.

**Scott L.J., Hannan-Jones M.A., G.C. Graham, (2002).** Affinities of *Lantana camara* in the Australia-Pacific Region. In: H. Spafford Jacob, J. Dodd and J.H. Moore (eds), *Proceedings*

of the Thirteenth Australian Weeds Conference. 8–13 September 2002, Perth, Western Australia. pp. 471–474.

**Sharm G.P., Raghubanshi A. S., Singh J.S., (2005).** Review paper Lantana invasion: An overview. 5, 157–165

**Sharma O.P., Makkar H.P.S., Dawra R.K., (1982).** Biochemical effects of the plant *Lantana camara* on guinea pig liver mitochondria. *Toxicon* ; 20: 783-786

**Sharma O.P., Paul H., Mallar S., Dawra R. K., (1988).** A review of the noxious plant *Lantana camara*. *Toxicon* 26: 975-987.

**Sharma O.P., (1988).** How to combat Lantana (*Lantana camara* L.) menace? - A current perspective. *Journal of Scientific & Industrial Research* 47, 611-616.

**Sharma O. P. and Sharma P. D. (1989).** Natural products of the lantana plant – the present and prospects. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 48, 471–478

**Sharma, O.P., Makkar, H.P.S., Dawra, R.K., and Negi, S.S. (1981b).** A review of the toxicity of *Lantana camara* ( Linn) in animals. *Clin. Toxicol.* 18:1077–1094.

**Sharma O. P., Sharma S., Dawra, R. K., (1997)** Reversed-phase high-performance liquid chromatographic separation and quantification of lantadenes using isocratic systems. *J. Chromatogr. A*, 786: 181-184.

**Sharma V.S. and K.N. Kaul. (1959).** Indian 59418. *Chem. Abstr.*, 53: 652.

**Shaukat Shahid S., and Siddiqui Imran Ali., (2002).** Allelopathic and antifungal potential of *Lantana camera* root leachates in soil. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 5 : 51-53.

**Shivanada Nayak. B et Sivachandra Raju S., (2008).** Evaluation of wound healing activity of *Lantana camara* a Preclinical study. *Phyto. Res.*, 23, 241–245

**Sies H., (1991).** Oxidative stress: introduction. In: Sies H (ed) *Oxidative stress: oxidants and antioxidants*. Academic Press, London, pp XV-XXII

**Silva M.H.L., Andrade E.H.A, Zoghbi M.G.B., Luz A.I.R., Silva J.D., Maia J.G.S. (1999).**The essential oils of *Lantana camara* L. occurring in North Brazil”, *Flavour Fragr. J.*, 14; 1999: 208-210.

- Simberloff D., Rejmánek M., (2011).** Encyclopedia of biological invasions. Univ of California Press. 428p
- Simelane D.O., (2010).** Potential impact of an introduced root-feeding flea beetle, *Longitarsus bethae*, on the growth and reproduction of an invasive weed, *Lantana camara*. *Biological Control* 54: 114–118.
- Sinha R.N., Watters F.L., (1985).** Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control. Research Branch, Agriculture Canada. p. 225-236.
- Skadhauge B., Gruber M. Y., Thomsen K. K., Von Wettstein D., (1997).** Leucocyanidin reductase activity and accumulation of proanthocyanidins in developing legume tissues. *Am. J. Bot.* 84:494503
- Smith L.S., Smith D.A. (1982).** The naturalized *Lantana camara* complex in Eastern Australia. *Queensland Bot. Bull.* 1, 1–26.
- Smrity P., Smita H. G., Ujwala C., Bapat Jyoti K., (2018).** Antifungal activity of ethanolic and petroleum ether extracts of some medicinal plants against the plant pathogenic fungus *nigrospora oryzae* patch. : 10.21746.
- Spies J.J, Stirton, C.H., (1982b).** Meiotic studie of South African cultivars of *Lantana camara*, *Bothalia*, 14: IOI-I I I.
- Srivastava D., and Singh P., (2011).** Antifungal potential of two common weeds against plant pathogenic fungi- *Alternaria* sps. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences.* 2 (3): 525- 528
- Stamp N., (2003).** Out of the quagmire of plant defense hypotheses. *Quart. Rev. Biol.*, 78: 33-55.
- Stirton C.H., (1977).** Some thoughts on the polyploid *Lantana camara* L, (Verbenacae). *Proceedings of the Second National Weeds Conference.* Balkema, Cape Town, pp. 321–340
- Swarbrick J.T., Willson B.W., Hannan-Jones M.A., (1998).** *Lantana camara* L. In: *The Biology of Australian Weeds* (ed. by Panetta F.D., Groves R.H. and Shepherd R.C.H.). R. G. & F. J. Richardson, Melbourne, 119–136.

**Sylvestre HABIMANA., and Martin HAKIZAYEZU., (2014).** Biocide effect of alkaloids, saponins and flavonoids extracted from chilli against *Brevicoryne brassicae*, cabbage aphids. *Sky Journal of Agricultural Research* Vol. 3(11), pp. 234 - 239, December, 2014

### T

**Taous K., Mansoor A., Hamayun K., Mir A.K., (2005).** Biological activities of aerial parts of *Paeonia modiwall* *Afr J Biotechnol* 2005; 4: 1313-1316

**Taylor E.E., (1989).** A history of biological control of *Lantana camara* in New South Wales. *Plant Prot. Q.*, 4: 61-65.

**Taylor S., Kumar L., Reid N., Kriticos D.J., (2012).** Climate change and the potential. Distribution of an invasive shrub, *Lantana camara* L. *PLoS ONE*, 7(4): 1- 14.

**Thamotharan G., Sekar G., Ganesh T., Saikat sen., Raja Chakraborty., Senthil., kumar N., (2010).** Antiulcerogenic effect of *Lantana camara* Leaves on in vivo test models in Rats. *Asian. Jour. Pharm. Clinical. Res.*, 3: 57-60

**Throneberry G.O., Smith F.G., (1955).** Relation of respiratory and enzymatic activity to corn seed viability. *Plant Physiology*, 30: 337-343.

**Trease E.G., Evans W.C., (1978).** *Pharmacology*. 11th Edition, Balliere Tindall. London. Pp 115-222.

**Tunc, I., Berger, B. M., Erler, F. et Dağlı, F. (2000).** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36(2) :161-168.

**Turkmen N., Velioglu Y.S., Sari F., Polat G., (2007).** Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molecules*. Pp 484-496

### U

**Urban A.J., Simelane D.O., Retief E., Heystek F., Williams H.E., Madire L.G., (2011).** The invasive *Lantana camara* L. hybrid complex (Verbenaceae): a review of research into its identity and biological control in South Africa. *African Entomology* 19, 315–348.

**Urquiaga I., and Leighton F., (2000).** Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biol. Res.* 2000; 33: 55-64.

### V

**Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin T.D, Mazur M (2007).** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease: *Int J Biochem*; 39: 44-84.

**Van Oosterhout E., Clark A., Day M.D., Menzies E., (2004).** Lantana Control Manual. Current Management and Control. Options for Lantana (*Lantana Camara*) in Australian State of Queensland. Department of Natural Resources, Mines and Energy, Brisbane, Qld, Australia.

**Vardien W., Richardson D.M., Foxcroft L.C., Thompson G.D., Wilson J.R.U., Le Roux J.J., (2012).** Invasion dynamics of *Lantana camara* L. (sensu lato) in South Africa. *South African Journal of Botany*, 8: 81–94

**Venkatachalam T., Kumar V.K., Selvi P.K., Maske A.O.,(2011).** Antidiabetic activity of *Lantana camara* Linn fruits in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Pharmacy Research.* 4 (5); 2011: 1550-1552.

**Verma S., (2018).** Potentiel medicinal de *Lantana Camara* : Verbinacea. 8(4):62-64.

**Vivian-Smith G., Panetta F., (2009).** Lantana (*Lantana camara*) Seed Bank Dynamics: Seedling Emergence and Seed Survival. *Invasive Plant Science and Management.* Volume 2 , Issue 2 , April 2009 , pp. 141 – 150

### W

**Walsh S. E., Maillard J. Y., Russel A. D., Catrenich C. E., Charbonneau A. L., Bartolo, R. G., (2003).** Activity and Mechanism of Action of Selected Biocidal Agents on Gram - positive and -negative Bacteria. *J. Appl. Microbiol*, 94, 240-247

**Weir M.P., Bethell S.S., Cleasby A., (1998).** Novel Natural Product 5,5-trans-Lactone Inhibitors of human Rthrombin:mechanism of action and structural studies”, *Biochem.*, 37: 6645-6657, 1998

**Wekhanya M. N., Mbugua P., Mworio J. K., (2016).** The effect of invasive plant (*Lantana camara*) on soil chemistry at conservation area ol-donyo sabuk national park, Kenya. Mémoire de mastère en Science. University Kenyatta. Kenya. 20; 26 p

**Wells M.I., Striton C.H., (1988).** *Lantana camara* a poisonous declared weed. Farming in South Africa. Weeds, A.27 (1988), pp. 1-4

**Wu Y.Y., Li W., Xu Y., Jin E.H., Tu Y.Y., (2011).** Evaluation of the antioxidant effects of four main theaflavin derivatives through chemiluminescence and DNA damage analyses. J Zhejiang UnivSci B;12:744–751

**X**

**Y**

**Z**

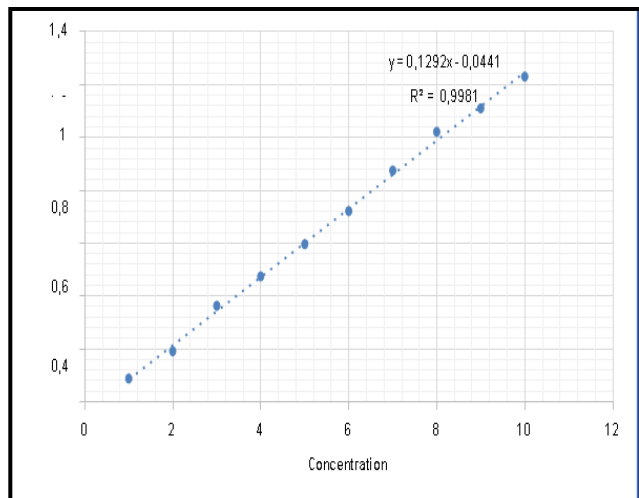
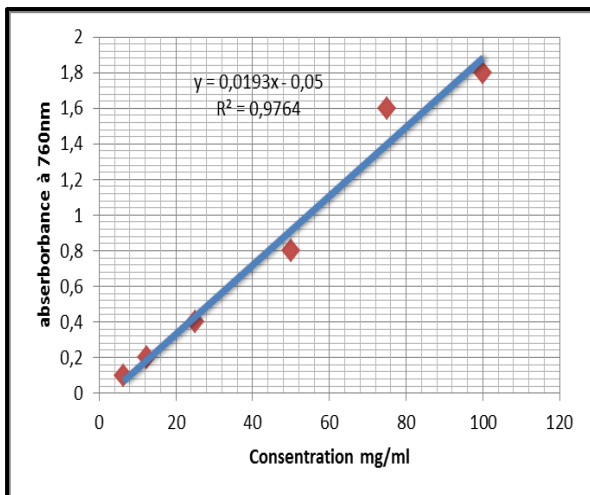
**Zackrisson O., and M.C. Nilsson, (1992).** Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on seed germination of two boreal tree species. Canadian J. Forestry Res., 22: 44-56.

**Zaouali Y., Chograni H., Trimech R., Boussaid M., (2013).** Changes in essential oil composition and phenolic fraction in *Rosmarinus officinalis* L. var. *typicus* Batt. organs during growth and incidence on the antioxidant activity. Industrial Crops and Products .43, 412– 419.

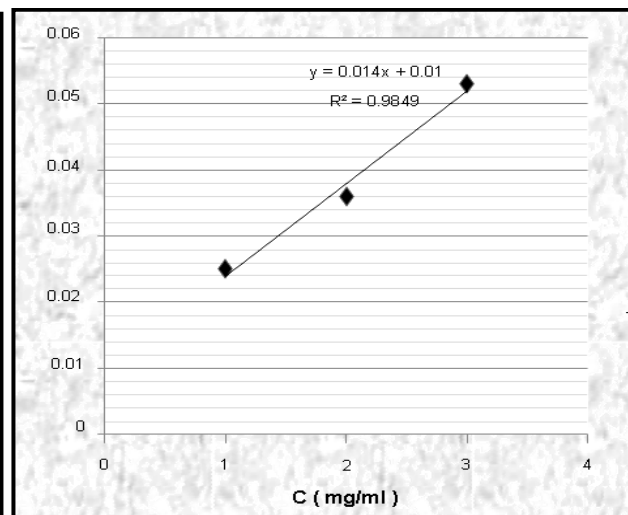
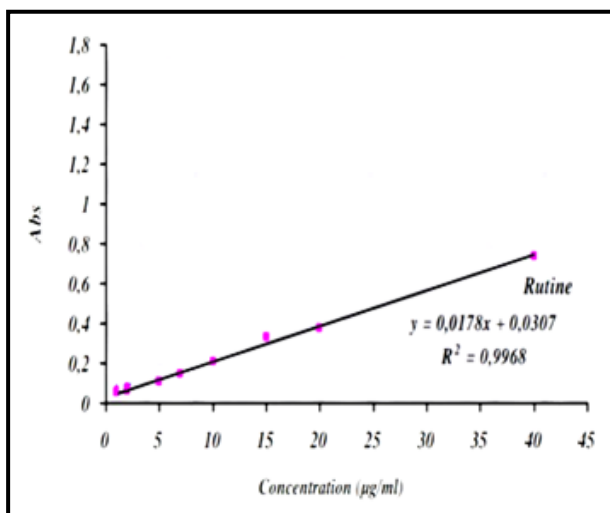
**Zhou H.Y., Hong J.L., Shu P., Juan Ni Y., Qin M. J., (2009).** A new coumarin and Anticoagulant activity from *Viola yedoensis* Makino. *Fitoterapia*; 80:283–285.

Anonyme 1: **Encyclopédie des plantes médicinales. 2001**

# *Annexe*



**Fig1 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique**      **Fig2 : Courbe d'étalonnage de l'acide tannique**



**Fig 3: Courbe d'étalonnage de la rutine**

**Fig 4: Courbe d'étalonnage du glucose**

**Tableau XIII :** Taux de mortalité des adultes de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations des extraits de *L. camara* L.

Extrait	Nombre Insectes	Concentration (mg/ml)	Température d'exposition	Mortalité après 2 h	Mortalité après 24 h	Mortalité après 48 h	Mortalité après 72 h
<b>EEp</b>	10	Cm=1	28C°	0%	10%	50%	90%
		C1 =0.75		0%	10%	40%	80%
		C2 =0.5		0%	10%	60%	80%
		C3 =0.25		0%	10%	30%	70%
		C4=0.1		0%	0%	20%	50%
<b>ECh</b>	10	Cm=1	28C°	10%	20%	30%	70%
		C1 =0.75		0%	20%	30%	60%
		C2 =0.5		0%	20%	30%	60%
		C3 =0.25		0%	10%	30%	60%
		C4=0.1		0%	10%	30%	50%
<b>EMé</b>	10	Cm=1	28C°	10%	30%	60%	100%
		C1 =0.75		0%	30%	40%	70%
		C2 =0.5		0%	20%	40%	70%
		C3 =0.25		0%	20%	40%	60%
		C4=0.1		0%	20%	40%	50%
<b>EAq</b>	10	Cm=1	28C°	0%	20%	30%	50%
		C1 =0.75		0%	10%	30%	40%
		C2 =0.5		0%	10%	20%	30%
		C3=0.25		0%	20%	20%	40%
		C4=0.1		0%	10%	20%	40%
<b>Témoin</b>	10		28C°	0%	0%	0%	0%

**Tableau XIV** : Taux de mortalité des larves de *T. castaneum* sous l'influence des différentes concentrations des extraits de *L. camara* L.

Extraits	Nombre d'insectes	Concentration (mg/ml)	Température D'exposition	Mortalité après 2 h	Mortalité après 24 h	Mortalité après 48 h	Mortalité après 72 h
<b>EEp</b>	10	Cm=1	28C°	0%	50%	60%	60%
		C1=0.75		0%	20%	40%	50%
		C2=0.5		0%	20%	30%	50%
		C3=0.25		0%	20%	30%	40%
		C4=0.1		0%	20%	20%	30%
<b>ECh</b>	10	Cm=1	28C°	0%	30%	50%	70%
		C1=0.75		0%	30%	40%	50%
		C2=0.5		0%	30%	30%	40%
		C3=0.25		0%	20%	20%	30%
		C4=0.1		0%	10%	20%	20%
<b>EMe</b>	10	Cm=1	28C°	10%	70%	80%	100%
		C1=0.75		0%	50%	60%	90%
		C2=0.5		0%	60%	70%	70%
		C3=0.25		0%	60%	60%	60%
		C4=0.1		0%	50%	50%	60%
<b>EAq</b>	10	Cm=1	28C°	0%	50%	70%	100%
		C1=0.75		0%	40%	60%	80%
		C2=0.5		0%	30%	50%	70%
		C3=0.25		0%	20%	40%	60%
		C4=1		0%	10%	30%	40%
<b>Témoin</b>	10		28C°	0%	0%	0%	0%

### *Publications*

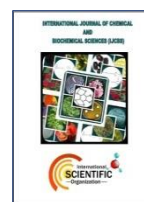
- 1- **Fahima TALHI**, Nouredine GHERRAF and Amar ZELLAGUI, 2020. Allelopathic effect of the aqueous extract of *Lantana camara* L. on the germination and development of four vegetable species. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences (ISSN 2226-9614)
- 2- **Fahima Talhi**, Nouredine Gherraf, Amar Zellagui, Awatif Boumaza and Amira Meghlaoui, 2021. Phytochemical screening and hemolytic activity of some leaves extracts of *Lantana camara* L. Acta Scientifica Naturalis, Vol. 8, No 3, Pages 1–9, 2021

### *Communications scientifiques*

- 1- **Communication international**: TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine. Potentiel allélopathique de *Lantana camara* L sur le comportement de quelques espèces végétales. 3<sup>ème</sup> séminaire international sur les plantes médicinales et des matériaux (MPM). Tebessa le 25, 26 et 27 Février 2020.
- 2- **Communication international**: TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine. Effet insecticide des différents extraits des feuilles de *Lantana camara* L. 1<sup>er</sup> Séminaire international sur la Biodiversité dans le Service de Biotechnologie. Mila le 9 et 10 Mars 2020
- 3- **Communication international**: TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine. Activité anticoagulante de quatre extraits des feuilles de *Lantana camara* L. Séminaire international sur les Sciences Naturelles et de la Vie. Oran le 19 et 20 Février 2021.
- 4- **Communication international**: TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine. Effet herbicide de l'extrait aqueux des feuilles de *Lantana camara* L. séminaire international sur les innovations technologique dans le service d'agriculture (SIITA). Mila le 24 et 25 Octobre 2021
- 5- **Communication national**: TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine. Effet antibactérien de quelques extraits organiques des feuilles de *Lantana camara*

L.1<sup>er</sup>Séminaire National sur les Ressources Naturelles Face aux Contraintes d'Usage et de Changement Climatique (SENACUC). Mila le 4 Juillet 2021

- 6- **Communication nationale** : TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine et BOUMAZA Awatif. Activité larvicide des différents extraits des feuilles de *Lantana camara* L.1<sup>er</sup> séminaire national sur les Substances Naturelles, Biotechnologie et Innovation (SNBI). Mila le 26 et 27 octobre 2021.
- 7- **Communication nationale** : TALHI Fahima, GHARRAF Nourddine. Effet de la poudre de *Lantana camara* L. sur le stockage de quelques espèces végétales .1<sup>er</sup> séminaire national sur Les applications biotechnologiques en agriculture (SNABA) Mila, le 10 Novembre 2021



# Allelopathic effect of the aqueous extract of *Lantana camara* L. on the germination and development of four vegetable species

Fahima TALHI<sup>1\*</sup>, Nouredine GHERRAF<sup>1</sup> and Amar ZELLAGUI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Natural Resources and Management of Sensitive Environments, university of Larbi ben M'hidi, Oum El bouaghi, Algeria and <sup>2</sup>Laboratory of Biomolecules and Plant Breeding, University of Larbi ben M'hidi Oum El Bouaghi, Algeria

## Abstract

The present study was carried out to assess the allelopathic effect of the aqueous extract of *Lantana camara* on the germination and growth of four plant species namely: durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), barley (*Hordeum vulgare*), chickpea (*Cicer arietinum*) and lentil (*Lens culinaris*). The suppressive effect of the different concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara* was recorded and compared with the control treatment (distilled water). The results obtained showed that the concentrations (10%, 25% and 50%) have a significant inhibitory effect on the germination of seeds, the speed of germination, the index of germination and the length of shoots and roots. The results also showed that the inhibitory effect is proportional to the concentration of extract, and that the highest concentrations (75% and 100%) have an inhibitory capacity of the order of 100%. The inhibitory effect of the aqueous extract may be due to the presence of alkaloids and phenolic compounds. Our results suggest the use of *Lantana camara* as a source of allelochemicals to control weeds.

**Keywords:** *Lantana camara*, allelopathic potential, germination rate, germination index, speed of germination

**Full length article** \*Corresponding Author, e-mail: [fahima.talhi@yahoo.com](mailto:fahima.talhi@yahoo.com)

## 1. Introduction

Allelopathy is a means of biological control in which plants can influence other plants growing in their vicinity by the release of certain toxic products into the environment [1]. This influence is the direct or indirect chemical effect of these plants on the germination, growth or development of neighboring plants in order to avoid competition in their environment.

*Lantana camara* L. is a medicinal plant from the verbinaceae family. It encompasses 650 varieties dispersed in more than 60 countries; it is considered one of the ten most spread weeds in the world [2]. It is native to tropical and subtropical America; but introduced in Algeria as an ornamental plant during the colonization period.

This plant is considered to be one of the most widely distributed allelopathic species in the world [3]. The different parts of *Lantana camara* L. contain allelochemicals which have the ability to interfere with the germination and growth of many plant species [4].

In the present work, some laboratory bioassays were conducted to study the allelopathic effects of the aqueous extract of the leaves of *Lantana camara* L. on the germination and growth of four plant species: durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), barley (*Hordeum vulgare*), chickpea (*Cicer arietinum*) and lentil (*Lens culinaris*).

## 2. Material and Methods

### 2.1 Collection of Plant Material

The leaves of *Lantana camara* L. were collected in October in the Ferdjioua region (Mila province, Algeria). They were washed with running water to remove dust and contaminants, and then dried at room temperature for a few days. After drying, the leaves were ground to powder using an electric grinder.

### 2.2 Preparation of the aqueous extract of *Lantana camara* L.

The aqueous extract of *Lantana camara* L. was prepared by soaking 50 g of the plant powder in 500 ml of distilled water under mechanical stirring at room temperature for 24 hours. The obtained mixture was filtered

using Whatman paper. The obtained extract is considered to be 100%, then a series of dilutions were prepared (10%, 25%, 50% and 75%). distilled water was used as a control treatment.

### 2.3 Methods

The experiment was carried out in sterile 12 cm diameter petri dishes, in which the moistened Whatman N° 3 paper was used as a germination support. Before being used; the tested grains were chosen healthy and then disinfected with bleach / distilled water (1v / 1v). Afterwards, 10 grains were placed in each Petri dish before being treated with a sufficient amount of various concentrations of the aqueous extract, while the control was only treated with distilled water. The experiment was carried out under laboratory conditions for a period of ten days and with three repetitions for each treatment. A grain was considered germinated when the radicle appeared. Germination was recorded daily and the results were determined by measuring different parameters:

1. Germination rate (GR): The germination rate was calculated according to the formula given by Come (1970): [5].

$$GR = (Ng/Ns)100$$

- ❖ Ng: Number of germinated seeds.
- ❖ Ns: Number of seeds sown.

2. Germination inhibition rate: according to Ben khetou [6], the inhibition rate (GIR) is calculated by the following formula:

$$GIR = ((Ns - Ng) / Ns) 100$$

- ❖ Ns: Number of seeds sown.
- ❖ Ng: Number of germinated seeds.

3. Kinetics of germination: according to Come it is the variation of germination rate of seeds as a function of time [5].

4. Germination speed: the germination speed is calculated by the following formula proposed by Come [5]:

$$V = (N1 + N2 + N3 + \dots + Nn) / (N1T1 + N2T2 + N3T3 + \dots + NnTn)$$

- ❖ V: Speed of germination
- ❖ N1: The number of seeds germinated at time T1

5. Germination index: the germination index (GI) is a quantitative expression of germination which relates to the daily germination rate at the maximum value of noted germination [7], it is calculated by the following equation:

$$GI = N1 + N2 - N1/2 + N3 - N2/3 + \dots + Nn - Nn-1/n$$

- ❖ Nn: Percentage of germination in nth day

6. Relative length of roots: the relative length of roots is calculated according to the formula given by Rho and Kil (1986): [8]

$$Rr = M/Mc.100$$

- ❖ Rr: Relative length of roots
- ❖ M: Average length of roots of treated plants
- ❖ Mc: Average length of roots of control plants

7. Relative shoot length: according to Rho and Kil [8] this parameter is calculated by the following formula:

$$Rs = Ms/Mc.100$$

- ❖ Rs: Relative length of shoots
- ❖ Ms: Average length of shoots of treated plants
- ❖ Mc: Average length of shoots of control plants

8. The inhibition Rate and / or growth stimulation: this parameter is calculated according to formula given by Abiyu. E and Nagappan. R in 2015[9]:

$$IR = (RLT - RLC) / RLC.100$$

- ❖ IR: Growth inhibition rate of stems or roots
- ❖ RLC: Length of stems or roots of control plants
- ❖ RLT: length of stems or roots of treated plants

Statistical analyzes: The mean data obtained from the three replicates were subjected to an analysis of variance using the SPSS at a probability level of 0.05.

## 3. Results and Discussion

### 3.1 Rate of Germination and Inhibition of Germination

The maximum germination rate of the four plant species is shown in Fig.1 which depicts the effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at different concentrations on the maximum germination rate of the four studied species. The results obtained show that in all cases, the variation in the germination rate is proportional to the concentration of extract and no germination was observed at the 75% and 100% concentrations. Consequently, the germination inhibition rate is maximum for these two concentrations as shown in figure 2 which displays the effect of the extract at different concentrations on the maximum germination inhibition rate of the studied species.

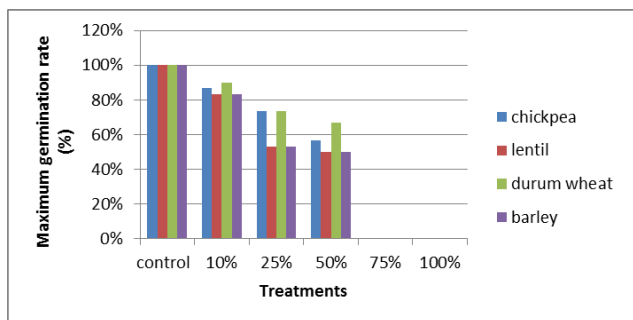


Fig.1: Effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at different concentrations on the maximum germination rate of the four studied species

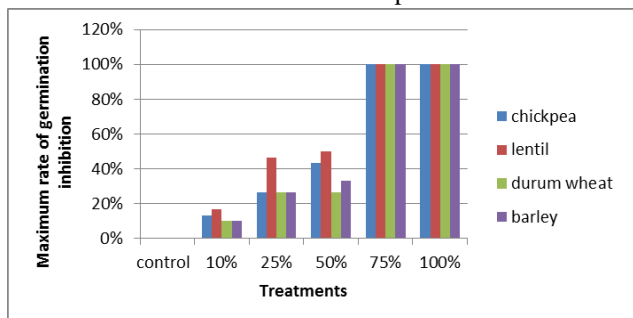


Fig.2: Effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at different concentrations on the maximum germination inhibition rate of the four studied species

It is obvious to point out that for cereal species, the aqueous extract has a greater inhibitory effect on barley than on durum wheat, and that this effect is more important on lentils than on chickpeas for legumes. It was observed that the aqueous extract of *Lantana camara* significantly reduced the germination percentage of the four species compared to the control.

### 3.2 Kinetics of Germination

The germination kinetics is the variation of the germination rate as a function of time. Figs. 3, 4, 5 and 6 show the variation in the germination rate of the seeds of the four species as a function of the time of the experiment.

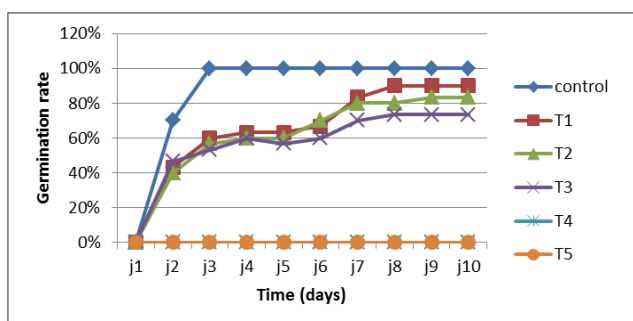


Fig.3: Effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at various concentrations on the kinetics of durum wheat germination

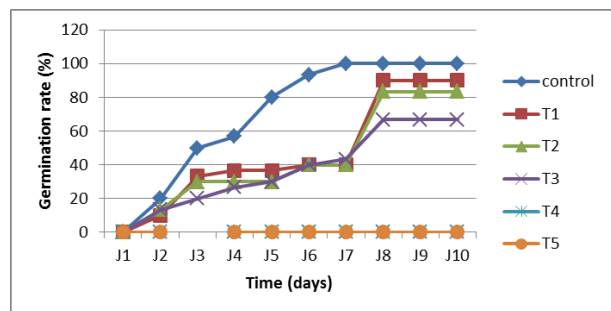


Fig.4: Effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at various concentrations on the kinetics of germination of the barley

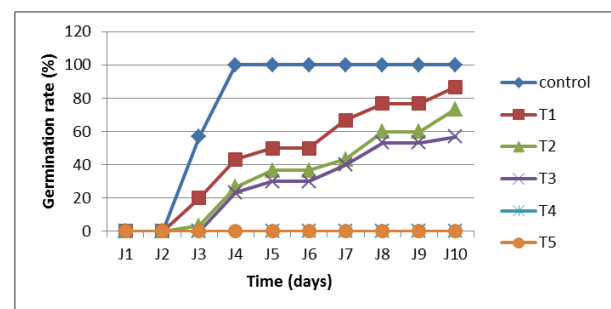


Fig.5: Effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at various concentrations on the kinetics of germination of lens

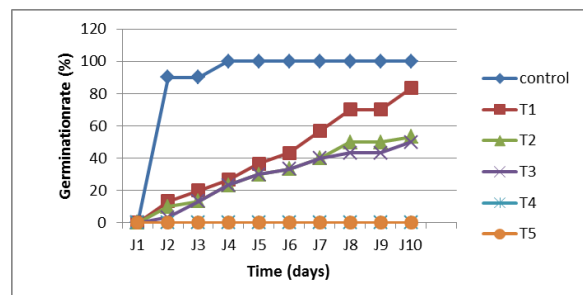


Fig.6: Effect of the aqueous extract of *Lantana camara* at various concentrations on the kinetics of chickpea germination

After 48 hours of experimentation, the control batches of the four species gave germination rates of 20%, 70% and 90% for barley, durum wheat and for lentil respectively, while the chickpea showed no germination activity. The maximum germination rate is reached on the fourth day for legume species, the fourth day for durum wheat and the seventh day for barley. For the batches treated with the concentrations 10%, 25% and 50% of the aqueous extract, germination started from the second day (except for the chickpea where it starts from the third day). On the other hand no germination was observed in batches treated with pure aqueous extract or diluted to 75% during the experimental period.

### 3.3. Germination Speed

The speed of seed germination was calculated for the four species and the results are shown in Fig. 7 which highlights the germination speed of seeds for the species treated with different concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara*. According to the results, it is clear that the batches treated with the mother solution (100%) of the aqueous extract and the concentration of 75%, show no germination. The control batches show a significant germination rate as follows: 14.35 seeds/day for barley, 14.29 seeds/day for chickpeas, 16.22 seeds/day for durum wheat and 16.44 seeds/day for lentils. The batches treated with the aqueous extracts diluted to 10%, 25% and 50% exhibited slower germination rates than the control batches of the same species.

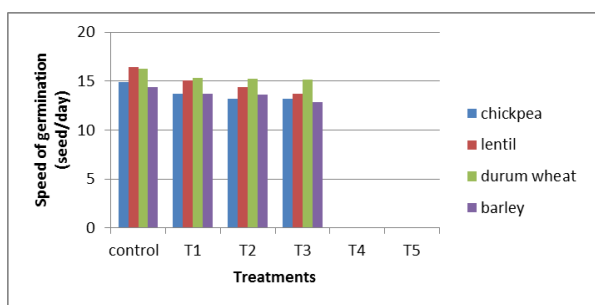


Fig.7: Germination Speed of seeds for the four species treated with different concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara* and compared with the control

### 3.4 Germination Index

The results of the quantitative expression of daily germination Index with respect to the maximum germination value are represented in Fig.8 which illustrates the germination of the four vegetable species treated with various concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara* and compared with the control. These results revealed no germination for the batches treated with the pure (100%) and 75% diluted extracts. The batches treated with the other extracts at lower concentrations (10%, 25% and 50%) showed an increase depending on the concentration. These values are always less important than the values recorded in the control batches.

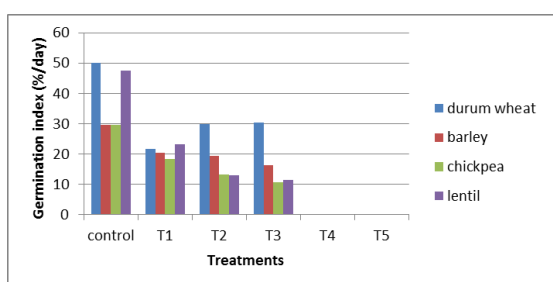


Fig.8: Germination Index of the four vegetable species treated with various concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara* and compared with the pilot batch  
TALHI et al., 2020

### 3.5 Relative Length of Roots

The relative length of the roots was measured after ten days of seedling. The results shown in Fig.9 describe the relative length of the roots of the four vegetable species treated with various concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara*. The relative length of the roots of the four species is a concentration-dependent. The maximum values are recorded in the batches treated with the aqueous extracts diluted to 10% followed by those treated with 25%, and finally those with 50% extract concentration. The batches treated with 75% and 100% concentrations show no germination or growth activity. It is important to note that for cereal species, the aqueous extract exerted a significant inhibitory effect on barley than on durum wheat. This effect is more noticeable for lentils than for chickpeas in leguminous species.

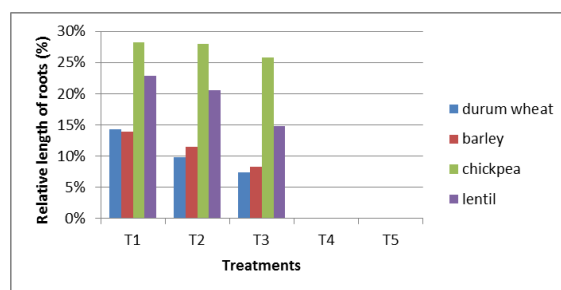


Fig.9: Relative Length of the roots of the four vegetable species treated with various concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara*

### 3.6 Relative Length of Shoots

The variation of the relative length of the shoots of the four species treated with different concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara* is recorded in Fig.10. The results arise that the shoots length gradually increases with concentration. Maximum shoots elongations are recorded for treatments T1 followed by T2 and T3 respectively, and this is for all species.

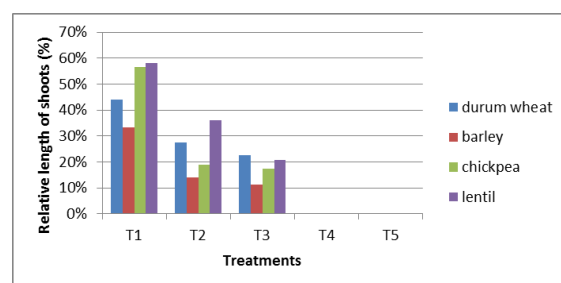


Fig.10: Relative Length of the shoots of the four species treated with different concentrations of the aqueous extract of *Lantana camara*

### 3.7 Percentage of Inhibition and/or Stimulation

The inhibition and/or the stimulation effect of the aqueous extract of the leaves of *Lantana camara* L. on the growth of the roots and shoots of the four vegetable species is illustrated in Figs.11 and 12. It is noted in this study that the aqueous extract induced only an inhibitory effect on the four tested plant species. This effect is lethal with pure and 75% diluted extracts while for other concentrations it increases with increasing concentration. Growth inhibition is more pronounced for barley than for durum wheat and on chickpea than on lentil. It is also important to note that the inhibitory effect is more important on the growth of shoots than on that of roots.

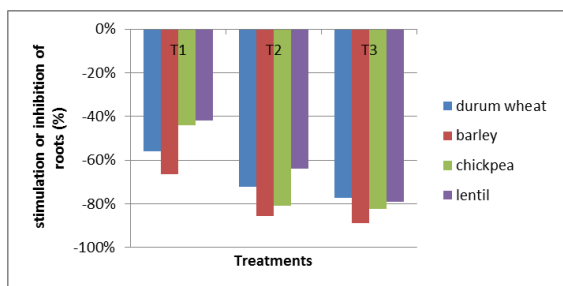


Fig.11: Inhibition effect and/or stimulation of the aqueous extract of *Lantana camara* on the growth of the roots of the four vegetable species

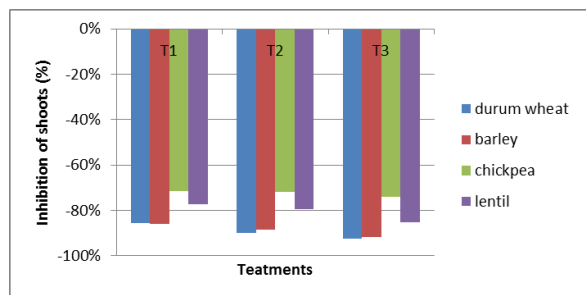


Fig.12: Inhibition effect and/or stimulation of the aqueous extract of *Lantana camara* on the growth of the shoots of the four vegetable species

#### 4. Discussion

The results obtained in this study clearly showed that the aqueous extract of the leaves of *Lantana camara* L. has inhibitory effects on the germination and growth of the plant species studied durum: wheat, barley, chickpeas and lentils.

The allelopathic effect of this extract has been widely reported [1, 10-13]. The increase in the concentration of aqueous extract caused significant inhibitory effects on the germination and growth parameters. Our results are in agreement with those obtained by Ahmed [14] who proved that the same extract with increasing concentrations causes an inhibiting effect on germination, elongation of roots and shoots, and the development of lateral roots of six

agricultural species. Bansal (1998) showed that increasing the concentration of aqueous extract leads to a significant inhibition of seed germination and the development of young seedlings [2]. These same findings have been obtained by other researchers [15,16].

The length of the roots and shoots of the studied species is strongly affected. It should be noted that there is a significant reduction in the length of these two parameters in the batches treated with increasing concentrations of extracts compared to the control batch (treated with distilled water). These results are in agreement with many reports [17,18]. The reduction in the length of shoots and roots may be due to the reduction in the rate of division and elongation of cells [19] and this reduction could be due to the allelopathic effects of the phytochemicals of *Lantana camara* [20,21].

The inhibiting or suppressing effect of the aqueous extract of *Lantana camara* on the germination and growth of other plant species could be mainly due to the presence of phytotoxins in the different parts of this plant especially in the leaves [22-24].

The allelochemical compounds of *Lantana camara* are mainly polyphenols and alkaloids [25] and the phytotoxicity of the aqueous extract is mainly due to the interaction of these compounds. Some reports indicated that these compounds are mainly Lantadene A and Lantadene B. The latter was reported to have a strong ability to inhibit the germination and growth of plants even at low concentrations [26,28]. They showed that the presence of this type of compounds can prevent the embryo from growing from the seed or leading to its death.

#### 5. Conclusion

From the results of this study, it is clear that the aqueous extract of *Lantana camara* contains allelochemicals which have the ability to suppress or inhibit the germination and growth of durum wheat, barley, lentil and Chickpea. This allelopathic potential is proportional to the concentration. The effect is significant on seed germination, the speed of seed germination, the germination index and the length of shoots and roots. Therefore, our results suggest the use of *Lantana camara* as a bioherbicide especially in the control of weeds, and hence contributing to the shrinking of the excessive use of synthetic herbicides.

#### Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest

#### Acknowledgement

The authors wish to thank the Algerian DGRSDT and high education ministry for the support during the preparation of the present work.

## References

- [1] Mishra, (2015). Allelopathic properties of *Lantana camara*. Int. Res. J. Basic Clin. Stud. 3(1).13-28.
- [2] G.L. Bansal, (1998). Allelopathic effect of *Lantana camara* on rice and associated weeds under the midhill conditions of Himachal Pradesh, India. In: Olofsdotter, M. (ed.), Proceedings of the Workshop on Allelopathy in Rice. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. pp. 133–138.
- [3] P. Binggel, and D. Desalegn. (2002). *Lantana camara*: The invasive shrub that threat to drive people out of their land. Newsletter of the Ethiopia Wild Life and Natural History Society April-June, pp. 4-6.
- [4] F. Hussain, S. Ghulam, Z. Sher, B. Ahmad. (2011). Allelopathy by *Lantana camara*. Pak J Bot 43 (5). 2373–2738.
- [5] D. Come. (1970). Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale n 6). Éd. Masson et Cie (Paris), pp:14, 24 and 27.
- [6] H. Ben Khetto. (2010). Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'*Agrania spinosa* L. (SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla. Mémoire ing. éco., univ. Ouargla.
- [7] G.O. Throneberry, and F.G. Smith. (1955). Relation of respiratory and enzymatic activity to corn seed viability. Plant Physiology 30. 337-343.
- [8] B. J. Rho, B.S. Kil. (1986). Influence of phytotoxication from *Pinus rigida* on the selected plants. Journal of Natural Science, 5. 19-27.
- [9] A. Enyew and N. Raja. (2015). Allelopathic Effect of *Lantana camara* L. Leaf Powder on Germination and Growth Behaviour of Maize, *Zea mays* Linn. and Wheat, *Triticum turgidum* Linn. Cultivars. Asian Journal of Agricultural Science. 7(1): 4-10.
- [10] S.S. Shaukat, Z. Tajuddin and I.A Siddiqui. (2002). Allelopathic and antifungal potential of *Lantana camera* root leachates in soil. Pakistan J. Biol. Sci., 5. 51-53.
- [11] P.P. Maiti, R.K. Bhakat, and A. Bhattacharjee (2008). Allelopathic effects of *Lantana camera* on physiobiochemical parameters of *Mimosa pudica*. Allelopathy J., 22. 1-2.
- [12] N. Jabeen, and M. Ahmed, (2009). Possible allelopathic effect of three different weeds on germination and growth of maize (*Zea mays*) cultivars. Pakistan Journal of Botany., (41). 1677-1683
- [13] B. Vijay and B.K. Jain. (2009). Allelopathic effects of *Lantana camara* L. on in vitro seed germination of *Phaseolus mungo*. International Journal of Plant Sciences, 5 (1). 43-45.
- [14] R. Ahmed, M.B. Uddin, M.A.S.A. Khan, A. Khan, S.A. Mukul and M.K. Hussain. (2007) Allelopathic effects of *Lantana camera* on germination and growth behaviour of some agricultural crops in Bangladesh. J. Forestry Res. 18 .301-304.
- [15] M. Fariba, K. Javad, A.B. Muhammad (2007). Allelopathic potential of *Trifolium resupinatum* L. and *Trifolium alexandrum*. Weed Biol Manage, 7. 178-183.
- [16] M. Rusdy and A. Ako. (2017). Allelopathic effect of *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on germination and seedling growth of *Centroma pubescens*. International Journal of Applied Environmental Sciences. 12(10). 1769-1776
- [17] O. Zackrisson, and M.C. Nilsson, (1992). Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* seed germination of two boreal tree species. Canadian J. Forestry Res., 22.44-56.
- [18] S. Shrivastava and A.K. Jha. (2016). Effect of leaf extract of *Lantana camara* on growth of seedlings of *cicer aertinum*. International Journal of Information Research and Review. 3, (7). 2612-2616.
- [19] T.P. Bukolova, (1971). A study of the mechanism of action of water-soluble substances of weeds on cultivated plant. In: Grodzinsky, A.M. (ed), Physiological, Biochemical Basis of Plant Interaction in Phytocenoses, pp. 66–69, Naukova Dumka, Kiev.
- [20] O.P. Sharma, H. Paul, S. Mallar and R.K. Dawra. (1988). A review of the noxious plant *Lantana camara*. Toxicon. 26. 975-987.
- [21] E.L. Ghisalberti. (2000). *Lantana camara* (Verbenaceae). Fitoterapia.71. 467-486
- [22] N.R. Achhireddy, M. Singh and S. Nary (1985). Isolation and partial characterization of phytotoxic compounds from *Lantana (Lantana camara* L.). Journal of Chemical Ecology., (11). 979-988.
- [23] C. Casado (1995). Allelopathic effects of *Lantana camara* (Verbenaceae) on morning glory (*Ipomea tricolor*). Rhodora. 97. 264-274.
- [24] M.K. Hossain, M.N. Alam. (2010). Allelopathic Effects of *Lantana camara* leaf extract on germination and growth behavior of some agricultural and forest crops in Bangladesh. Pak J Weed Sci Res. 16(2).217-226.
- [25] S.R. Ambika, S. Poornima, R. Palaniraj, S.C. Sati, S.S. Narwal. (2003). Allelopathic plants: *Lantana camara*. Allelopathic J. 12 (2). 147–162
- [26] R. Jain, M. Singh and D. Dezman. (1989). Qualitative and Quantitative characterization of Phenolic compounds from *Lantana (Lantana camara)* leaves. Weed Sci., 37.302-307.
- [27] C.H. Kong, P. Wang, C.X. Zhang, M.X. Zhang and F.Hu. (2006). Herbicidal potential of allelochemicals form *Lantana camara* against *Eichhornia crassipes* and the alga *Microcystis aeruginosa*. Weed. Res.46. 290-295.
- [28] S. Abugre, A.K. Apetorgbor, A. Antwinaa, M.M. Apetorgbor. (2011). Allelopathic effects of ten tree species on germination and growth of four traditional food crops in Ghana. J Agric Technol. 7 (3). 825. 834.

**Acta Scientifica Naturalis**

Former Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen: Chemistry, Physics, Biology, Geography  
 Journal homepage: [asn.shu.bg](http://asn.shu.bg)

**Phytochemical screening and hemolytic activity of some leaves extracts of *Lantana camara* L.**

**Fahima Talhi<sup>1</sup>, Nouredine Gherraf<sup>2</sup>, Amar Zellagui<sup>2</sup>, Awatif Boumaza<sup>3</sup>, Amira Meghlaoui<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratory of Natural Sciences and Materials, University Abdelhafid Bousouf, Mila, Algeria*

<sup>2</sup> *University L'arbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, Algeria*

<sup>3</sup> *University 8 May 1948 Guelma, Algeria*

**Abstract:** *Medicinal plants have several therapeutic properties; they have been used for a long time to treat different diseases. *Lantana camara* L. has been widely used by man for healing these diseases. In this study, four leaves extracts of *L. camara* were subjected to preliminary phytochemical screening to determine the presence and/or the absence of phytochemical constituents; In addition, they were tested for hemolytic activity on human erythrocytes. This activity is performed using the UV-Vis spectrophotometer method at 520 nm and at five different concentrations (125 µg/ml, 250 µg/ml, 500 µg/ml, 750 µg/ml, and 1000 µg/ml). The phytochemical screening showed the presence of various phytochemical groups such as phenolic compounds, saponins, sterols, tannins, flavonoids, reducing compounds and the absence of alkaloids in the four extracts. These same extracts showed average hemolytic activity sequentially: chloroformic extract, petroleum ether extract, aqueous extract and then methanolic extract. This activity is dependent on the concentration of the extract.*

**Keywords:** *Lantana camara*, phytochemical screening, hemolytic activity, medicinal plants, organic extracts

**Introduction**

For a long time, humans have used plants for therapeutic purposes to treat various diseases such as fever, cold, pain, headache and others [1]. This use is reported in the oldest literature [2]. All the different organs of the plant such as leaves, bark, roots and flowers are used in the treatment of common diseases such

as bronchitis and tracheobronchite [3]; in fact, the plant is a very rich source of alkaloids, glucosides, saponins, essential oils or resin used for this purpose.

*Lantana camara* L. is an ornamental plant long used in the treatment of various diseases such as colds, varicella, ocular lesions, asthma, bronchitis and high blood pressure [2, 4, 5] it is mentioned as one of the most important medicinal plants in the world [4, 7, 8]. This plant belongs to the family of Verbenaceae native to tropical and subtropical regions. Currently, it occurs in various countries where it is often cultivated as an ornamental plant [9].

Studies on the phytochemical composition of this plant have shown its richness in secondary metabolites such as alkaloids, saponins, flavonoids, sterols, tannins and other compounds; in addition, studies on biological activities have shown that *L. camara* has several effects such as antibacterial effect [10], antifungal effect [11], anti-cancer effect [12], anti-inflammatory effect [13], wound healing effect [14], antioxidant effect [15] and a hyper-glycemic effect [16]; what makes it an important source of new compounds for the pharmaceutical industry and a future candidate for the discovery of new drugs [1]. In this context, the objective of this work is to evaluate the phytochemical composition of four leave's extracts of *L. camara* and to evaluate their hemolytic activity against human erythrocytes.

The choice of this plant was made based on the fact that it is one of the medicinal plants richest medicinal plants in phytochemicals compounds, and according to bibliographic research and our best knowledge, this is the first study of the hemolytic activity of this plant in Algeria.

## Materials and methods

### Collection of plant material

The plant material consists of the leaves of *L. camara* prospected in the region of Ferdjiwa, Mila, Algeria in November 2018. These leaves were washed with plain water and then dried in shade at room temperature. After drying, the leaves are reduced to a fine powder using an electric grinder.

### Preparation of plant extracts

#### 1- Extraction by water maceration

50 g of the resulting powder was mixed with 500 ml of distilled water and continuously agitated for 24 hours at room temperature; then the mixture was filtered by Whatman paper No. 3.

#### 2- Extraction by organic solvents

Successive maceration by three solvents of increasing polarity (petroleum ether, chloroform and methanol) was used as extraction method according to Lavanya et al. [18]. 50 g of the powder was extracted with 250 ml of petroleum ether and placed under mechanical agitation for 24 h at room temperature. After filtration on Whatman paper, the residue from the previous extraction was taken up by 250 ml of chloroform

and left in agitation for 24 h. The residue is re-extracted per 250 ml of methanol for 24 h under the same conditions. Each extraction step is repeated three times with solvent renewal. All three extracts were vacuum-concentrated on rotavapor at 40°C. The three extracts of each solvent were pooled and vacuum-concentrated on rotavapor at 40°C. The four obtained extracts were considered as the stock solution and a dilution series (125 µg/ml, 250 µg/ml, 500 µg/ml, 750 µg/ml, and 1000 µg/ml) was prepared for each.

### **Phytochemical screening**

The chemical characterization tests covered the investigation of the different chemical compounds in all different extracts. These characterizations were made using mainly tube reactions. The results are classified into:

- Very positive reaction +++
- Positive reaction +
- Negative reaction –

#### **1- Alkaloid test**

Precipitation reaction was adapted for the detection of the alkaloids using Dragendorff reagent [19]. 5ml of the extract was introduced in test tubes, and then added 2 ml of HCl and 1 ml of Dragendorff reagent. The formation of a red or orange precipitate indicates the presence of alkaloids.

#### **2- Flavonoid test**

1ml of extract was added to NaOH. Let it work for 3 minutes. An intense yellow coloring indicates the presence or not of flavonoids [20].

#### **3- Tannin test**

The addition of 2% iron trichloride (FeCl<sub>3</sub>) to the test tube with 2 ml of extract can detect the presence or the absence of tannins. The color turns black brown in the presence of gallic tannins (hydrolysable tannins) and heartworm blue in the presence of catechic tannins (condensed tannins) [21].

#### **4- Steroid test**

Dissolve the extracts in 1ml of chloroform and add 1 ml of concentrated sulfuric acid. A positive test is revealed by the appearance of a red top layer [21].

#### **5- Reducing compounds**

Their detection consists in treating 1ml of the extract with 2 ml of distilled water and 20 drops of Fehling's solution, then heating. A positive test is revealed by the formation of a red-brick precipitate [22].

#### **6- Saponins test**

Mix 1ml of the extract with a few drops of distilled water and then shake strongly the solution. The mixture is left for 15 min. The foam persistence of at least 1 cm indicates the presence of saponins [23].

### 7- Terpenoids test

Dissolve the extracts in 1 ml of methanol and add 2 ml of  $\text{CHCl}_3$  then 1ml of acetic anhydride and 1ml of sulfuric acid. Positive detection is revealed by violet staining [24].

### Hemolytic activity

The hemolytic activity was evaluated according to the method described by Sanjeeb in 2011 [1].

### Preparation of erythrocyte cells

Blood samples were collected from healthy volunteer donors of the same blood group and aged 22 to 25 years by vein puncture in heparin tubes. 5 ml of the blood was centrifuged for 3 minutes at 1500 rpm; the obtained pellet was washed 3 times with a sterile saline phosphate buffer solution (pH=7.2 0.2) by centrifugation for 5 min at 1500 rpm. The cell suspension was returned to a normal saline solution at 0.5%.

### Hemolytic activity test

0.5 ml of each extract at different concentrations (125, 250, 500, 750, and 1000  $\mu\text{g/ml}$  in the saline phosphate buffer) was mixed with 0.5 ml of the erythrocyte suspension obtained previously. The mixture was incubated for 30 minutes at  $37^\circ\text{C}$  and centrifuged for 10 minutes at 1500 rpm. The free hemoglobin in the supernatant was measured using the UV-Vis spectrophotometer at 520 nm. The saline phosphate buffer is used as the minimum control of activity, while the distilled water is used as the maximum control. Each experiment was performed three times. The percentage of hemolysis is calculated by the following formula:

$$\% \text{ Hemolysis} = [(At - An) / (Ac - An)] \times 100,$$

Where **At**: absorbance of the test sample

**An**: minimal control absorbance (*phosphate buffered saline* PBS)

**Ac**: maximum control absorbance (distilled water)

### Statistical analysis

The tests were performed in triplicate. The statistical analysis of one-criterion variance was performed by the SPSS software (Statistical Package for the Social Sciences) version 19.

## Results and Discussion

Phytochemical screening helps to reveal the chemical nature of the constituents of the different plant extracts; it can be used to search for bioactive substances used in the synthesis of some drugs [25]. The results of the phytochemical tests carried out on the aqueous, methanolic, chloroformic and petroleum ether extracts of *L. camara* leaves revealed the presence of a variety of phytochemical compounds such as phenolic compounds, saponins, sterols, tannins and flavonoids as a major compound; reducing compounds as minor compounds; and the absence of alkaloids in the four extracts (Table 1).

**Table 1.** Results of phytochemical tests on different extracts of *L. camara* leaves

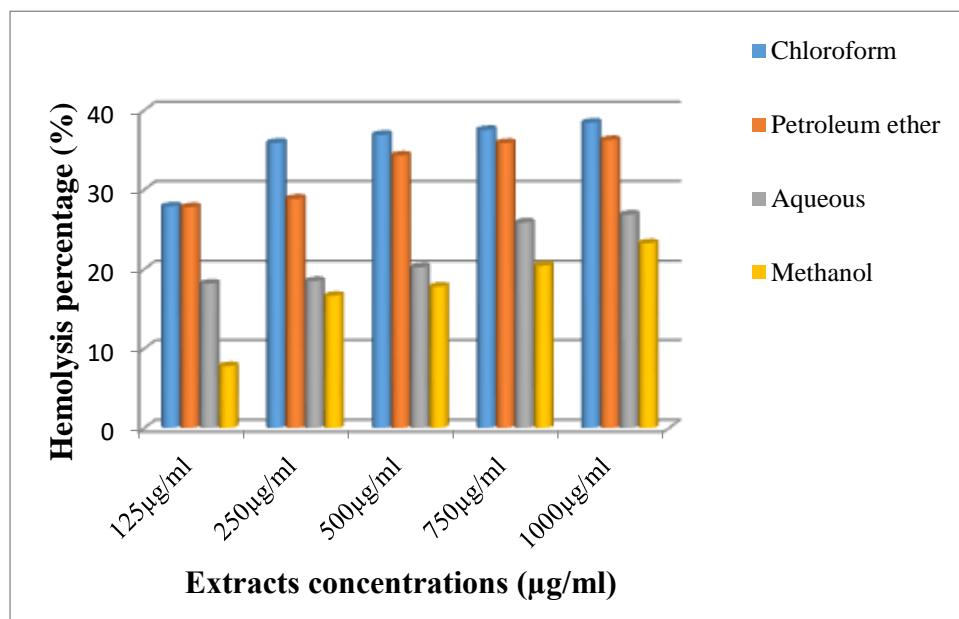
Extract Compounds	Aqueous extract	Methanolic extract	Chloroform extract	Petroleum Ether extract
Alcaloids	-	-	-	-
Sterols	+	+	-	+
Saponin	++	+	+++	+++
Phenolic compound	+++	+++	+++	+++
Reducing compound	-	-	-	+
Gallic tannins	+++	-	+++	-
Catechic Tannins	-	+++	-	+++
Terpenoids	-	-	-	-
Flavonoids	-	-	+++	+++

The hemolytic activity of chloroformic, petroleum ether, methanolic and aqueous extracts of *L. camara* leaves was tested on human erythrocytes and expressed as percentage of hemolysis. The obtained results (Figure 1) showed that the tested extracts have medium hemolytic effect. The methanolic extract at the concentration of 1000 µg/ml induces the lowest hemolytic activity: 23.2%, while the chloroformic extract at the same concentration has the highest hemolytic activity: 39%. The same results also showed that the hemolytic effect depends on the concentration of extract. The hemolytic effect of the different test extracts can be classified as follows: Chloroformic extract > Petroleum ether extract > Aqueous extract > Methanolic extract. The one-criterion variance analysis showed a very highly significant difference ( $P \leq 0,0001$ ) between the four extracts in the different concentrations.

The value of medicinal plants lies in their richness in phytochemical constituents such as flavonoids, phenolic compounds, tannins, terpenoids, sesquiterpenes, etc., which cause a definitive pharmacological action on the human body. The results obtained in this study are similar to those of Oyedara [25], Naeem [26] and are somewhat similar to those of Jo-Ann T. Salada [27] on the essential oils of the leaves of *L. camara* and those obtained with Tripathi [28].

The hemolytic activity of any compound is an indicator of general cytotoxicity to normal healthy cells [29]. The medium hemolytic effect of the four extracts indicates their medium cytotoxicity to human

erythrocytes [1]. This test is useful in determining whether cytotoxic activity is related to direct damage to the membrane or not. Red blood cells are among the most commonly used cells in the toxicity assessment because of their availability, and the ease of their monitoring during cell lysis through the release of hemoglobin. These globules were used as a good cell model to assess the cytotoxicity of different molecules, particularly those isolated from medicinal plants, in order to determine the toxicity of these plants [30].



**Figure 1.** Hemolysis percentage of different extracts of *Lantana camara* according to their concentrations

Several natural and synthetic organic compounds are capable of destabilizing the membrane of red blood cells and lead to their lysis. Peptides rich in cysteine and saponins isolated from plants have very interesting biological activities but they also have hemolytic power. Saponin is a major component of *L. camara* which acts as a secondary metabolite modifying the surface tension of the extracellular medium [31, 32]. Since saponins are terpenic components, the hemolytic effect of this plant can be explained by the presence of these molecules, which have the ability to induce pore formation through cell membranes, resulting in haemolysis and release of hemoglobin into plasma [33].

The hemolytic activity of saponins is considered the result of affinity of the aglycone fraction of these molecules to membrane sterols, especially cholesterol by forming an insoluble complex (saponin-cholesterol micelles), which leads to the destabilization of the lipid bilayer with permanent pore formation in the membrane, and hence to cell lysis [34]. Medicinal plants, despite their therapeutic effects, should be used with the utmost caution as they may have a risk of toxicity [35].

## Conclusion

Medicinal plants play a very important role in the medicinal field. Among these plants *L. camara* which has long been used in traditional medicine to treat various diseases. In this study, we reported the phytochemical composition of four extracts of *L. camara* leaves as well as their hemolytic activity. The results obtained showed the richness of this plant in phytochemicals and its ability to exercise a medium hemolytic activity which reflects its cytotoxicity to normal healthy cells. As perspectives, it is suggested to further study this plant by extraction of bioactive molecules which will be used in the production of herbal medicines; and to deepen the trials by studying other activities such as anticoagulant activity and further study its toxicity *in vitro* and *in vivo*.

## References

- [1] Sanjeeb, K.; Gaurav, K.; Loganathan, K.; Kokati, V.; Bhaskara, R., Phytochemical Composition and *In Vitro* Hemolytic Activity of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) Leaves, *Pharmacologyonline*, **2011**, *1*, 59-67.
- [2] Anonymous, Encyclopedia - The Great Medical. The history of medicine and surgery, the future of medicine, the Nobel Prize. Edition Service S.A., Geneva (Switzerland), **1974**. p. 397.
- [3] Kerharo, J.; Adam, J.G., Traditional Senegalese Pharmacopoeia, *Medicinal and Toxic Plants*. Vigot – Frères, Paris, France, **1950**, 579-581.
- [4] Ross, I.A, Medicinal plants of the world, Humana Press, Totowa, New Jersey, **1999**, 179–182.
- [5] Rastogi, R.P.; Mehrotra, B.N., Compendium of Indian medicinal plants, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, **1995**, *4*, 50-66.
- [6] Chopra, R.N.; Chopra, I.C.; Verma, B.S., Supplement to the glossary of Indian Medicinal plants, Publication and information Directorate, CSIR, New Delhi, **1962**.
- [7] Sharma, O.P.; Singh, A; Sharma, S., Levels of lantadenes, bioactive pentacyclic triterpenoids, in young and mature leaves of *Lantana camara* var. *aculeate*, *Fitoterapia*, **2000**, *71*, 487-491.
- [8] Lavanya, G.; Brahmaprakash, G.P., Phytochemical Screening and antimicrobial activity of compounds from selected medicinal and aromatic plants, *I.J.S.N.*, **2011**, *2(2)*, 287-291.
- [9] Erlânio, O. S and José, G.M., Genus *Lantana*: chemical aspects and biological activities, *Brazilian Journal of Pharmacognosy* , **2012**, *22(5)*, 1155-1180.
- [10] Nagumanthr, V.I; Rahiman, S.; Ahmad, T. P.; Nissankararao, P.; Phani, K.M., *In vitro* Antimicrobial activity of *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia variegata* and *Lantana camara* against some clinical isolated strains, *Iranian Journal of Science & Technology*, **2012**, *2*, 213-217.

- [11] Suryati; Mai, E.; Syntia, H.O.; Hermansyah, A., Antibacterial and Antifungal Activity of Lantanilic Acid Isolated from *Lantana camara* Linn, *Der Pharma Chemica*, **2017**, *9(10)*, 105-108.
- [12] Ghosh, S.; Sarma, M.D.; Patra, A.; Hazra, B., Anti-inflammatory and anticancer compounds isolated from *Ventilago madraspatana* Gaertn., *Rubia cordifolia* Linn. and *Lantana camara* Linn, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **2010**, *62(9)*, 1158-1166.
- [13] Oyedapo, O.O.; Akinpelu, B.A.; Akinwunmi, K.F.; Adeyinka, M.O.; Sipeolu, F.O., Red blood cell membrane stabilizing potentials of extracts of *Lantana camara* and its fractions, *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, **2010**, *2(4)*, 46-51.
- [14] Nayak, B.S; Raju, S.S.; Eversley, M.; Ramsbhag, A., Evaluation of wound healing activity of *Lantana camara* L. - a preclinical study, *Phytotherapy Research*, **2009**, *23 (2)*, 241-245.
- [15] Sanjeeb, K.; Gaurav, K.; Loganathan, K.; Kokati, V.B.R, *In vitro* antioxidant and DNA damage inhibition activity of aqueous extract of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) leaves, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, **2012**, *S1*, 675-679.
- [16] Ganesh, T.; Sen, S.; Thilagam, E.; Thamotharan, G. Loganathan, T.; Chakraborty, R., Pharmacognostic and anti-hyperglycemic evaluation of *Lantana camara* (L.) var. *aculeate* leaves in alloxan-induced hyperglycemic rats, *Int. J. Res. Pharm. Sci.*, **2010**, *1(3)*, 247-252.
- [17] Sanjeeb, K.; Gaurav, K.; Loganathan, K.; Kokati, V.B.R, Phytochemical Composition and *In Vitro* Hemolytic Activity of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) Leaves, *Pharmacologyonline*, **2011**, *1*, 59-67.
- [18] Dialo, D.; Sanogo, R.; Yasambou, H.; Traoré, A.; Coulibaly, K.; Maiza, A., Study of the constituents of the leaves of *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae) traditionally used in the treatment of diabetes in Mali, *C. R. Chemistry*, **2004**, *3*, 1073-1080.
- [19] Dohou, N.; Yammik; Gméran; Idrissi Hassani, L.M., Study of polyphenols in the leaves of an endemic Iberian Moroccan, *Thymelaea lychroides*, *Actabotanica Malacitana*, **2003**, *4*, 233-239.
- [20] Karumi, Y; Onyeyili, P.A; Oyugbuaja, V.O., Identification of active principals of M. Balsaia (Balsam Apple) leaf extract, *J. Med. Sci.*, **2004**, *2*, 179-182.
- [21] Trease, E.G.; Vans, W.C., Pharmacognosy. 11<sup>th</sup> Edition, Balliere Tindall. London, **1978**, 115-222.
- [22] Shah, S.M.M.; Khan, F. A.; Shah, S.M.H.; Chishti, K.A.; Pirzada, S.M.S.S.; Khan, M.A., Evaluation of phytochemicals and antimicrobial activity of white and blue capitulum and whole plant of *Silybum marianum*, *World Appl Sci J*, **2011**, *12(8)*, 1139-1144.
- [23] Dohou N.; Yammik, K.; Gméra, N.; Mina, L.; Hassani I., Etude de polyphénols des feuilles d'une endémique ibéro marocane, *Thymelaea lychroides*, *Actabotanica Malacitana*, **2004**, *29*, 233-239.

- [24] Koffi N.; Beugré K.; Guédé N.Z.; Dossahoua T.; Laurent A., Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Cote-d’Ivoire), *Sciences et Nature*, **2009**, *1*, 1-15.
- [25] Oyedara, O.O.; Elufisan, T.O., Abioye. O.E.; Fadare, T.O.; Adeyemi, F.M., Phytochemical and Antibacterial Activities of Methanolic Leaf Extract of *Lantana camara* Linn, *Instasci. J. of Micro. & Biotech*, **2012**, *2(5)*, 1-11.
- [26] Naeem, Q.; Bashir, A.C; Altaf, D.; Abdul, M.; Rahan, Z., Phytochemical study of Aerial parts of *Lantana camara* for the pharmacological active compounds, *J. App. Pharm.*, **2009**, *1(1)*, 19-26.
- [27] Salada, J.T.; Balala, L.M.; Vasquez, E.A., Phytochemical and Antibacterial Studies of *Lantana camara* L. Leaf Fraction and Essential Oil, *International Journal of Scientific and Research Publications*, **2015**, *5(3)*, 2250-3153.
- [28] Tripathi, I.P.; Ruchita, T.; Amit, T., Investigation of Biologically Active Phytoconstituents present in selected Plants Material of Verbenaceae, Lamiaceae and Fabaceae family, *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, **2017**, *1(2)*, 2321-3124.
- [29] Kumar, G.; Karthik, L.; Rao, K.V.B.; Hemolytic activity of Indian medicinal plants toward human erythrocytes: an *in vitro* study, *Elixir Appl. Botany*, **2011**, *40*, 5534-5537.
- [30] Pagano, M.E.T.; Faggio, C., The use of erythrocyte fragility to assess xenobiotic cytotoxicity, *Cell Biochemistry & Function*, **2015**, *33*, 351-355.
- [31] Salada, J.T.; Balala; L.M.; Vasquez, E.A., Phytochemical and Antibacterial Studies of *Lantana camara* L. Leaf Fraction and Essential Oil, *International Journal of Scientific and Research Publications*, **2015**, *5(3)*, 2250-3153.
- [32] Musyimi, D.M.; Opande, G.T.; Jane, C.; Sikuku, P.A.; Buyela, D.K., Antimicrobial potential and screening of phytochemical compounds of *Lantana camara* Linn, *Journal of Biological Science*, **2017**, *1(2)*, 2455-7676.
- [33] Makkar, H.; Becker, K., Degradation of quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes, *Letters in Applied Microbiology*, **2017**, *25(4)*, 243-245.
- [34] Francis, G.; Kerem, Z.; Makkar, H.P.; Becker, K., The biological action of saponins in animal systems: a review, *British Journal of Nutrition*, **2002**, *88*, 580-605.
- [35] XYang, Z.G.; Sun, H.X.; Fang, W.H., Haemolytic activities and adjuvant effect of *Astragalus membranaceus* saponins (AMS) on the immune responses to ovalbumin in mice, *Vaccine*, **2005**, *23(44)*, 5196-5203.

**Nom :** TALHI  
**Prénom :** Fahima  
**Doctorat en science :** Option Biotechnologie végétale

**Titre :** Etude phytochimique et biologique de *Lantana camara* L.

### Résumé

*Lantana camara* L. est une plante appartenant à la famille des Verbénacées, largement distribuée dans le monde et présente de multiples propriétés médicinales. La présente étude est portée sur la caractérisation botanique et phytochimique de cette plante ; pour cela plusieurs testes ont été effectués.

L'extraction par des solvants organique a mis en évidence 3 extraits de polarité différente, de plus l'extrait aqueux obtenu par macération aqueuse.

La quantification des polyphénols, des tanins hydrolysables, des flavonoïdes et des sucres totaux par les testes spectrophotométriques a révélé leurs présences en quantités considérables.

L'activité antioxydantes des différents extraits a été évaluée par des testes chimiques tels que la méthode de la réduction du fer et celle du piégeage du radical libre DPPH. Les résultats obtenus ont montré un pouvoir réducteur important de certains extraits.

Le pouvoir antibactérien des différents extraits a été évalué vis à vis des bactéries à gram positif et à gram négatif par la méthode de diffusion sur milieu solide ; les résultats obtenus ont montré que l'extrait méthanolique est le plus puissant sur la souche *Staphylococcus aureus*.

L'activité insecticide des différents extraits à des concentrations différentes a été évaluée contre les adultes et les larves de l'espèce *Tribolium castaneum* L. les résultats obtenus montrent que l'extrait méthanolique possède le plus fort pouvoir sur cette espèce.

La capacité hémolytique et anticoagulante de cette plante a été évaluée sur le sang humain ; les résultats obtenus ont montré l'efficacité de cette espèce.

Le potentiel allélopathique de l'extrait aqueux sur la germination et le développement de quatre espèces céréalières et légumineuses a montré son effet inhibiteur sur plusieurs paramètres de germination et de croissance. La poudre des feuilles de cette plante a montré d'une part son effet inhibiteur sur les mêmes espèces céréalières et légumineuses ; et d'autre part son efficacité sur la conservation en poste récolte de ces mêmes espèces. L'effet inhibiteur de l'extrait aqueux sur le développement et la croissance des espèces adventices a montré son efficacité.

**Mots clés :** Activité antioxydante, *Lantana camara* L., métabolites secondaires, phytochimie, activité antibactérienne, activités biocides, activité anticoagulante.

**Laboratoire de recherche :** Laboratoire des ressources naturelles et aménagement des milieux sensibles

**Directeur de thèse :** GHERRAF Nouredine