



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité : Biologie Végétale et Environnement

Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes.

Intitulé

**Etude ethnobotanique, phytochimique,
histologique et activité antidépressive de
Portulaca oleracea L. et *Peganum harmala* L.**

Présenté par : M^{me} SASSOUI Dallal

Membres du Jury :

BORDJIBA Ouahiba (Professeur)	Présidente	Université d'Annaba
SERIDI Ratiba (Professeur)	Promotrice	Université d'Annaba
AMOURA Nadia (Professeur)	Examinatrice	Université d'Annaba -Faculté de Médecine-
HOUMANI Zahia (Professeur)	Examinatrice	Université de Blida
BELHADJ Safia (Professeur)	Examinatrice	Université de Djelfa
TOUNSI Slim (Professeur)	Examinateur	Université de Sfax Tunisie

Invitée :

AZIN Kenza : Chef du Laboratoire de Pharmacologie SAIDAL

Année universitaire : 2015/2016

Remerciements

Ce travail de recherche est le fruit de nombreuses collaborations pluridisciplinaires, il se situe à la frontière entre la chimie et la biologie ayant une finalité thérapeutique. Mes chaleureux remerciements à toutes les personnes qui ont soutenu cette thèse.

Je tiens tout d'abord à remercier ma Professeur Seridi Ratiba qui est ma directrice de thèse et Chef du Laboratoire de Plantes Aromatiques et Médicinales, pour son appui, ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail. Je lui adresse mes vifs remerciements et ma reconnaissance.

J'exprime, ma profonde reconnaissance à Madame Azin Kenza, Chef du Laboratoire de Pharmacologie SAIDAL, pour la confiance qu'elle m'a accordée en m'accueillant au sein du laboratoire, de m'avoir fait bénéficier de ses hautes compétences dans le domaine de pharmacologie. Qu'elle veuille bien accepter l'expression de mon profond respect.

Je remercie tous les membres du jury qui ont accepté de juger la qualité de ce travail:

Madame Bordjiba Ouahiba, Professeur au département des sciences de la nature et de la vie de l'université d'Annaba, vous qui me faites le grand plaisir de présider le jury de ce mémoire.

Madame Houmani Zahia, Professeur au département des sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida, pour avoir accepté examiner ce travail. Merci pour votre compréhension, votre aide et vos remarques. Je vous exprime toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude.

Madame Belhadj Safia, Professeur au département des sciences de la nature et de la vie de l'université de Djelfa, qui a bien voulu participer dans ce jury et examiner ce travail.

Madame Amoura Nadia, Professeur à la faculté de Médecine de l'université d'Annaba, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Monsieur Tounsi Slim, Professeur à l'université de Sfax-Tunisie, d'avoir aimablement accepté de se déplacer et bien vouloir juger ce travail.

Je dois également exprimer ma gratitude à:

Professeur Tahar Ali qui m'a apporté des appuis dans le traitement des données statistiques. Un grand merci pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements. J'en suis sincèrement reconnaissante.

Le personnel technique de l'institut de Chimie Biomoléculaire du CNR de Sassari-Italie qui m'a aidé sans commune mesure, lors des analyses de laboratoire. Je voudrais citer à ce titre les professeurs Usai Marianna, Marchetti Mauro, Sechi Barbara et Maurizio Mulas.

Mlle Soumia, technicienne de l'université de Jijel, qui m'a apporté un grand appui dans quelques analyses phytochimiques.

Un merci tout particulier à mon amie Bachir Kamilia, pour son aide précieuse, son encouragement et son soutien.

Je tien également à témoigner ma reconnaissance à mes amis et collègues ; pour l'encouragement, l'ambiance chaleureuse du groupe, aux étudiants, enseignants et personnels du département des sciences de la vie et de la nature.

A ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document, qui trouveront ici, mes profondes reconnaissances et remerciements.

Mes derniers mots sont réservés à ma famille :

- A toutes ma famille, à mes chers parents, à mes sœurs qui m'ont soutenu et encouragé sans relâche durant toutes ces années.
- A mon mari qui a tant sacrifié pour l'aboutissement de cette thèse, qui a été toujours présent à mes côtés : son soutien m'était d'un grand apport.
- A ma belle famille qui m'a épaulé durant les moments difficiles.

Liste des abréviations

- HPA** : axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien.
- ACTH** : Hormone adrénocorticotropine.
- MAO** : Monoamines oxydase.
- IMAO** : Inhibition des monoamines oxydase.
- AGS** : Acides gras saturés.
- AGMI** : Acides gras mono insaturés.
- AGPI** : Acides gras polyinsaturés.
- AGE** : Acides gras essentiels.
- OMS** : Organisation mondiale de la Santé.
- CRH**: hormone corticolibérine (corticotropin releasing hormone)
- 5-HT**: Sérotonine.
- NA**: Noradrénaline.
- DA**: Dopamine.
- LT**: Lipides totaux.
- AT**: Alcaloïdes totaux.
- EPO**: Extrait de *Portulaca oleracea* L.
- EPH**: Extrait de *Peganum harmala* L.
- CRD** : Centre de Recherche et de Développement.
- PH** : *Peganum harmala* L.
- PO** : *Portulaca oleracea* L.
- Moy t° mini /max** : Moyenne température minimale/ maxiamale
- FM** : Formule brut.
- S** : Surface.
- TR** : Temps de rétention.
- CGMS** : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.
- HTA**: Acide Hexadecatrienoic.
- FST**: Forced swim test « nage forcée ».
- s**: seconde.
- u/G**: unité/Groupe.
- THH** : Tetrahydroharmine.

Liste des figures

Numéro	Figure	Page
01	Appareil végétatif <i>Peganum harmala</i> L.	07
02	Appareil reproducteur <i>Peganum harmala</i> L.	08
03	Appareil végétatif <i>Portulaca oleracea</i> L.	13
04	Appareil reproducteur <i>Portulaca oleracea</i> L.	14
05	Structure chimique des β -carbolines (harmine, harmane et harmaline)	19
06	Biosynthèse des β -carbolines	19
07	Structure chimique des oméga-3 (ALA, EPA et DHA)	27
08	Mécanismes d'actions des antidépresseurs	33
09	Inhibiteurs des monoamines oxydases (IMAO)	34
10	Inhibiteurs de la recapture des monoamines.	35
11	<i>Peganum harmala</i> L. d'Ain El Roumiya	41
12	<i>Portulaca oleracea</i> L. d'El-maâlba	41
13	Extraction des alcaloïdes de <i>Peganum harmala</i> L.	46
14	Extraction des lipides de <i>Portulaca oleracea</i> L.	48
15	Test de la nage forcée	52
16	Protocole expérimentale de l'activité antidépressive	54
17	Coupe transversale de la feuille	61
18	Coupe transversale de la tige	62
19	Coupe transversale de la racine	63
20	Coupe transversale de la feuille	67
21	Coupe transversale de tige	68

22	Coupe transversale de tige	69
23	Coupe transversale d'une racine	70
24	Les maladies traitées par le <i>Peganum harmala</i> L. dans la région de Djelfa	78
25	Les maladies traitées par le <i>Portulaca oleracea</i> L. dans la région de Djelfa	82
26	Alcaloïdes totaux dans les organes de <i>Peganum harmala</i> L.	85
27	Variation des teneurs en lipides totaux des organes de <i>Portulaca oleracea</i> L.	87
28	Chromatogramme CG-MS de l'extrait des feuilles de <i>Peganum harmala</i> L.	89
29	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des tiges de <i>Peganum harmala</i> L.	90
30	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des fruits de <i>Peganum harmala</i> L.	91
31	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des graines de <i>Peganum harmala</i> L.	92
32	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des feuilles de <i>Portulaca oleracea</i> L.	100
33	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des tiges de <i>Portulaca oleracea</i> L.	101
34	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des fruits de <i>Portulaca oleracea</i> L.	102
35	Chromatogramme CG - MS de l'extrait des graines de <i>Portulaca oleracea</i> L.	103
36	Effet de l'EPH et le diazépam sur le temps d'immobilité des rats	121
37	Effets de l'EPO et le diazépam sur la teneur en ACTH (pg/ml)	122
38	Effet de l'EPO et du diazépam sur le temps d'immobilité des rats	127
39	Effets de l'EPO et du diazépam sur la teneur en ACTH (pg/ml) des rats	128

Liste des tableaux

Numéro	Tableau	Page
01	Structure et taxonomie des acides gras	25
02	Les données climatiques d'Ain El Roumiya 2014	55
03	Les données climatiques d'El Maâlba 2013	56
04	Caractéristiques du sol de <i>Peganum harmala</i> L. d'Ain El Roumiya	57
05	Caractéristiques du sol de <i>Portulaca oleracea</i> L. d'El Maâlba	58
06	Screening chimique de <i>Peganum harmala</i> L.	72
07	Screening chimique de <i>Portulaca oleracea</i> L.	74
08	Enquête ethnobotanique de <i>Peganum harmala</i> L..	78
09	Identification de quelques recettes locales à base de <i>Peganum harmala</i> L.	79
10	Enquête ethnobotanique de <i>Portulaca oleracea</i> L.	82
11	Identification de quelques recettes locales à base de <i>Portulaca oleracea</i> L.	83
12	Composition phytochimiques des feuilles de <i>Peganum harmala</i> L.	93
13	Composition phytochimiques des tiges de <i>Peganum harmala</i> L.	94
14	Composition phytochimiques des fruits de <i>Peganum harmala</i> L.	95
15	Composition phytochimiques des graines de <i>Peganum harmala</i> L.	95
16	Comparaison des teneurs en alcaloïdes des organes de <i>Peganum harmala</i> L.	96
17	Composition phytochimique des feuilles de <i>Portulaca oleracea</i> L.	104
18	Composition phytochimique des tiges de <i>Portulaca oleracea</i> L.	108
19	Composition phytochimique des fruits de <i>Portulaca oleracea</i> L.	112
20	Composition phytochimique des graines de <i>Portulaca oleracea</i> L.	114

21	Échelle de la classification des substances toxiques chez les rongeurs selon Hodge et Sterner	119
22	Pourcentage de mortalité des rats après administration de l'EPH	119
23	Pourcentage de mortalité des rats après administration de l'EPO	120
24	Temps d'immobilité de (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4)	122
25	Teneurs en ACTH de (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4)	123
26	Taux de défécation des rats. ** P <0.01 par rapport au témoin "Dunnet test"	123
27	Variation du poids relatif des organes des groupes de PH (g/100g), "Dunnet test"	123
28	Temps d'immobilité des rats des 4 lots (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4). *** P <0,001 par rapport au témoin \bar{x}_1 . « Test Tukey »	127
29	Teneurs en ACTH (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4) *** P <0,001 par rapport au témoin « Test Tukey»	128
30	Taux de défécation des rats. ** P <0,01 par rapport au témoin « Test Dunnet »	129
31	Variation du poids relatif des organes des groupes de PO (g/100g), "Dunnet test"	129

Sommaire

Introduction générale.....	1
Partie I : Etude bibliographique	1
Chapitre I: Aperçu sur <i>Peganum harmala</i> L. & <i>Portulaca oleracea</i> L.	
I. <i>Peganum harmala</i> L.....	5
1. Généralités sur le <i>P. harmala</i> L.	5
2. Position dans la systématique botanique de <i>P. harmala</i> L.....	5
3. Caractères morphologiques de <i>P. harmala</i> L.....	6
4. Origine, habitat et exigence de <i>P. harmala</i> L.....	9
5. Culture et récolte de <i>P. harmala</i> L.	9
6. Utilisation de <i>P. harmala</i> L.....	10
II. <i>Portulaca oleracea</i> L.....	11
1. Généralités sur <i>P. oleracea</i> L.	11
2. Position dans la systématique botanique de <i>P. oleracea</i> L.	11
3. Caractères morphologiques de <i>P. oleracea</i> L.	12
4. Origine, habitat et exigence de <i>P. oleracea</i> L.	15
5. Culture et récolte de <i>P. oleracea</i> L.	16
6. Utilisation de <i>P. oleracea</i> L.	16
Chapitre II: Les métabolites secondaires à caractère antidépresseur	
I. Les alcaloïdes indoliques	18
1. Généralités sur les alcaloïdes indoliques.....	18
2. Structure et biosynthèse des alcaloïdes indoliques (β -carboline)	18
3. Propriétés physicochimiques des alcaloïdes de <i>P. harmala</i> L.	19
4. Variation des teneurs alcaloïdiques chez les plantes	20
5. Localisation des alcaloïdes indoliques	20
6. Action pharmacologique et emplois des alcaloïdes indoliques.....	21
7. Action toxicologique des alcaloïdes indoliques	21
II. Les acides gras	23
1. Généralités sur les acides gras	23
2. Définition des acides gras	23
3. Nomenclature des acides gras	24
3.1 Nomenclature officielle	24
3.2 Nomenclature Oméga	24

4.	Taxonomie des acides gras.....	24
4.1	Les acides gras saturés (AGS)	24
4.2	Les acides gras mono-insaturés (AGMI)	25
4.3	Les acides gras polyinsaturés (AGPI)	26
5.	Le rôle des lipides dans les végétaux :	26
6.	Les acides gras oméga-3	26
6.1	La répartition des oméga-3	27
6.2	La biosynthèse des acides gras « oméga-3 »	27
7.	Actions pharmacologiques et emplois des oméga-3	28

Chapitre III: Généralités sur la dépression

1.	La dépression.....	29
1.1	Définition	29
1.2	Symptômes	29
1.3	Epidémiologie.....	29
1.4	Etiologie.....	30
1.4.1	Facteurs génétiques	30
1.4.2	Facteurs environnementaux : Implication de l'axe HPA	31
2.	Les traitements antidépresseurs	32
2.1	Les antidépresseurs tricycliques (imipraminiques)	33
2.2	Les inhibiteurs de la monoamine oxydase (IMAO)	34
2.3	Les inhibiteurs de la recapture des monoamines	34
3.	Phytothérapie de la dépression	35
	Partie II : Etude expérimentale	40

I. Matériels et Méthodes

1.	Présentation des stations d'étude de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.....	40
2.	Matériel végétal	40
2.1	Récolte et choix de <i>P. harmala</i> L. et <i>P. oleraceae</i> L.	40
3.	Traitement des échantillons de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.....	42
4.	Analyses du sol de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.....	42
5.	Etude histologique de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.	42
6.	Le screening chimique de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.	43
7.	Etude ethnobotanique de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.....	45
8.	Extraction des alcaloïdes totaux de <i>P. harmala</i> L.....	46
9.	Extraction des lipides totaux (acides gras) de <i>P. oleracea</i> L.	47
10.	Analyse chromatographique	47

10.1 <i>Peganum harmala</i> L.....	477
10.2 <i>Portulaca oleracea</i> L.	477
11. Identification des alcaloïdes et des acides gras	478
12. Evaluation des rendements des alcaloïdes et des lipides totaux.....	47
12.1 Détermination de la matière sèche	Erreur ! Signet non défini.
12.2 Rendement des alcaloïdes et des lipides.....	Erreur ! Signet non défini.
13. Analyse chromatographique des lipides totaux :.....	47
14. Evaluation de l'effet toxique de l'extrait de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.....	49
15. Activité antidépressive de <i>P. oleracea</i> L. et <i>P. harmala</i> L.	50
15.1 Matériel animal	51
15.2 Matériel végétal	51
15.3 Protocole expérimental	51
15.3.1 Test de la Nage forcée.....	51
15.3.2 Méthode d'analyse biologique ACTH	53
15.3.3 Dissection et prélèvement des organes	53
16. Méthodes d'analyses statistiques.....	53
16.1 Description des données	53
16.2 Le test t de STUDENT.....	53
16.3 L'analyse de la variance (ANOVA) (Dunnett et Tukey)	54
II. Résultats et Discussion	
1. Caractéristiques climatiques.....	55
1.1. Analyse des conditions climatiques d'Ain El Roumiya (<i>P. harmala</i> L.)	55
1.2. Analyse des conditions climatiques d'El Maâlba (<i>P. oleracea</i> L.)	56
2. Caractéristiques édaphiques	56
2.1. Analyse des caractéristiques édaphiques d'Ain El Roumiya	56
2.2. Analyse des caractéristiques édaphiques d'El Maâlba	57
3. Histologique	58
3.1. Structure des organes de <i>P. harmala</i> L.....	58
3.2. Structure des organes de <i>P. oleracea</i> L.	64
4. Screening chimique	72
4.1. <i>Peganum harmala</i> L.	72
4.2. <i>Portulaca oleracea</i> L.....	74
5. Enquête ethnobotanique	76
5.1. <i>Peganum harmala</i> L.	76
5.2. <i>Portulaca oleracea</i> L.	80

6.	Evaluation des teneurs des "AT" de <i>P. harmala</i> L. et des "LT" de <i>P. oleracea</i> L.....	84
6.1.	Variation des teneurs en alcaloïdes totaux (AT) de <i>P. harmala</i> L.	84
6.2.	Variation des teneurs en lipides totaux (LT) de <i>P. oleracea</i> L.....	87
7.	Composition phytochimique	88
7.1.	Composition en alcaloïdes de <i>P. harmala</i> L.	88
7.2.	Composition en acide gras dans les organes de <i>P. oleracea</i> L.....	99
8.	Détermination de la DL50	119
9.	Activité antidépressive	121
9.1.	<i>Peganum harmala</i> L.	121
9.1.1.	La nage forcée (FST)	121
9.1.2.	Analyse de l'ACTH (AdrenoCorticoTropin Hormone).....	122
9.1.3.	Quantité de défécation	123
9.1.4.	Evaluation de l'état pondéral des organes des groupes de PH	123
9.2.	<i>Portulaca oleracea</i> L.....	126
9.2.1.	La nage forcée.....	126
9.2.2.	Analyse de l'ACTH (adrénocorticotropine)	127
9.2.3.	Quantité de défécation	128
9.2.4.	Evaluation de l'état pondéral des organes des groupes de PO	129
	Conclusion générale	132
	Références bibliographiques	134
	Annexes	

Résumé :

Ce travail se veut une plaidoirie pour l'utilisation des substances bioactives végétales au profit de la médecine notamment en neurologie et ce en terme d'étude ethnobotanique, phytochimique, histologique, et surtout en terme de : mise en évidence de l'activité antidépressive des espèces *Peganum harmala* L. et *Portulaca oleracea* L., connues pour leur richesse en alcaloïdes, et acides gras ; et qui selon notre enquête, révèlent une vocation antidépressive tant reconnue, et utilisé dans la région de Djelfa. De ce qui précède, il a été question d'évaluer cet effet via le test de la nage forcée, et par l'analyse de l'ACTH (hormone adrencorticotropine). Les extraits des deux espèces administrés à différentes doses, on fait l'objet d'un test de toxicité DL50 et d'efficacité, afin de définir les dilutions adéquates nécessaires dans ce genre d'application. Parallèlement, un suivi qualitatif et quantitatif des principes actifs durant plusieurs périodes phénologiques, a été réalisé sur les deux espèces par l'analyse chromatographique CG-MS. L'administration des différentes doses de l'extrait des graines de *Peganum harmala* L. chez les rats, pourrait être en mesure de réduire leurs temps d'immobilité et le taux de l'ACTH et d'induire des effets antidépresseurs, surtout avec la dose 300mg/kg. Cependant, l'étude de la toxicité aiguë des doses utilisées a permis de définir la DL50 de cet extrait qui a été évaluée à 383.33 mg/. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'analyse chromatographique qui a démontré la présence des β -carbolines tels que : l'harmaline, l'harmine et le tetrahydroharmine connus par leurs effets neuropharmacologiques. Les teneurs de ces alcaloïdes varient d'un stade à un autre. C'est au stade de maturation que l'harmaline est plus importante (55,631%) et l'harmine prend le dessus avec un maximum de 91,775%. En outre, l'extrait de *Portulaca oleracea* L. a pu réduire la durée de l'immobilité au cours du test de la nage forcée ainsi que le taux de l'ACTH, principalement avec la dose 400mg/kg voir avec une DL50 estimée à 525 mg/kg. Car l'espèce est riche en acide alpha-linolénique (oméga-3) connu pour son action neuropharmacologique. Ces teneurs varient en fonction du développement de la plante et les facteurs environnementaux, cas du stade végétatif manifestant une plus grande richesse en acide linoléique avec un taux de 32.07%, quand les températures sont basses. A cet effet, l'administration par voie orale des extraits de *Peganum harmala* L. et de *Portulaca oleracea* L. peut s'avérer un antidépresseur adéquat, en diminuant le taux de l'ACTH et donc relever l'état dépressif et atteindre l'état normal des animaux traités.

Mots clés: *Peganum harmala* L.; *Portulaca oleracea* L.; CGMS; Antidépressive; ACTH

Abstract:

This work would be a plea for the use of plant bioactive substances for the benefit of medicine particularly in neurology, that in terms of ethnobotanical study, phytochemical, histological, and especially in terms of: highlighting of antidepressant activity of the species *Peganum harmala* L. and *Portulaca oleracea* L., known for their rich in alkaloids, and fatty acids; and according to our survey reveal antidepressant vocation as recognized and used in the Djelfa region. From the foregoing, it was discussed to evaluate this effect via the forced swim test, and by the analysis of ACTH (adrenocorticotropine hormone). The extracts of both species at different doses administered were the subject of toxicity test LD50 and efficacy, in order to define the appropriate dilutions necessary in this kind of application. Meanwhile, a qualitative and quantitative monitoring of the active substances for several phenological periods was carried out on both species by chromatographic analysis GC-MS. The administration of different doses of the seeds extract of *Peganum harmala* L. in rats, may be able to reduce their immobility time and ACTH levels and induce antidepressant effects, especially with the dose 300mg/kg. However, the study of the acute toxicity of the doses used allowed to determine the LD50 of this extracts, that was estimated at 383.33mg/kg. These results can be explained by the analysis chromatographic which demonstrated the presence of β -carbolines such as harmaline, harmine and tetrahydroharmine known by their neuropharmacological effects. The levels of these alkaloids vary from one stage to another. However, it is at the stage of maturation that harmaline is more important (55.631%) and harmine takes over with up to 91.775%. In addition, the extract of *Portulaca oleracea* L. was able to reduce the immobility time during the forced swim test well as the rate of ACTH, mainly with the dose 400mg/kg, see with an estimated of LD50 at 525mg/kg. As the species is rich in alpha-linolenic acid (omega-3), known for their neuropharmacological action. These levels depend on the development of the plant and environmental factors, where the vegetative stage manifesting greater wealth in linolenic acid with a 32.07% rate when temperatures are low. To this end, the oral administration of extracts of *Peganum harmala* L. and *Portulaca oleracea* L. can be adequate antidepressant by decreasing the ACTH rate and therefore raise the depression and reach the normal state of the treated animals.

Keywords: *Peganum harmala* L.; *Portulaca oleracea* L.; CGMS; antidepressant; ACTH

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو تقديم البراهين في استخدام المواد النباتية الحيوية لمصلحة الطب بما في ذلك علم الأعصاب، حيث يشمل دراسة اثنوباتية، كيمياء النبات والنسجية، وخاصة إبراز النشاط المضاد للاكتئاب لأنواع *Portulaca* و *Peganum harmala* L. *oleracea* L. ، المعروف عن ثرائهما بقلويدات، والأحماض الدهنية. وفقا لاستطلاع الرأي تكشف عن قدرتها المضادة للاكتئاب المعترف بها والمستخدمة في منطقة الجلفة. مما سبق، كان الطرح في تقييم هذا التأثير عن طريق اختبار السباحة القسري، وتحليل (ACTH (hormon adrencorticotropin. مستخلصات كلا النوعين بجرعات مختلفة تدار هدفا لعملية اختبار السمية LD50 والكفاءة، من أجل تحديد التخفيفات المناسبة اللازمة في هذا النوع من التطبيق. وفي الوقت نفسه، رصد نوعي وكمي للمواد الفعالة لعدة فترات فيزيولوجية، أجريت على النوعين بالتحليل الكروماتوغرافي GCMS . إجراء جرعات مختلفة من مستخلص بذور *Peganum harmala* L. للفران، قد تكون قادرة على تقليل وقت الجمود ومعدل ACTH وإحداث تأثيرات مضادة للاكتئاب، خاصة مع الجرعة 300 ملغ/كغ ومع ذلك، فإن دراسة السمية الحادة للجرعات المستخدمة مكنتنا من تحديد الـ LD50 التي قدرت قيمتها بـ 383.33 ملغ/كغ. هذه النتائج يمكن تفسيرها من خلال التحليل الكروماتوغرافي لمستخلصاتها التي أظهرت وجود الـ β -carbolines مثل: harmaline, harmine, tetrahydroharmin معروفة من قبل تأثيرها على الجهاز العصبي. وتختلف مستويات هذه القلويدات من مرحلة إلى أخرى . وعلى مستوى النضج الـ harmaline يأخذ أكثر أهمية (55.631%) ويتولى الـ harmine بحد أقصى 91.775%. وبالإضافة إلى ذلك، مستخلص الـ *Portulaca oleracea* L. قادر على الحد من مدة الجمود خلال اختبار السباحة القسري ومعدل ACTH لا سيما الجرعة 400 ملغ/كغ نظرا لـ LD50 ما يقدر بـ 525 ملغ/كغ. لأن هذا النوع غني بحمض الفا لينوليك (أوميغا 3) والمعروف عن قدرته لنظام الجهاز العصبي. هذه المحتويات تتغير بنمو النبات والعوامل البيئية، مثل المستوى الخضري يظهر حمض اللينولينيك بنسبة 32.07% و ذلك عندما تكون درجات الحرارة منخفضة. لهذا الغرض، الإستعمال عن طريق الفم لمستخلصات *Portulaca oleracea* L. و *Peganum harmala* L. يمكن أن يكون مضاد للاكتئاب ، من خلال الحد من معدل ACTH وبالتالي ضبط الاكتئاب والوصول إلى الحالة الطبيعية للحيوانات المعالجة.

مفاتيح الكلمات : *Peganum harmala* L. ; *Portulaca oleracea* L. ; GCMS ; المضادة للاكتئاب ; ACTH

Introduction générale

Introduction générale

La flore africaine en générale, et Algérienne en particulier, regorge d'une importante réserve de plantes à caractère aromatique et médicinal. Ainsi, l'utilisation des plantes médicinales occupe une place importante dans la médecine traditionnelle algérienne (Djedioui, 2009). De l'impressionnante réserve des plantes à travers le monde, seulement 10% ont fait l'objet d'étude de leurs propriétés pharmacologiques (Badiaga, 2011).

Dans cette optique, l'étude de la phytochimie fait l'objet d'intenses investigations pour aider à déterminer les constituants chimiques présents dans les plantes médicinales. De ces nombreuses plantes médicinales, notre étude s'est portée sur les deux espèces végétales *Peganum harmala* L. et *Portulaca oleracea* L. qui poussent dans la région de Djelfa, et très largement utilisées par les tradipraticiens contre multiples maladies. Pour mener à bien ces investigations, divers organes des plantes (feuilles, fruits, graines et tiges) sont cueillies dans leurs habitats naturels afin de déterminer leur taux de toxicité et analyser leurs éventuels effets pharmacologiques. Un des outils indispensables est la connaissance du **screening phytochimique** qui permet de déceler la présence des groupes de familles chimiques dans une drogue donnée. Le criblage phytochimique joue un rôle essentiel dans la caractérisation des groupes de familles chimiques dans une plante donnée.

Au préalable, un travail de terrain est effectué sur les deux espèces dont le but consiste à mener une **enquête ethnobotanique** auprès des tradithérapeutes, des herboristes et des individus vivant en contact avec les plantes médicinales. Il s'agit de mettre en cohérence les informations relatives sur l'usage de ces plantes en médecines traditionnelle et de créer une synergie d'activité avec les composés chimiques actifs utilisés en médecine conventionnelle.

Le *Peganum harmala* L. appartient à la famille des *zygophyllaceae* lesquelles peuvent contenir de nombreuses substances chimiques capable de manifester diverses activités pharmacologiques remarquables (Lavergne, 2013). Parmi ces substances nous nous sommes intéressés aux **alcaloïdes**, qui sont des composés organiques azotés et naturels (Bruneton, 2009). La teneur en alcaloïdes varie selon l'espèce, le stade de **développement phénologique** des plantes, les conditions environnementales auxquelles les plantes sont soumises telles que la température, l'humidité et l'intensité lumineuse (Cosson et *al.*, 1966), la localisation géographique (Kumar et *al.*, 1984) et la position des feuilles sur l'axe de la tige (Houmani, 1999).

Ainsi, le *Portulaca oleracea* L. de la famille *Portulacaceae*, abonde dans toute l'Algérie (Quézel et Santa, 1962), et représente une source d'**acide gras (Oméga-3)** (Lim et Quah, 2007). Ses teneurs varient considérablement en fonction de la période de récolte de l'espèce, et les **facteurs environnementaux**, qui jouent un rôle important dans la composition des acides gras (Derek et *al.*, 2005). A cet effet, nous avons cherché à réaliser un suivi **qualitatif et quantitatif** des alcaloïdes indoliques et les oméga-3 le long du cycle de développement des deux plantes. Les analyses chromatographiques ont décelé la présence des alcaloïdes indoliques (β -carbolines) dans les organes de *Peganum harmala* L. et des acides gras (oméga-3) dans les organes de *Portulaca oleracea* L. Des recherches ont montré que ces principes actifs pourraient exercer des effets antidépresseurs, dont les oméga-3 empêchent la recapture de la sérotonine (Laino et *al.*, 2010) et les β -carbolines jouent un rôle d'inhibiteur réversible de la monoamine oxydase (MAO) (Kevin, 2008).

La dépression est un trouble mental courant qui touche mondialement plus de 350 millions de personnes (Mercier, 2012). C'est une véritable maladie, avec des causes, et des symptômes psychiques et physiques bien identifiés (Jérôme, 2012), en ayant un impact direct sur la santé et l'équilibre de la personne atteinte (Manta, 2012).

La dépression entraîne une hyperactivité de l'axe hypothalamo-hypophysé-surrénalien (HPA), il en résulte une sécrétion excessive de l'hormone ACTH (adrénocorticotropine) (Daniel et *al.*, 2015). L'augmentation de cette dernière dans le sang est un indicateur de dépression (Ian, 2010). Au cours des deux dernières décennies, de nouveaux antidépresseurs sont apparus mais qui ne sont pas dépourvus d'effets secondaires. Par conséquent, beaucoup de patients refusent le traitement par des psychotropes synthétiques, et préfèrent le remède par des plantes médicinales, qui appartiennent aujourd'hui aux produits phytothérapeutiques les plus utilisés dans le monde et donc les plus prescrits (Delini-Stula et *al.*, 2002).

L'utilisation des alcaloïdes et des oméga-3 en tant que médicaments a conduit à des tests concluants, quant au fort potentiel thérapeutique. C'est la raison pour laquelle nous avons axé nos travaux sur l'étude de ces plantes, tant d'un point ethnobotanique que chimique et sur les activités biologiques des extraits des deux espèces.

En Algérie, les antidépresseurs sont importés pour les besoins de l'industrie pharmaceutique (JD, 2016) à des coûts élevés, alors que, la flore Algérienne est riche en **plantes antidépressives** poussant à l'état sauvage, mais non valorisées.

A cet effet, dans ce travail nous avons évalué l'effet **antidépresseur** des extraits de *Portulaca oleracea* L. et ceux *Peganum harmala* L. via un test comportementale 'la nage forcée' et par l'analyse de l'**hormone adrénocorticotropine** (ACTH) des rats. En cela, notre étude s'inscrit pleinement dans la stratégie de « **développer la production des médicaments traditionnels, et valoriser la flore locale** ».

Partie I :

Revue bibliographique

Partie I : Etude bibliographique

Cette partie est consacrée essentiellement à un recueil d'une somme considérable de résultats, listés dans la littérature en rapport avec l'étude ethnobotanique, phytochimique, histologique, et activité antidépressive des deux espèces *Peganum harmala* L. et *Portulaca Oleracea* L.

Ces informations concernent, la botanique des plantes étudiées, leurs intérêts pharmacologiques, leur usages phytothérapeutique, ainsi que leurs compositions chimiques.

Dans ce sens, l'étude bibliographique comporte donc trois grands chapitres :

- Le premier concerne les deux espèces *Peganum harmala* L. et *Portulaca olercea* L. : leur présentation botanique et leurs propriétés thérapeutiques.
- Le deuxième concerne une présentation générale des alcaloïdes et des acides gras.
- Le troisième représente en générale, la dépression et les médicaments antidépresseurs.

Chapitre I :

Aperçu sur

Peganum harmala L.

& Portulaca oleracea L.

I. *Peganum harmala* L.

1. Généralités sur le *Peganum harmala* L.:

La famille des zygophyllacées ou *zygophyllaceae* est une petite famille de plantes dicotylédones et angiospermes qui rassemble plus ou moins 240 espèces réparties essentiellement dans les zones arides des régions tropicales et subtropicales (Lavergne, 2013). Le genre *Peganum* tient son nom du grec et est attribué aux espèces de la rue, alors que le nom de l'espèce *harmala* dérive de celui de la ville Libanaise Hermel (Mars, 2009). Il comprend des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces (Tahri et al., 2004). Les plantes de ce genre sont connues pour leurs richesses en alcaloïdes indoliques telles que : *Peganum mexicanum* Gray., *Peganum nigellastrum* Bge., *Peganum multisectum* Maxim. et *Peganum harmala* L. (Lavergne, 2013). Cette dernière est une espèce endémique des zones semi- arides, qui se développe dans les zones sahariennes du Nord du continent africain et se prolonge jusqu'au Nord de l'Inde et le Nord de la Chine (Abbassi et al., 2003). Cette plante s'appelait en français, rue sauvage, rue verte et pegane. Les arabes l'ont appelé harmel, armel et bizrel harmel. En Algérie, elle est connue par le nom harmel et harmel sahari (Hammiche et Merad, 1997).

Quézel et Santa (1963) citent une seule espèce de ce genre en Algérie: *Peganum harmala* L. et qui se développe dans les hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional et aux montagnes du Sahara central. Selon (Abbassi et al., 2003), cette espèce est assez riche en alcaloïdes indoliques particulièrement en harmaline.

2. Position dans la systématique botanique de *Peganum harmala* L. :

Règne : plantae

Embranchement : Spermatophytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Rosidae

Ordre : *Sapindales*

Famille : *Nitrariaceae*

Genre : *Peganum*

Espèce : *Peganum harmala* L. (Ozenda, 1991).

3. Caractères morphologiques de *Peganum harmala* L.:

Peganum harmala L. est une plante herbacée, vivace et buissonnante de 30 à 90 cm de hauteur, à odeur fortement désagréable (Chopra et al., 1960; Quézel et Santa, 1963; Ozenda, 1977 in Hammiche et Merad, 1997). Elle est souvent d'une apparence touffue (figure 1.a) (Preedy et al., 2011).

La tige est dressée, très rameuse, qui disparaît durant l'hiver (Chopra et al., 1960). Elle possède des entrenœuds assez courts, densément feuillés (Bouziane, 2012). Chez les plantes adultes, la tige est rigide, droite, ramifiée et glabre (Watson et al., 2011).

Les feuilles sont alternes, charnues d'un vert vif, mesurant de 2 à 5 cm de long (Parsons et Cuthbertson, 1992 ; Roche, 1991). Elles sont irrégulièrement divisées en multiples lanières très fines. Les feuilles supérieures ne dépassent pas 1,5 mm de largeur (figure 1.b) (Bouziane, 2012). Elles ont une odeur très dissuasive lorsqu'elles sont froissées (Mahmoudian et al., 2002).

La racine est oblongue, dure et garnie de fibres (figure 1.c). Elle peut atteindre plus de 3 m de profondeur (Quézel et Santa, 1963). De nouvelles pousses peuvent se développer à partir des racines latérales (Parsons et Cuthbertson, 1992 ; Roche, 1991).

Les fleurs sont actinomorphes, hermaphrodites et dialypétales (Boullard, 1997). La corolle est formée de 5 pétales elliptiques, oblongs, sub-symétriques et de couleur rose-orangé à nervures jaunes (figure 2.a). Le calice est à cinq sépales verts, linéaires, persistants qui dépassent la corolle. L'androcée porte 10 à 15 étamines, à filet très élargi dans leur partie inférieure (Chopra et al., 1960; Quézel et Santa, 1963). Les anthères sont jaunes de 8 mm de longueur. Le gynécée est de 8 à 9 mm de longueur, à ovaire supère (une fleur hypogyne) et globuleux, surmonté d'un style cylindrique. Il est composé de trois à quatre loges et de stigmates à trois carènes (Bouziane, 2012).

Le fruit est en forme de capsule sphérique et triloculaire (figure 2.b). Il est de 6 à 8 mm déprimé au sommet et entouré des sépales persistants s'ouvrant par trois ou quatre valves (Ozenda, 1977 in Hammiche et Merad, 1997). Il est de couleur verte lorsqu'il est mûr (Preedy et al., 2011) et brun orangé à maturité coriace (Parsons et Cuthbertson, 1992). Les graines sont nombreuses, petites, anguleuses et sub-triangulaires. Elles sont de couleur marron foncé, d'une saveur amère (figure 2.c), et le tégument externe est réticulé (Chopra et al., 1960).

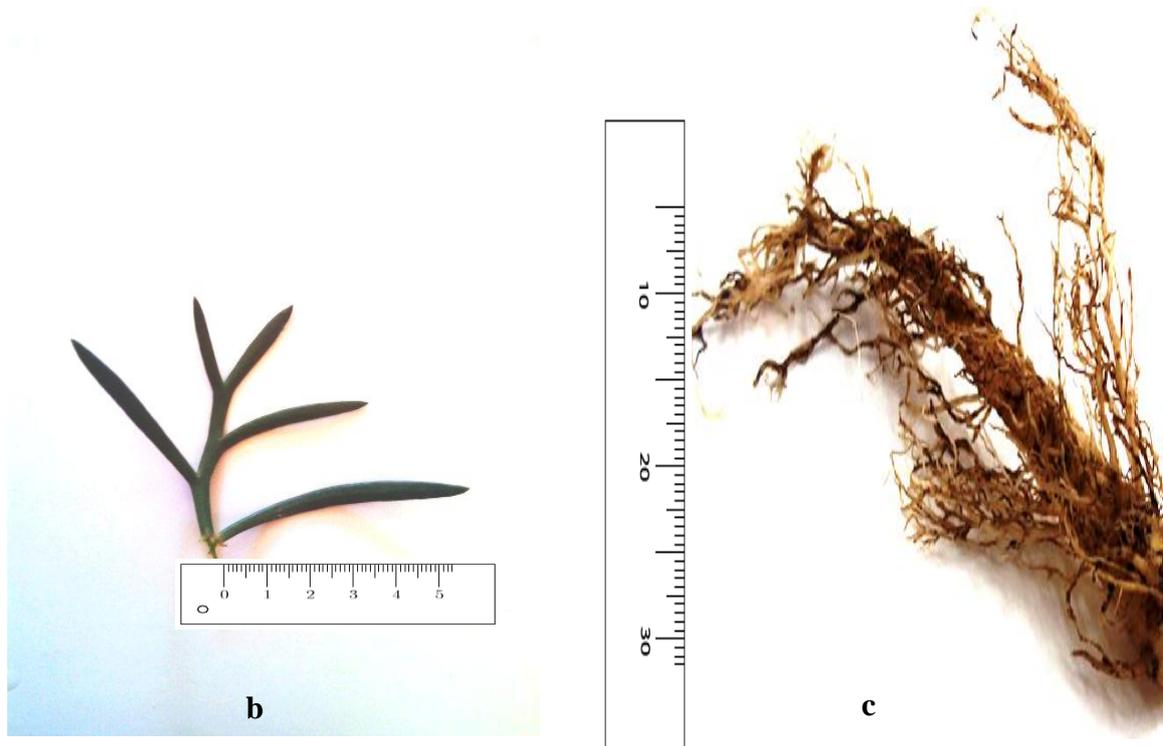


Figure 01 : Appareil végétatif de *Peganum harmala* L.: a. Aspect général de *Peganum harmala* L., b. Feuille, c. Racine. **Originale**



Figure 02 : Appareil reproducteur de *Peganum harmala* L. : a. Fleur, [b. Fruit, c. Graine, **G 60x**].

Originale

4. Origine, habitat et exigence de *Peganum harmala* L.:

Peganum harmala L. est originaire d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Asie du Sud. C'est une plante endémique des zones semi- arides (Abbassi et *al.*, 2003). Il pousse en Europe australe et austro-orientale, en Asie mineure et en Afrique du Nord. En Algérie, *Peganum harmala* L. est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional et aux montagnes du Sahara central.

Il est réputé dans les terrains sableux, les lits d'oued, à l'intérieur des agglomérations (Maire, 1933 *in* Bouziane, 2012), les champs incultes secs, les décombres et les steppes terreuses (Jahandiez et Maire, 1932 *in* Idrissi Hassani et Hermas, 2008).

Peganum harmala L. exige des lieux ouverts, ensoleillés, des endroits secs et sols pierreux, il résiste très bien aux sécheresses. Il se développe lorsque le taux de nitrate dans le sol est important celui qui se trouve, surtout, au niveau des stationnements d'animaux (Aimé, 1988 *in* Aboura, 2006). Donc l'apparition de cette espèce est un indicateur des milieux naturels dégradés et des sols caillouteux (Nedjimi et Guit, 2012). A cet effet, on l'appelle une plante rudérale, c'est à dire qu'elle préfère les sols enrichis en déchets azotés (le Bourgeois et Merlier, 1995),

5. Culture et récolte de *Peganum harmala* L.:

En raison de l'importance économique et médicinale de *Peganum harmala* L., la culture de cette espèce devient de plus en plus nécessaire. Elle exige des endroits ensoleillés, une terre légère et riche. Les graines doivent être bien mélangées avec un sol moitié sable, moitié terreau, légèrement humide et bien drainé durant les mois Avril et Mai. Les graines sont mises à une profondeur de 5 à 10mm sous le sol, et germent ensuite en quelques jours, parfois quelques semaines. La première année, la culture est réalisée dans des pots, en évitant l'exposition directe au soleil et les gelés de l'hiver. La croissance de ces plantes est rapide dans les climats chauds. Une grande partie d'efficacité de l'Harmal, dépend du stade de développement et la période de la récolte. Les graines sont récoltées lorsque les capsules des fruits mûrissent. Les racines peuvent être récoltées en automne, puis sont coupées en morceaux et séchées au soleil. Après le séchage, l'herbe doit être stockée dans un endroit sec et frais pour une meilleure exploitation (Psychonaut, 2006).

6. Utilisation de *Peganum harmala* L.:

Depuis un temps reculé, le *Peganum harmala* L. semble avoir été utilisé par les populations de l'ancien monde et particulièrement de l'Orient comme une plante médicinale ayant des propriétés emménagogues, anthelminthiques, antispasmodiques, antiparkinsoniennes, enivrantes et hallucinogènes (Claude, 1967). Il est utilisé en fumigation pour dissiper les troubles de l'anxiété et les convulsions des enfants ; en décoction et en pommade pour traiter les fièvres et en frictions pour soigner les rhumatismes. Il est utilisé au tant que sédatif nerveux pour le traitement de l'insomnie et la dépression nerveuse (Davood et Nazanin, 2005).

Peganum harmala L. est très utilisé en médecine traditionnelle algérienne et maghrébine dans le traitement de plusieurs troubles tels que : la stérilité féminine, les maladies de l'utérus, les dermatoses (eczémas), les conjonctivites purulentes, les blépharites, l'alopecie, le tétanos néonatal et les oreillons. Cette espèce peut traiter aussi les hémorroïdes, le diabète, l'hypertension artérielle, les troubles digestifs et l'empoisonnement par le venin des serpents. Il possède des propriétés hypnotiques, antipaludiques, antipyrétiques, antalgiques, antitussives, sudorifiques, antiseptiques, cicatrisantes et dépuratives (Hammiche et Merad, 1997).

Dans la médecine traditionnelle marocaine, les graines de *Peganum harmala* L. sont utilisées sur plusieurs formes (poudre, décoction, macération ou infusion) dans le traitement de la fièvre, des diarrhées, des tumeurs et de l'avortement. Il est utilisé comme un remède pour les événements douloureux (rhumatismaux, intestinaux et articulation douloureuse) (Bellakhdar, 1997 in Farouk et al., 2007). Il soigne aussi l'asthme, la jaunisse et le lumbago (Dymock et al., 1976 in Farouk et al., 2007).

II. *Portulaca oleracea* L.

1. Généralités sur *Portulaca oleracea* L.:

Portulacaceae est une famille de plantes dicotylédones qui comprend 20 genres et 500 espèces (Jones et Luchsinger, 1987). Ce sont des herbes vivaces ou annuelles, souvent succulentes (Ware, 1967).

Le genre *Portulaca* comprend plus de 100 espèces de plantes herbacées annuelles, charnues ou sarmenteuses (Bailey et Bailey, 1976). Il tient son nom du latin, *Portula* qui signifie «petite porte», à cause de la forme de l'ouverture de sa capsule. Plusieurs espèces de ce genre se cultivent comme légume tels que : *P. pilosa* L. et *P. tuberosa* Roxb en Afrique australe, *P. quadrifida* L. en Afrique tropicale, *P. retusa* Engelm en Amérique du Nord, *P. pilosa* L. en Amérique du Sud, *P. napiformis* Muell. en Australie et *P. oleracea* L. en Afrique du nord (Bermejo et Leon., 1994) d'où elle tient son nom *Olera* qui veut dire légumes (Gallino, 2001). Les noms communs proviennent de différentes racines : *lonica* ou *louina* (sanskrit), *koursa* (hindoustani), *kholza* et *perphen* (perse), *adrajneagria* (grec). Les Arabes du moyen-âge l'appelaient *Baqla hamqa*, ce qui signifie «légume fou» du fait que ses branches se répandent sur le sol sans contrôle ; tandis que les agronomes hispano-arabes d'Andalousie (10-15^{ème} siècle) utilisaient le nom de *rigla* qui signifie «pied» certainement à cause de ses feuilles dactyliformes (Bermejo et Leon., 1994). On l'appelle aussi «pourpier potager» du fait qu'il est utilisé comme légume. Il est originaire des régions tropicales et subtropicales du globe, et subsontané dans toute l'Europe (Couplan, 2009). Il est présent dans toute l'Afrique tropicale (Grubben et al., 2004).

2. Position dans la systématique botanique de *Portulaca oleracea* L.:

Règne : Plantae

Embranchement : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : dicotylédones

Sous-classe : Caryophyllidae

Ordre : *Caryophyllales*

Famille : *Portulacaceae*

Genre : *Portulaca*

Espèce : *Portulaca oleracea* L. (Cronquist, 1981).

3. Caractères morphologiques de *Portulaca oleracea* L.:

Portulaca oleracea L. est une plante herbacée annuelle (Bermejo et Leon, 1994). Il se développe en touffe et peut atteindre 30 cm de hauteur (Bourgeois, 1993) (figure 3.a).

La tige est cylindrique, épaisse, plane, succulente et totalement glabre (Akobundu, 1989), souvent rougeâtre mesurant de 0.2 à 0.5m de longueur (Holm et *al.*, 1977).

Les feuilles sont opposées et parfois alternes (Beloued, 2009), à pétiole mesurant entre 1 et 3mm de long (figure 3.b). Le limbe obovale à spatulé, épais et succulent de 0,5 à 2cm (Grubben et Denton, 2004). La nervure principale est marquée par une dépression longitudinale sur la face supérieure du limbe (Bourgeois et Merlier, 1995).

La racine est pivotante, épaisse, mesurant entre 2 à 11cm (Reaume, 2009). De nouvelles racines peuvent se développer à partir des rameaux (figure 3.c) (Bourgeois et Merlier, 1995).

Les fleurs sont axillaires et solitaires (figure 4.a). Elles sont sessiles, de couleur jaune (Grubben et Denton, 2004) mesurant entre 5 à 10mm de large et 4 à 6mm de long. Le calice est composé de 2 sépales larges avec une base soudée à l'ovaire et une partie supérieure libre mesurant de 3 à 4mm. La corolle comprend 5 pétales libres, bilobés ou trilobés au sommet d'une largeur de 3 à 6mm. L'androcée porte de 6 à 15 étamines, insérées au fond du tube, à filet jaunâtre (Reaume, 2009). Le gynécée est à ovaire semi-infère surmonté d'un style jaune de 4 à 6 stigmates linéaires ciliés (Bourgeois et Merlier, 1995).

Le fruit est une capsule déhiscente, de forme globuleuse mesurant de 4 à 8mm et contient de nombreuses graines (figure 4.b). Ces dernières sont noires (figure 4.c), orbiculaires et réniformes d'un diamètre de 0,5 à 1mm (Grubben et Denton, 2004).



(b)



(c)

Figure 03: Appareil végétatif de *Portulaca oleracea* L.. (a). Aspect générale de *Portulaca oleracea* L. (b). Feuille, (c) Racine. **Originale**

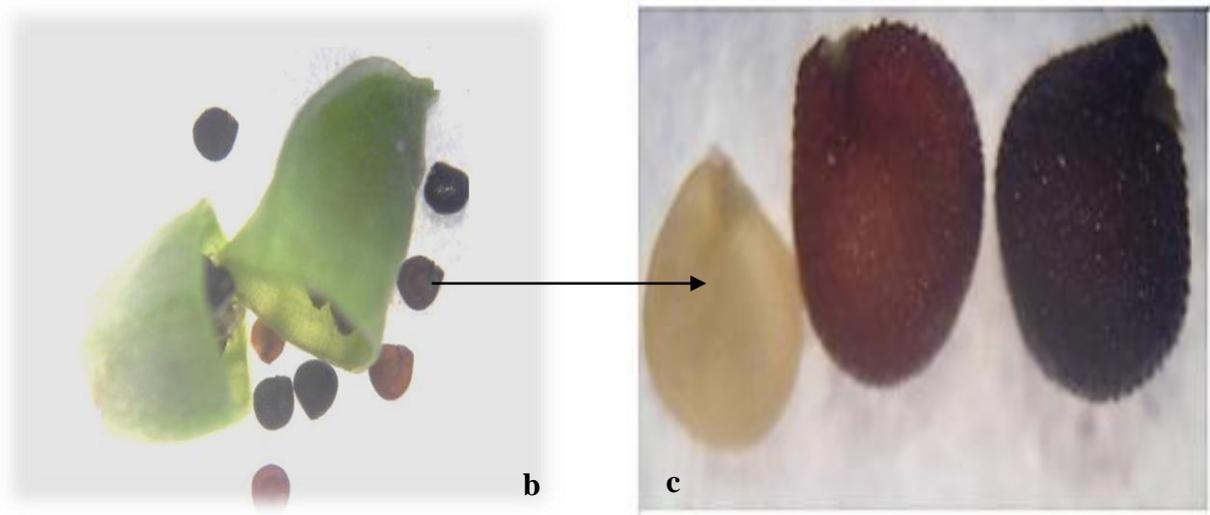


Figure 04: Appareil reproducteur de *Portulaca oleracea* L.. a. Fleur, [b. Fruit, c. Graine, **G 60x**].

Originale

4. Origine, habitat et exigence de *Portulaca oleracea* L.:

Portulaca oleracea L. est l'une des plantes horticoles les plus répandues dans l'ancien monde. Il a été transporté en Amérique et en Europe et planté dans les jardins au bord des chemins (Hernandez et Leon, 1994).

L'origine de *Portulaca oleracea* L. n'est pas connue avec certitude et plusieurs zones tempérées de l'hémisphère Nord sont proposées (Haudricout et Hedin, 1993). Il se trouve dans l'Eurasie, l'Europe du sud (Tutin, 1993), l'Asie occidentale, la Chine (Schoch et al., 1998), l'Inde et dans le Sahara de l'Afrique du Nord, cela pourrait expliquer l'aspect succulent de la plante (Holm et al., 1977).

Il se trouve au bords des routes, dans les secteurs déboisés, les champs cultivés et les terrains vagues, ainsi que le long des rives sablonneuses et devant les roches (Holm et al., 1977). Le pourpier est une plante facultative de jours courts (Gutteman, 1974). Une photopériode de jours longs (16h) stimule la croissance végétative tandis qu'une photopériode de jours courts (12h) stimule la croissance reproductive (Vengris et al., 1972). Il tolère différentes intensités lumineuses ; mais la plus élevée provoque les plus grands rendements en poids frais et la croissance de l'espèce (Zimmerman, 1976). Le pourpier est sensible au froid et est tué par des températures de réfrigération. Toutefois, les graines peuvent bien survivre dans les zones où les températures hivernales sont inférieures à 30°C. Par contre, il résiste bien à la sécheresse (Vengris et al., 1972) et pourrait continuer à accumuler la matière sèche et produire des graines, avec une légère irrigation tous les 6 jours (Noguchi et al., 1975).

Portulaca oleraceae L. croît sur différents types de sol, mais préfère les sols fertiles, riches, humides, les sols limoneux (Haflinger et Brun-Holl, 1981), les sols calciques et acidophiles (Miyanishi et Cavers, 1980). C'est une espèce halophyte, capable de croître dans des sols salés où la concentration de NaCl est égale ou supérieure à 0.5% (Aronson, 1989). Le pourpier exige des sols riches en phosphore, qui est un facteur important dans la mise en place (Hopen, 1972). Un niveau élevé d'azote est important pour la croissance de l'espèce (Zimmerman, 1969). Il exige également des sols riches en nutriments (Ca, Mg, P et K) (Miyanishi et Cavers, 1980).

5. Culture et récolte de *Portulaca oleracea* L.:

Le pourpier se développe rapidement en atmosphère chaude, sur des terrains légers et riches. La culture à l'air libre doit être réalisée au printemps mais il peut être cultivé en serre, en semant à la volée et en enterrant les graines à l'aide d'une légère pression. Le premier et le deuxième arrosage sont essentiels pour la germination et la croissance de la plante. Les graines germent rapidement et ensuite il faut les transplanter pour accélérer le développement. Il est important d'assurer l'humidité après le semis afin d'accélérer la germination. Lorsque les plantules sont arrivées à une croissance moyenne, elles tolèrent bien le manque d'eau et la plante continue à se développer. Dans le cas de la culture en serre, les plantes sont récoltées au stade de 4 à 5 feuilles, après une vingtaine de jours de semis (Bermejo et Leon, 1994). Tandis que la culture à l'air libre, les feuilles et les tiges charnues sont récoltées lorsqu'elles sont suffisamment développées, environ 2 à 3 mois après le semis (Couplan et Marmy, 2009).

6. Utilisation de *Portulaca oleracea* L.:

Portulaca oleracea L. est connu depuis longtemps pour ses multiples usages. Les romains et d'autres peuples méditerranéens, l'ont employé comme herbe potagère depuis l'antiquité (Foster 1980). Le pourpier est utilisé comme salades, auxquelles il donne un goût piquant rappelant le citron (Gorman, 1988).

Il est actuellement considéré comme un aliment très intéressant et inclue dans la liste des « World Economic Plants » (Wyk, 2005). Au même temps, il est employé en médecine populaire depuis très longtemps, afin de traiter les maux de tête, les maux d'estomac, les mictions douloureuses, l'entérite et la mammite (Leung et Foster, 1996).

Sa richesse en acides gras «oméga-3» lui confère un potentiel thérapeutique aux maladies du système nerveux central (Bosi et al., 2008). Les teneurs importantes en acides gras, permettent de soulager les symptômes du psoriasis en inhibant la production de leucotriènes (substance responsable de la démangeaison et la desquamation). Des recherches récentes ont montré que ces acides gras, sont importants dans la prévention des crises cardiaques et le renforcement du système immunitaire (Boutenko et Boutenko, 2008).

La teneur élevée en vitamine C dans le pourpier joue un rôle important dans le traitement du scorbut et les maladies de la gencive. Le magnésium qui est un autre constituant majeur du pourpier, peut renforcer le cœur et fortifier le système immunitaire.

Il peut soulager les céphalées de tension, les migraines et la tension musculaire. Il contient aussi de grandes quantités en L-norépinéphrine, une neurohormone qui a des activités vasopresseurs, anti hypotensive et capable de réduire l'hémorragie au niveau des tissus (Saad et Said, 2011).

L'herbe fraîche est utilisée comme un cataplasme afin de traiter les brûlures, les maux d'oreilles, les piqûres d'insectes, les inflammations, les lésions cutanées, les ulcères, les démangeaisons, l'eczéma et les abcès (Leung et Foster, 1996). Le pourpier rentre aussi dans la thérapeutique médicale dentaire (Cocher, 1998). Les feuilles du pourpier mâchées crues fait disparaître les aphtes et l'enflure des gencives irritées. Tandis qu'en gargarismes soulagent les maux de dents (Lamendin, 2007).

Il a été également utilisé en médecine vétérinaire. Au 18ème siècle, le jus du pourpier mélangé avec des roses rouges, est donné aux chevaux pour traiter la fièvre (Atzei, 2003). Il stimule le système immunitaire de l'animal et aide à prévenir les diarrhées (Bosi et *al.*, 2009).

Chapitre II :

Les métabolites secondaires à caractère antidépressif

I. Alcaloïdes.

II. Acides gras

I. Les alcaloïdes indoliques :

1. Généralités sur les alcaloïdes indoliques :

Le terme alcaloïde a été introduit pour la première fois par Meisner au début du XIX^{ème} siècle. Les alcaloïdes sont des composés organiques naturels (le plus souvent d'origine végétale), hétérocycliques composés d'un hétéroatome représenté par l'azote ; ils sont de structure moléculaire complexe, plus ou moins basique et dotés de propriétés physiologiques prononcées, même à faible dose (Bruneton, 1999).

Les alcaloïdes constituent un des plus grands groupes de métabolites secondaires avec près de 10 000 à 12 000 différentes structures et représentent un groupe important de produits naturels (Robert et Wink, 1999).

Du point de vue structural, on distingue les alcaloïdes tropaniques, morphiniques, pyrrolizidiniques, quinolizidiniques, pipéridiniques et indoliques (Bruneton, 1999). Ces derniers sont isolés à partir de plantes appartenant à différentes familles botaniques telles que les : *Fabaceae*, *Rubiaceae*, *Passifloraceae*, et *Zygophylaceae* (Dräger, 2002).

La famille des *Zygophylaceae* comprends des espèces riches en alcaloïdes indoliques telle que la *Peganum harmala* L. (Paris et Moyse, 1981 in Benzara et al., 2011). Cette espèce est connue par ses vertus médicinales et sa richesse en alcaloïdes tels que: l'harmaline, l'harmane, l'harmidine et l'harmol (Cordell, 2010).

2. Structure et biosynthèse des alcaloïdes indoliques (β -carboline) :

Les alcaloïdes indoliques sont souvent rapprochés aux alcaloïdes terpéniques, car ces molécules sont synthétisées par la voie de l'acide mévalonique (Hopkins, 2003).

La structure des alcaloïdes indoliques est dérivée du tryptophane par l'association d'un noyau indole à un noyau pyridine (Aouadhi, 2010).

La biosynthèse de l'harmane, l'harmaline et l'harmane (figure 05) s'effectue en plusieurs étapes (kar, 2003); Le tryptamine et l'acide acétyle carboxylique subissent une réaction Manish-Like pour donner une β -carboline. Une décarboxylation oxydative donne le méthyle-1 β -carboline. L'oxydation de ce dernier génère une molécule d'harmane, tandis que son hydroxylation suivi d'une méthylation donne de l'harmaline. L'harmane est le résultat de l'oxydation de l'harmaline, par la perte d'une molécule d'eau provenant du groupe pyridine à six liaisons dans les positions C-3 et C-4 (figure 06).

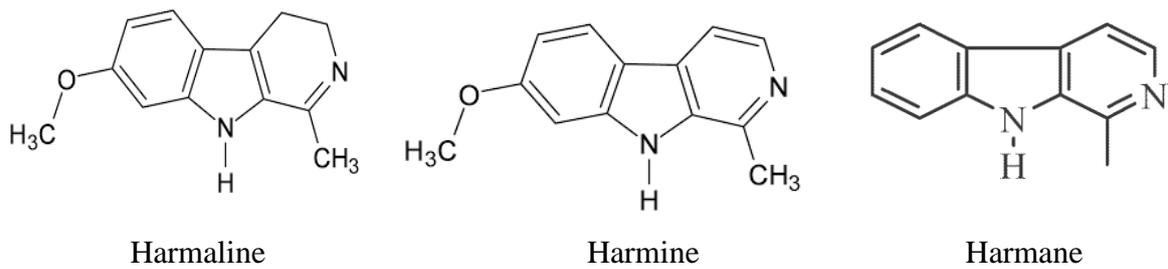


Figure 05 : Structure chimique des β -carbolines (harmaline, harmine et harmane) (kar, 2003).

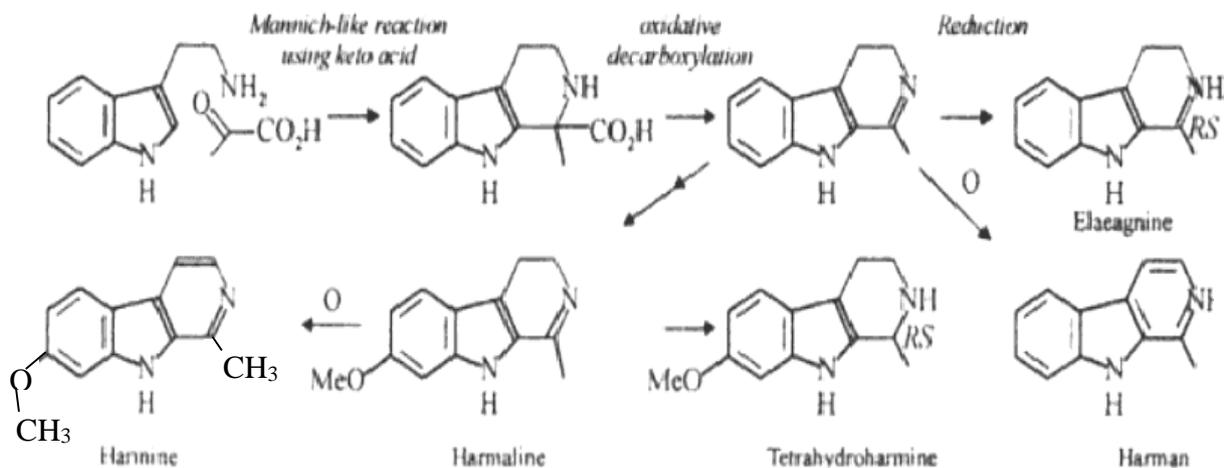


Figure 06 : Biosynthèse des β -carolines (kar, 2003).

3. Propriétés physicochimiques des alcaloïdes de *Peganum harmala* L.:

Les alcaloïdes sont, en général, insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques (alcools, acétone, chloroforme, oxyde d'éthyle, etc.). La couleur dépend du spectre d'absorption de la lumière qui est lié à la structure moléculaire : beaucoup absorbent les rayonnements dans le proche ultraviolet, et dans certains cas, cette absorption déborde sur le spectre visible avec une coloration jaune à orangé. L'existence d'atomes de carbone asymétriques dans leur structure, confère à la plupart des alcaloïdes un pouvoir rotatoire, parfois élevé, par déviation du plan de la lumière polarisée. La basicité des alcaloïdes est très variable, et dépend de la disponibilité du doublet libre et de l'atome d'azote (Badiaga, 2011).

L'harmaline et l'harminine ont un point de fusion compris entre 232-234°C, et un point d'ébullition de 392.145°C. L'harmaline est optiquement active et son point de réfraction est de 1.647. L'harmalol est caractérisé par un point de réfraction de 1.708, un point de fusion de 212°C et un point d'ébullition de 423.735°C (Chemnet, 2013). Ces principes actifs sont très solubles dans le chloroforme (Adams, 2001).

4. Variation des teneurs alcaloïdiques chez les plantes :

Les teneurs en alcaloïdes varient, selon l'espèce, la variété, la nature du sol, le climat, l'environnement, les conditions culturales et la position des feuilles sur l'axe de la plante (Houmani et al., 1994). Cosson et al., (1966), montrent que la transformation des alcaloïdes chez le *Datura tatula* L., s'effectue mieux à la lumière qu'à l'obscurité, et sous un éclairage long et intense la teneur est plus importante.

Cosson et al., (1978), en poursuivant leurs travaux sur *Datura metel* L. ont montré que la biosynthèse des alcaloïdes est directement liée aux conditions climatiques auxquelles la plante est soumise. Selon Benhizia (1989), dans toutes les phases de développement de la différenciation des cellules méristématiques de la plantule, la formation alcaloïdique évolue parallèlement avec l'assimilation chlorophyllienne.

L'analyse phytochimique des extraits de feuilles de *Peganum harmala* L. a révélé que la plante jeune produit la vasicine et au maturation synthétise de l'harmaline (Abbassi et al., 2003). Cette dernière possède des propriétés apaisantes et antalgique (Kumar et al., 2015). D'après Hammiche et Merad (1997), la teneur en alcaloïdes indoliques de *Peganum harmala* L. s'élève brusquement en été, durant la phase de mûrissement du fruit, au moment de la récolte des graines.

Après la récolte des plants, le mode de stockage influe également la teneur et la qualité des alcaloïdes. D'après Benhizia (1989), le métabolisme alcaloïdique continue durant le stockage des plants, mais d'une façon irrégulière.

5. Localisation des alcaloïdes indoliques :

Les lieux de synthèse des alcaloïdes dans les plantes sont variables selon l'espèce. Les alcaloïdes sont souvent localisés dans les jeunes tiges, particulièrement dans les cellules indifférenciées de l'apex.

Ils sont présents dans le parenchyme, le xylème, les rayons médullaires, l'épiderme, les assises externes du cortex, à proximité du phloème et la périphérie de la moelle (Holmes, 1990). Les cellules épidermiques et sous épidermiques des feuilles, les téguments des graines, les parties corticales des racines, constituent les sites privilégiés de production des alcaloïdes (Poisson, 2009).

Les alcaloïdes indoliques de *Peganum harmala* L. sont stockés d'une manière privilégiée : les dérivés de l'harmane se trouvent surtout dans la racine et la graine. Alors que la péganine, dérivée quinazolique, se trouvent exclusivement dans la tige et la feuille (Claude, 1967).

6. Action pharmacologique et emplois des alcaloïdes indoliques :

Les alcaloïdes sont recherchés pour leurs activités pharmacologiques qui s'exercent dans les domaines les plus variés (Badiaga, 2011). Les alcaloïdes indoliques fournissent des médicaments importants: l'ésérine représente un important insecticide, les carbamates et la vincamine améliorent le fonctionnement des cellules cérébrales, la réserpine est isolée d'une plante indienne sédative la *Rauwolfia serpentina* L., représente un médicament spécifique des psychoses aiguës qui a apporté une révolution en thérapeutique psychiatrique (Poisson, 2009).

Les alcaloïdes indoliques du *Peganum harmala* L. augmentent le taux des neurotransmetteurs au niveau de plusieurs régions du cerveau tels que: la noradrénaline extracellulaire, la dopamine et la sérotonine, par inhibition de la recapture de la sérotonine (Sallstrom et al., 1996). Ces composés peuvent augmenter les niveaux monoamines par l'inhibition des monoamines oxydase (MAO) (Adell et al., 1996). Des études ont montré le mécanisme par lequel l'harmane et l'harmaline produisent des effets de type antidépresseur. Ces derniers, augmentent les niveaux de sérotonine et / ou norépinéphrine en bloquant la recapture de ces neurotransmetteurs dans les terminaisons présynaptiques, bien que l'augmentation des niveaux des monoamines qui survient peu de temps après leurs administrations (Yagasaki et al., 2006).

7. Action toxicologique des alcaloïdes indoliques :

Il est connu que les toxines contenues dans le *Peganum harmala* L. sont l'harmane, l'harmine, l'harmalol et l'harmaline. Cette dernière est la plus toxique dans la mesure où elle atteint les 2/3 des alcaloïdes de la plante (Paris et Moyse, 1981 in Benzra et al., 2011). L'harmane et l'harmaline exerceraient une action anti-cholinergique centrale mais à forte dose peuvent provoquer des crises d'agitations et des manifestations digestives, alors que l'harmane exerce

une action inhibitrice du système dopaminergique central, induisant à dose élevée une sédation et des perturbations du sommeil paradoxal (Aouadhi, 2010).

Chez l'Homme, les doses toxiques agissent négativement sur le système nerveux central, avec un affaiblissement des fonctions motrices, des troubles respiratoires et une hypotension sanguine. Des études ont montré que l'harmine et l'harmaline provoquent des effets convulsifs, alors que l'harmalol entraîne une paralysie progressive sans stimulation primaire. Ces alcaloïdes sont toxiques pour plusieurs types d'animaux inférieurs, notamment les helminthes et les protozoaires (Chopra et *al.*, 1960 in Bouziane, 2012).

Tous les animaux domestiques sont susceptibles à l'empoisonnement du *Peganum harmala* L.. Chez l'animal, l'intoxication est accompagnée par une hyper-salivation, des vomissements et des diarrhées. Habituellement, les syndromes nerveux sont prédominants : les premiers signes sont l'excitabilité suivie du tremblement, la rigidité musculaire et l'accélération de la respiration (Mahmoudian et *al.*, 2002). Selon Abbassi et *al.*, (2003), l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* L. au stade végétatif est toxique, anti-appétant, réduit la fécondité et la fertilité de l'adulte femelle de l'insecte *Schistocerca gregaria*.

II. Les acides gras :

1. Généralités sur les acides gras :

Le terme lipide tient son nom du grec « lipos=graisse), qui présente un des éléments essentiels de la structure de la matière vivante. Les lipides sont composés d'acides gras de différentes longueurs de chaîne et de degrés de saturation. Ils sont très hétérogènes selon leur état physique, liquide ou solide à température ambiante.

Ils sont désignés par les termes suivants : huile, beurre, graisse et cire. Les seuls caractères communs sont les propriétés physico-chimiques : l'aspect onctueux et la formation des taches sur le papier, qui ne disparaissent qu'après un traitement à la chaleur ou application des solvants. Ce sont des composés à solubilité nulle ou faible dans l'eau mais par contre élevée dans les solvants organiques non polaires (chloroforme, cyclohexane, éther de pétrole, éther éthylique, benzène et acétone) (Audigie et Zonszain, 1991).

La teneur en lipide dans les végétaux est faible de l'ordre de 0.1 à 0.5% (Frenot et Vierling, 2002). Les lipides naturels jouent de nombreux rôles dans le monde vivant. Ce sont des matériaux de structure et des réserves intracellulaires (énergie), et rentrent dans la composition des cellules de protection des membranes biologiques. Ils peuvent agir en concentration faible comme précurseurs d'activité biologique; hormones stéroïdes, médiateurs extracellulaires, messagers intracellulaires et vitamines liposolubles (Leger, 2010).

2. Définition des acides gras :

Un acide gras comporte une longue chaîne hydrocarbonée «la queue» terminée par un groupe carboxylique «la tête». La grande majorité des acides gras naturels ont un nombre pair d'atomes de carbone (le plus souvent de 14 à 24).

Les acides gras sont présents en grandes quantités dans les systèmes biologiques, mais rarement à l'état libre. D'une façon générale, ils sont estérifiés par le glycérol ou liés à d'autres molécules (Garrett et Grisham, 2000).

3. Nomenclature des acides gras :

3.1 Nomenclature officielle :

La dénomination d'un acide gras se fait à partir le nom de l'hydrocarbure dont il dérive (Macdonald et *al.*, 1995 in Baeckeroot, 2005). La nomenclature numérote la chaîne à partir de l'atome de carbone du groupement carboxyle et de la position de la double liaison (numéro du premier atome de carbone qui en est porteur) (Macdonald et *al.*, 1995 et Reinhart, 1996). Les acides gras polyinsaturés sont caractérisés par la présence d'au moins de deux doubles liaisons dans la chaîne carbonée (Baeckeroot, 2005).

3.2 Nomenclature Oméga :

La nomenclature oméga numérote la chaîne à partir du groupement méthyle (CH₃-) terminal. La seule série (série 9), peut-être synthétisée par les mammifères (Baeckeroot, 2005). L'intérêt de cette numérotation réside dans la distinction de quatre séries d'acides gras :

- La série linoléique en ω 3.
- La série linoléique en ω 6.
- La série palmitoléique en ω 7.
- La série oléique en ω 9.

4. Taxonomie des acides gras :

Les acides gras sont classés en trois familles telles que ; les acides gras saturés (AGS), les acides gras mono insaturés (AGMI) et les acides gras polyinsaturés (AGPI) (tableau 01).

4.1 Les acides gras saturés (AGS) :

Les acides gras saturés possèdent des atomes de carbones reliés entre eux par des liaisons simples (Ardle et *al.*, 2004). La plupart des acides gras saturés sont solides ou semi-solides à température ambiante, à l'exception des huiles tropicales comme par exemple : l'huile de palme, l'huile de noyau et l'huile de noix de coco. Les acides gras saturés se trouvent également dans les produits d'origine animale comme : la viande, les produits laitiers, le jaune d'œuf et le poulet. Les graisses saturées augmentent le taux du cholestérol sanguin, le risque des maladies coronariennes, le diabète et l'obésité (Simopoulos et Robinson, 1998 in Zeghichi, 2009).

Tableau 01. Structure et taxonomie des acides gras (Williams, 1997).

Structure	Taxonomie	Nom commun
C4 :0	L'acide butanoïque	L'acide butyrique
C6 :0	L'acide Hexanoïque	L'acide caproïque
C8 :0	L'acide Octanoïque	L'acide caprylique
C10 :0	L'acide décanoïque	L'acide caprique
C12 :0	L'acide Didecanoïque	L'acide laurique
C14 :0	L'acide tétradécanoïque	L'acide myristique
C16 :0	L'acide hexadécanoïque	L'acide palmitique
C16 :1 ω -7	L'acide <i>Cis</i> -9 hexadécaénoïque	L'acide palmitoléique
C18 :0	L'acide octadécanoïque	L'acide stéarique
C18 :1 ω -9	L'acide <i>Cis</i> -9 octadécénoïque	L'acide oléique (OA)
C18 :2 ω -6	L'acide <i>Cis</i> -9, 12 octadécadiénoïque	L'acide linoléique (LA)
C18 :3 ω -6	L'acide <i>Cis</i> -6, 9,12 octadécatriénoïque	L'acide γ - linoléique (GLA)
C18 :3 ω -3	L'acide <i>Cis</i> -9, 12,15 octadécatriénoïque	L'acide α -linoléique (ALA)
C20 :0	L'acide éicosanoïque	L'acide arachidique
C20 :4 ω -6	L'acide <i>Cis</i> -5, 8, 11,14 eicosatétraénoïque	L'acide arachidonique (AA)
C20 :5 ω -3	L'acide <i>Cis</i> -5, 8, 11, 14,17 eicosapentaénoïque	L'acide timnodonique (EPA)
C22 :0	L'acide docosanoïque	L'acide béhénique
C22 :5	L'acide <i>Cis</i> -7, 10, 13, 16,19 docosapentaénoïque	L'acide Lupanodonic (DPA)
C22 :6 ω -3	L'acide <i>Cis</i> -4, 7, 10, 13, 16,19 docosahexaénoïque	L'acide cervonique (DHA)
C24 :0	L'acide tétracosanoïque	L'acide lignocérique

4.2 Les acides gras mono-insaturés (AGMI) :

Les acides gras mono-insaturés, possèdent une seule double liaison dans la chaîne carbonée (Garrett et Grisham, 2000). L'acide oléique est un AGMI qui se trouve en quantité importante dans l'huile d'olive (80%) et l'huile de canola (70%). Il se trouve également dans l'huile d'arachide, d'amande, de noix, de pécan et d'avocat (Ardle et *al.*, 2004). Les huiles mono-insaturées sont liquides à température ambiante, mais peuvent devenir solide ou semi couvert en réfrigération (Zeghichi et Hamri, 2009).

Les acides gras mono-insaturés aident à protéger le système cardio-vasculaire et réduisent le risque des troubles métaboliques comme le diabète et le cancer (Simopoulos et Robinson, 1998 *in* Zeghichi Hamri, 2009).

4.3 Les acides gras polyinsaturés (AGPI) :

Les acides gras polyinsaturés (poly=plusieurs), possèdent deux ou plusieurs doubles liaisons (Garrett et Grisham, 2000). Toutes les huiles polyinsaturées sont liquides à température ambiante et ne figent pas lorsqu'elles sont réfrigérées. Il existe de nombreuses sources d'AGPI, comme les huiles de plantes et les huiles de poissons qui sont les plus riches en AGPI que celles des mammifères terrestres (Macdonald et *al.*, 1995 in Baeckeroot, 2005).

Les AGPI comportent deux familles d'acides gras, oméga-6 (ω 6) et oméga-3 (ω 3), qui sont appelés acides gras essentiels (AGE). L'élimination des AGPI de la ration, s'accompagne d'un syndrome de déficience chez l'Homme. Donc, il est indispensable d'ajouter ces acides gras essentiels aux régimes alimentaires (Baeckeroot, 2005).

En effet, les mammifères sont incapables de synthétiser l'acide linoléique et l'acide α -linoléique. Ils sont dépendants d'apports exogènes et des nutriments, qui fournissent ces acides gras polyinsaturés. Cette incapacité repose sur l'absence d'enzyme apte à introduire une double liaison sur la chaîne carbonée d'un acide gras avant le neuvième atome de carbone, selon la nomenclature oméga. Seuls les végétaux possèdent les enzymes nécessaires à la synthèse de l'acide linoléique (LA ; 18:02 ω -6) et l'acide α -linoléique (ALA ; 18:03 ω -3) (Logas et *al.*, 1991 in Baeckeroot 2005).

5. Le rôle des lipides dans les végétaux :

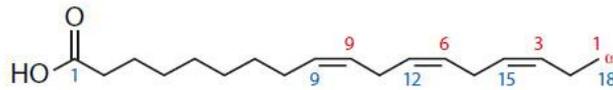
Les lipides des végétaux se caractérisent par une grande diversité dans leur nature chimique. Ils ont un rôle structural dans la formation de la matrice des membranes ou de couches protectrices associées aux parois cellulaires. Par ailleurs, les lipides sont des molécules biologiquement actives pouvant être impliquées comme messagers secondaires dans la transduction des signaux. A la vue de la bibliographie récente, les lipides prennent une place grandissante dans la défense des plantes vis-à-vis de leurs bios agresseurs (Leger, 2012).

6. Les acides gras oméga-3 :

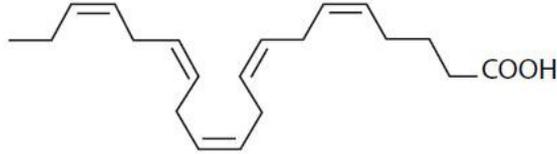
Selon Stora (2010), ce sont des graisses de la famille des acides gras polyinsaturées, indispensables à l'organisme dont les trois principaux oméga-3 (figure 07) sont :

- L'ALA : (l'acide alphalinoléique) (C18:3 n-3).
- L'EPA : (l'acide eicosa-penta-énoïque) (C20:5 n-3; EPA).
- L'DHA : (l'acide docosa-hexaénoïque) (C22:6 n-3; DHA).

A. Structure de l'ALA



B. Structure de l'EPA



C. Structure du DHA

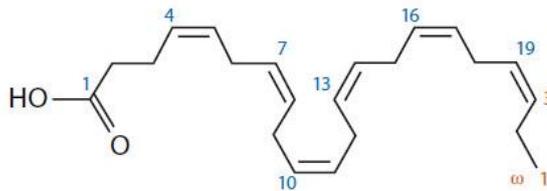


Figure 07 : Structure chimique des oméga-3 (ALA, EPA et DHA) (Stora 2010).

6.1 La répartition des oméga-3 :

Les acides gras essentiels (AGE) sont abondants dans de nombreux aliments (Shekelle et *al.*, 1985; Norell et *al.*, 1986; Dolecek, 1992). L'ALA se trouve dans les graines de canola, de lin, de colza, de noix et des légumes verts feuillus tels que : *Portulaca oleracea* L., *Cichorium spinosum* L. et *Corchorus olitorius* L. (Simopoulos, 1996).

D'autre part, les poissons comme par exemple : le maquereau, le hareng, le saumon et la truite ou les suppléments d'huile de poisson sont riches en EPA et DHA. Ces deux derniers, sont des AGPI ω-3, se trouvent couramment dans les huiles de poissons marins, les mammifères marins et le phytoplancton. Le lait humain est particulièrement riche en acides gras essentiels, EPA et DHA (Simopoulos et Robinson, 1998).

6.2 La biosynthèse des acides gras « oméga-3 » :

Les acides gras sont synthétisés dans les chloroplastes grâce au complexe protéique appelé Fatty Acid Synthetase (FAS). Ensuite, l'élongation de la chaîne carbonée se déroule dans le réticulum endoplasmique qui nécessite la synthèse de malonyl-coenzyme A.

A partir de la formation de l'acide palmitique (C16 :0), 8 autres AG sont formées. La chaîne carbonée peut être allongée par adjonction d'un malonyl-coA pour donner de l'acide stéarique (C18 :0), et ces deux acides gras saturés peuvent subir de 1 à 3 désaturations pour la formation

des acides gras à trois doubles liaisons «les oméga-3» ou à six doubles liaisons «les oméga-6» (Leger, 2012).

7. Actions pharmacologiques et emplois des oméga-3 :

Les oméga-3 sont essentiels à plusieurs titres. Ils participent à la structure des cellules humaines et sont directement impliqués dans toutes leurs activités (Stora, 2005). Ce sont les plus faciles à brûler et ils fournissent donc beaucoup d'énergie (beaucoup plus que les glucides). Les oméga-3 assurent la prévention des maladies cardiovasculaires, fluidifient le sang afin d'éviter l'apparition des caillots, régulent le rythme cardiaque et réduisent les risques d'infarctus. Ils contrôlent le processus inflammatoire, réduisent les risques d'eczéma et de psoriasis (Stora, 2005). Les oméga-3 contribuent à réduire l'hypertension et le taux du cholestérol. Ils sont utilisés comme traitement des maladies mentales, et participent au bon fonctionnement cérébral (Vander et Brenard, 2009). Ils peuvent réduire les symptômes dépressifs (Lucas, 2008), et influencent positivement sur l'action de plusieurs neurotransmetteurs comme par exemple : la dopamine et la sérotonine (Alario, 2011).

Chapitre III

Généralités sur la dépression

1. La dépression

1.1 Définition :

La dépression est un état pathologique dans lequel un individu est en souffrance psychique avec remise en question de soi-même et de l'environnement sur un mode pessimiste. Il s'agit d'une pathologie qui peut être grave, puisqu'elle peut mener au suicide (Goetz, 2010). La dépression entraîne un «ralentissement» dans tous les registres de la vie quotidienne : vie affective, fonctionnement intellectuel, forme physique, mécanismes vitaux et corporels (Briffault, 2007).

1.2 Symptômes :

La dépression est caractérisée par les symptômes suivants : tristesse, anhédonie, perte ou gain de poids, agitation ou ralentissement psychomoteur, troubles du sommeil, asthénie, sentiment de dévalorisation et de culpabilité injustifié, diminution de l'aptitude à penser et à se concentrer et pensées récurrentes de mort ou de suicide. La dépression est ainsi caractérisée par des troubles affectifs mais aussi cognitifs entraînant des biais dans le traitement des informations avec une prédominance de pensées négatives, de problèmes d'attention et d'interprétation (Gotlib et Joormann, 2010). Des perturbations majeures de la mémoire, en particulier de la mémoire à court terme et de la mémoire explicite, ont été identifiées, notamment chez les patients âgés (Zakzanis et *al.*, 1998).

1.3 Epidémiologie :

La dépression est l'un des troubles neuropsychiatriques les plus fréquents (Alonso et *al.*, 2004). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le nombre de personnes atteintes de ce trouble de l'humeur dans le monde est estimé à plus de 350 millions de personnes. Sur la vie entière, on estime qu'une personne sur 6 souffrira de dépression au cours de sa vie (Kessler et *al.*, 2005). La dépression est une maladie qui semble toucher davantage les femmes: environ deux fois plus de femmes sont diagnostiquées comme souffrant de dépression (Briffault, 2007). Suivant les prévisions de l'OMS, la dépression sera en 2020 la première cause d'invalidité et la deuxième cause de mortalité après le SIDA mais avant les maladies cardio-vasculaires (OMS, 2012).

De même, les coûts socioéconomiques de la dépression sont considérables, non seulement pour le système de santé, mais aussi pour la société dans son ensemble (Rosenbaum et Hylan, 1999). Selon de nombreuses études internationales, la perte d'emploi, l'absentéisme et les congés de maladie, la diminution de la performance professionnelle, la perte de possibilités d'activités récréatives et la mort prématurée représentent de 60 à 80 % de l'ensemble des coûts de la dépression (Rosenbaum et Hylan, 1999).

Ainsi, une étude sur la charge économique de la dépression, menée au Portugal en a estimé le coût à environ 102 millions d'euros (50 millions d'euros aux prix de 1992) dont 80% était dû à une perte de la productivité au travail. En tout, cette perte était équivalente à 50% du budget de la sécurité sociale portugaise (Ramos et *al.*, 1996). Aux États-Unis, les dépenses annuelles totales associées à la dépression atteindraient 100 milliards d'euros (83 milliards d'USD en 2000), dont 69% représentent les pertes d'emploi et les décès prématurés (Greenberg et *al.*, 2003). L'hospitalisation constitue le poste le plus important des dépenses de santé, dont elle représente 50% dans des études américaines et britanniques, et 70% dans des études italiennes (Berto et *al.*, 2000).

1.4 Étiologie :

1.4.1 Facteurs génétiques :

La dépression est une maladie multifactorielle dont l'étiologie n'est que partiellement élucidée. Des facteurs d'ordre génétique et environnemental, ainsi que l'interaction entre les deux favorisent l'émergence de la dépression (Etiévant, 2012).

Le poids des facteurs génétiques est estimé à environ 30%. Il n'existe pas à proprement parler de «gènes de la dépression», mais plutôt de régions situées sur l'ADN capables de transmettre une «vulnérabilité à la dépression». Ces régions correspondent à des allèles qui se distinguent par leur séquence et expliquent ainsi des différences de fonctionnement dans le développement de la physiologie cérébrale, pouvant créer une fragilité individuelle (Konne, 2012).

Des travaux ont démontré qu'un polymorphisme du gène codant pour le transporteur de la sérotonine (5-HT) pouvait moduler l'influence des événements de vie stressants ou de l'environnement sur la vulnérabilité à la dépression (Caspi, 2003). Les auteurs ont ainsi constaté qu'en cas d'exposition à des événements de vie stressants, les individus porteurs de la mutation présentaient davantage de dépressions, de symptômes dépressifs ou de tendances suicidaires que les individus non porteurs (Konne, 2012).

Il est important d'insister sur le fait que «l'expression de la transmission de la vulnérabilité de la dépression» dépend fortement de l'environnement (Gorwood, 2009).

Cependant, d'autres études n'ont pas trouvé de lien entre la forme allélique du gène codant pour le transporteur de la sérotonine et une susceptibilité pour la dépression. Selon Risch et *al.*, (2009), une méta-analyse récente prenant en compte 14 études n'a pas rapporté de preuve démontrant que le génotype du transporteur seul ou en interaction avec des événements stressants soit associé à une élévation du risque d'émergence de dépression. L'hétérogénéité des résultats obtenus incite à envisager une approche génétique plus globale afin de compléter

l'approche du «gène candidat» qui s'intéresse à un seul gène spécifique, et d'aborder ainsi toute la complexité des interactions gènes-environnement.

1.4.2 Facteurs environnementaux : Implication de l'axe HPA

Plusieurs facteurs de risque sont associés à l'occurrence de la dépression, les stress environnementaux tels que la perte d'emploi, les difficultés maritales, les ennuis de santé ou l'isolement social semblent particulièrement importants. De même, les traumatismes de l'enfance comme les abus sexuels, une relation parent-enfant difficile ou un divorce des parents augmentent le risque de dépression à l'âge adulte. Le stress chronique est un facteur étiologique important de la dépression (Nestler et *al.*, 2002).

L'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA pour "hypothalamic-pituitary-adrenal") est le système neuroendocrinien permettant à l'organisme de faire face au stress par une réponse physiologique adaptée.

En effet, une situation de stress déclenche une cascade d'évènements le long de cet axe qui commence par la sécrétion de l'hormone corticolibérine (CRH pour "corticotropin releasing hormone") par le noyau paraventriculaire de l'hypothalamus (Belmaker et Agam, 2008). La CRH est véhiculée jusqu'à l'hypophyse où elle stimule la sécrétion de l'adrenocorticotrophine. L'ACTH, hormone sécrétée et véhiculée dans la circulation sanguine générale, stimule la zone corticale des glandes surrénales qui produit des corticoïdes (les plus importants étant le cortisol chez l'homme et la corticostérone chez les rongeurs) (Etiévant, 2012).

Normalement, cette sécrétion de cortisol induit un rétrocontrôle négatif au niveau de l'hypothalamus et de l'hypophyse en inhibant respectivement leur sécrétion de CRH et d'ACTH, afin de maintenir une homéostasie. En cas de dépression, on observe une sécrétion accrue de CRH qui engendre donc une hyper-sécrétion d'ACTH et de cortisol (Konne, 2012). Ainsi, certains patients déprimés présentent une élévation du taux de cortisol plasmatique et celui de l'ACTH (Burke et *al.*, 2005) ou de CRF dans le liquide céphalorachidien (Merali et *al.*, 2004).

De même, une hypercortisolémie, c'est à dire un taux anormalement élevé persistant de glucocorticoïdes dans le sang, a été identifiée chez 50% des patients déprimés chez qui l'administration chronique d'antidépresseurs reverse ce phénomène (Parker et *al.*, 2003; Raison et Miller, 2003). Des études précliniques ont démontrés que certains symptômes pseudo-dépressifs pouvaient être induits chez le rat par l'administration chronique de glucocorticoïdes (Gourley et *al.*, 2008).

En raison de ces données, une partie de la recherche de nouvelles cibles thérapeutiques dans la dépression s'est orientée vers un dysfonctionnement de l'axe HPA, avec pour principaux candidats les récepteurs aux CRF exprimés dans l'hypophyse et les récepteurs aux glucocorticoïdes localisés, entre autres, dans l'hippocampe (Valdez, 2009). Ces récepteurs sont en effet des entités importantes de la régulation de l'axe HPA. Il existe deux types de récepteurs aux corticoïdes ; ceux de type I (minéralocorticoïdes) ont une forte affinité pour la corticostérone et ceux de type II (glucocorticoïdes) ont une faible affinité pour cette hormone du stress. L'activation de ces deux types de récepteurs peut moduler la force des connexions synaptiques en fonction du taux d'hormones de stress en circulation (Pavlidis et *al.*, 1995). L'utilisation des antagonistes de ces récepteurs comme antidépresseurs est en cours d'étude (Louis et *al.*, 2006).

2. Les traitements antidépresseurs :

Les premiers antidépresseurs ont été découverts de manière fortuite il y a plus de 60 ans. Leur introduction en clinique psychiatrique a permis une évolution rapide du traitement de la dépression et une nette amélioration de la qualité de vie des patients (Feighner, 1999). Le terme antidépresseur désigne la capacité de lutter contre la dépression.

Les médicaments antidépresseurs appartiennent à la classe des psychotropes donc par définition, ce sont des médicaments qui modifient le psychisme et le comportement. Les antidépresseurs ont en commun d'avoir leur cible d'action au niveau cérébral. Leur mode d'action pharmacologique (figure 08) global est le même : une action au niveau cérébral, au niveau neuronal et de la synapse via une modification de la concentration en neurotransmetteurs.

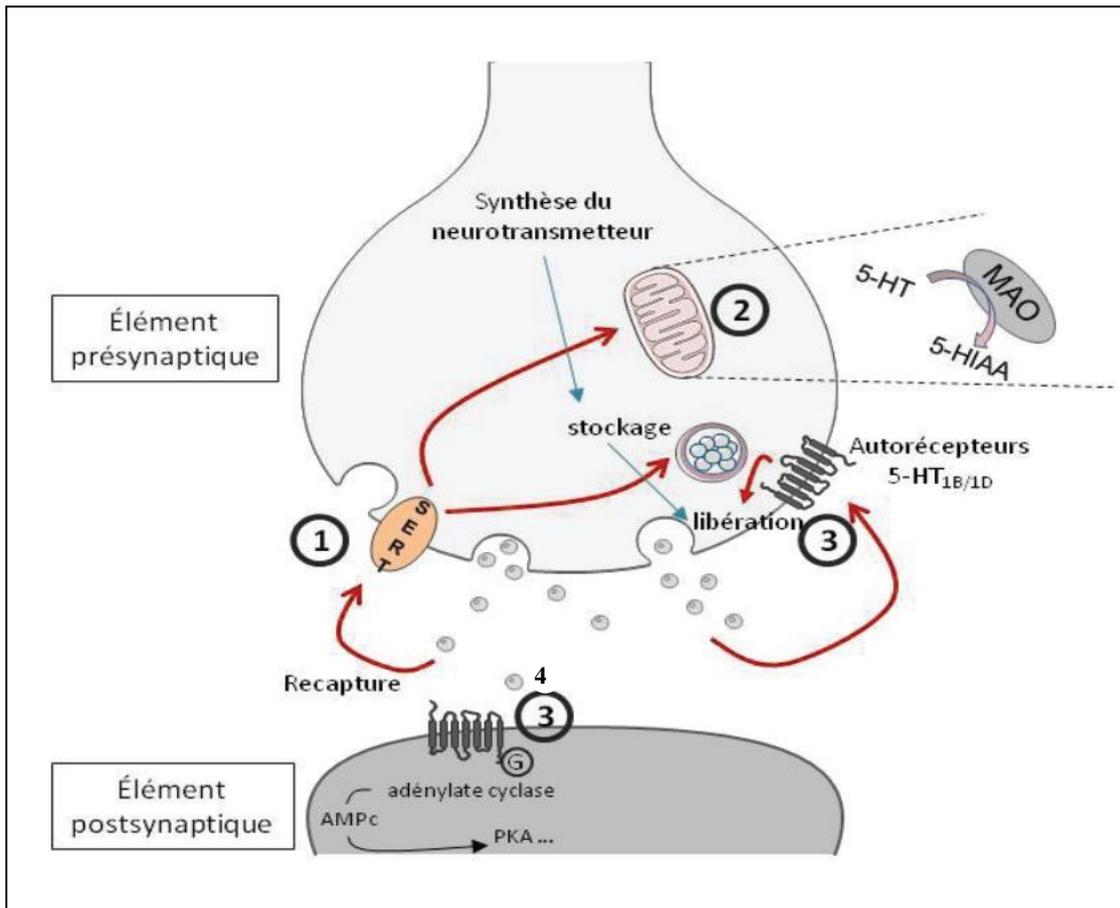


Figure 08 : Mécanismes d’actions des antidépresseurs (Konne, 2012).

Les antidépresseurs actuels augmentent la disponibilité synaptique de la 5-HT, NA et DA via trois principaux mécanismes d’action : l’inhibition de la recapture (1), de la dégradation (2) ou le blocage d’un autorécepteur (3) du neurotransmetteur. Une autre possibilité est l’action directe sur les récepteurs postsynaptiques (4).

Cependant, en fonction de leur classe, ils auront une action préférentielle sur certains types de neurotransmetteurs impliqués dans la dépression en tentant de rétablir une concentration adaptée en neurotransmetteurs au niveau synaptique (Konne, 2012).

2.1 Les antidépresseurs tricycliques (imipraminiques) :

Ils sont définis par une structure moléculaire commune tricyclique. Ils sont appelés «imipraminiques» en référence au plus ancien d’entre eux, l’imipramine (Konne, 2012). Leur mécanisme d’action est multiple et associe un effet noradrénergique, sérotoninergique (par inhibition de la recapture de ces neurotransmetteurs augmentant ainsi leur concentration synaptique), anticholinergique central et périphérique (Stahl, 2000).

De nombreux effets indésirables ont été attribués aux antidépresseurs tricycliques les plus courants étant l'apparition de vertiges, de xérostomie, d'hypotension, d'une vision floue, de constipation, de prise de poids et de palpitations. Des cas fréquents de sédation, d'asthénie et de céphalée ont également été relevés (Etiévant, 2012).

2.2 Les inhibiteurs de la monoamine oxydase (IMAO) :

Les chercheurs ont découvert des relations entre la dépression et le fonctionnement de trois neurotransmetteurs : la sérotonine, la noradrénaline et la dopamine. Ces neurotransmetteurs sont des composés chimiques libérés par les neurones. Ils régissent les émotions, le stress, le sommeil, l'appétit et la sexualité. En cas de dépression, ces hormones sont dégradées par des enzymes : les monoamines oxydases (MAO) (figure 09). L'hypothèse monoaminergique postule que la dépression correspond à un déficit des transmissions noradrénergiques (NA) et sérotoninergiques (5HT). Les IMAO bloquent l'action des deux enzymes synaptiques (la monoamine oxydase A et B dégradant les neurotransmetteurs). Cette catégorie correspond aux médicaments antidépresseurs de première génération qui ont en commun une action antidépressive confirmée et des effets secondaires parfois invalidants (Konne, 2012).

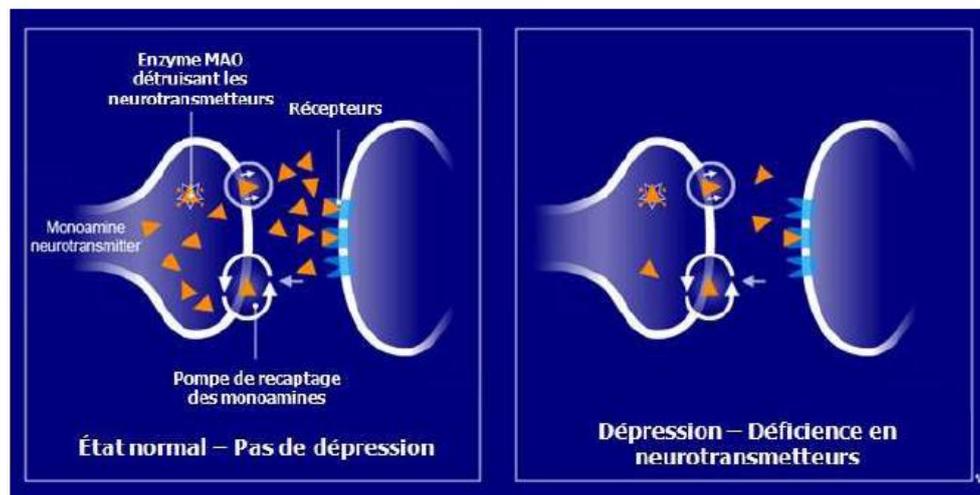


Figure 09 : Inhibiteurs des monoamines oxydases (IMAO) d'après stahl (Konne, 2012)

2.3 Les inhibiteurs de la recapture des monoamines

Les inhibiteurs de la recapture des monoamines (figure 10) sont des antidépresseurs les plus récents, ont une efficacité équivalente et ont démontré une meilleure tolérance. Ils sont qualifiés de «sérotoninergiques» lorsqu'ils agissent exclusivement sur la sérotonine ou «bioaminergiques» lorsqu'ils agissent sur la sérotonine et la noradrénaline.

- Les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) agissant par blocage de la recapture présynaptique de la sérotonine. Leur profil d'efficacité est comparable à celui des tricycliques et des IMAO mais ils sont généralement mieux tolérés et correspondent ainsi à un traitement de première intention (Etiévant, 2012).
- Les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine et de la noradréline (IRSNa) sont de la même génération que les précédents et complètent leur action par une inhibition de la recapture de la noradréline (Konne, 2012).

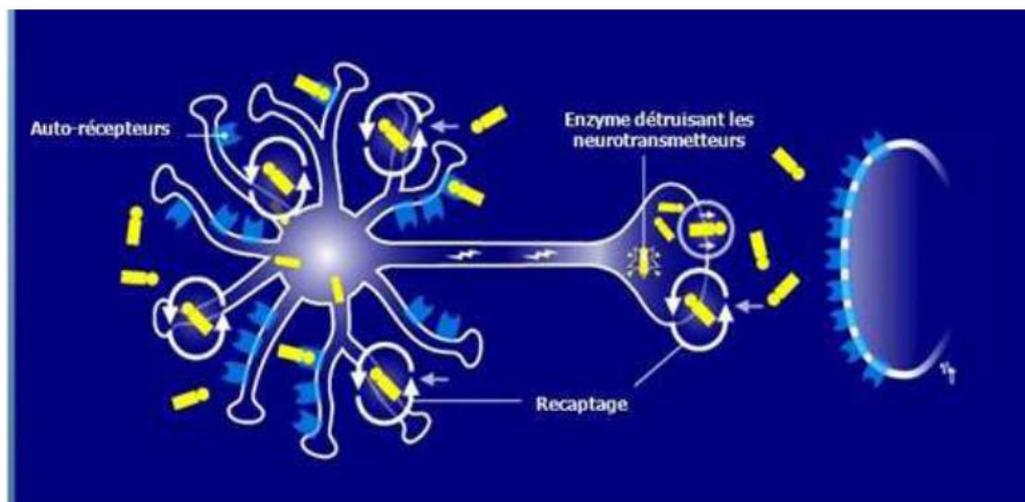


Figure 10 : Inhibiteurs de la recapture des monoamines, d'après Stahl (Konne, 2012)

3. Phytothérapie de la dépression

Les recherches en neurochimie sur la dépression ont connu une expansion rapide depuis les années 50, époque du lancement des premiers antidépresseurs. On a découvert que plusieurs neurotransmetteurs du cerveau jouent un rôle dans son apparition, les plus importants étant les systèmes de la noradréline, de la sérotonine et la dopamine. La plupart des antidépresseurs augmentent la quantité de ces neurotransmetteurs dans le cerveau, en particulier celle de la noradréline et de la sérotonine (Madelin, 2004). Cependant, ces médicaments sont pourvus d'effets secondaires (Delini-Stula et *al.*, 2002) :

Les tricycliques dérivent des antihistaminiques et provoquent surtout de la somnolence avec parfois sécheresse buccale, sueurs, constipation, prise de poids et rétention urinaire. La somnolence est très gênante et contre indique la conduite automobile.

Les IMAO qui sont de très puissants antidépresseurs peuvent provoquer des troubles très graves pouvant entraîner la mort.

Ils doivent être pris sous surveillance médicale rapprochée. En effet le danger vient de la possibilité concomitante d'élever le taux cérébral d'acides aminés ce qui se produit avec certains médicaments courants comme ceux prescrits contre le rhume ou contre l'asthme et avec des aliments du quotidien comme le fromage ou les viandes (Roussel, 2003).

C'est en raison de tous ces effets secondaires que certaines personnes préfèrent utiliser des solutions ou des plantes naturelles pour lutter contre la dépression. Parmi ces plantes nous avons :

➤ Millepertuis (*Hypericum perforatum* L.) :

Le millepertuis semble être la plante antidépressive par excellence. Cependant, tout dépend de la dose utilisée, dont l'hypéricine est le principe actif contenant dans les sommités fleuries de l'*Hypericum perforatum* L.. Les études montrent les effets de l'hypéricine ou de l'extrait sec versus citalopram ou fluoxétine (Goetz, 2010).

➤ Gentianes (*Gentiana lutea* L. et *Gentiana bavarica* L.):

Ce sont les xanthones de la gentiane qui ont un effet antidépresseur, mais également la bellidifoline et la desméthylbellidifoline, qui empêchent l'oxydation du neurotransmetteur la catécholamine. Ce sont des inhibiteurs de la monoamine oxydase-A (MAO-A) (Lacoste, 2014).

➤ Rhodiola (*Rhodiola rosea* L.)

Elle est connue pour son action sur la fatigue, correspondant à une activité adaptogène. Or, l'asthénie est une des composantes symptomatiques de la dépression. Ces principes actifs permettent une amélioration des capacités mentales chez l'Homme, une amélioration de 50% des tests d'erreurs, une amélioration de la mémoire et de l'apprentissage (Goetz, 2010).

Selon Bystritsky et al., (2008), chez le rat mis en situation de dépression, Rhodiola améliore le métabolisme du 5-HT (précurseur de la sérotonine) au niveau de l'hippocampe. Les études de Panossian et al., 2010, ont montré que *Rhodiola rosea* L. est aussi efficace que l'imipramine ou le millepertuis. Parmi les principes actifs supposés de l'orpin rose, le rhodioloside et le tyrosol, qui semblent avoir la même activité.

➤ Réglisse (*Glycyrrhiza glabra* L.)

La réglisse a permis d'obtenir une amélioration de l'humeur chez la femme ménopausée et une stimulation de la mémoire. Elle pourrait agir sur la transmission cholinergique au niveau cérébral (150 mg/kg chez la souris). Elle augmente dans le cerveau le taux de norépinéphrine et de dopamine, et qui n'a pas d'action sur la sérotonine mais aurait un effet inhibiteur de la monoamine oxydase (Goetz, 2010).

➤ Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer)

Ses substances sont des adaptogènes qui améliorent l'état psychique et physique mais ne doivent être prises que sur surveillance médicale. Le ginseng a un effet sur le stress psychique et sur l'humeur, en réduisant la déplétion en monoamine. Les résultats de Chen et *al.*, 2014, confirment l'effet antidépresseur des saponines totales du Ginseng (GTS) dans le modèle de souris induit par la dépression corticostéroïde.

➤ Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Son Huile Essentielle est considérée comme un adjuvant du traitement antidépresseur, d'une posologie de trois gouttes dans une tisane de lavande (une dose supérieure peut engendrer des spasmes et des convulsions) (Goetz, 2010).

➤ Lin (*Linum usitatissimum* L.)

Le lin contient 6% de mucilage, 25% de protéines et 30-40% d'huile, avec 50-60% d'acide alpha-linoléique (ALA) des lipides totaux (Rath et Pradhan, 2012). Les recherches les plus récentes montrent les effets bénéfiques des fractions oméga-3 sur le système nerveux central. Des études réalisées sur le modèle de rat carencé en acides gras polyinsaturés (AGPI oméga-3) permettent de mettre en évidence une perturbation du processus de stockage et de libération présynaptique de plusieurs neurotransmetteurs.

Les systèmes monoaminergiques et cholinergiques ont été plus spécifiquement explorés, en raison de leur implication dans la régulation de grandes fonctions physiologiques comme la motricité volontaire, les cycles veille-sommeil ou encore la perception de la douleur, mais surtout dans le contrôle des processus cognitifs mettant en jeu l'attention, la motivation et la mémoire.

On peut conclure qu'une grande quantité d'AGPI, en particulier des oméga-3, dans les membranes cérébrales, en ont fait un acteur clé du bon fonctionnement du système nerveux central. Des modifications du métabolisme sanguin ou cérébral des AGPI ont été mises en évidence chez des sujets souffrant de schizophrénie (Fenton, 2000) et de dépression (Peet, 2003). Les mêmes oméga-3 sont accumulés dans la cameline (*Camelina sativa* L.) et le pourpier (*Portulaca oleracea* L.) (Overeem, 1999).

➤ Passiflore (*Passiflora incarnata* L.)

Des récentes recherches ont montré que ce sont des alcaloïdes responsables de son action relaxante et antidépressive (Ingale et Hivrale, 2010). Ces alcaloïdes sont des β -carboline, connus également par alcaloïdes d'harmala en raison de leur extraction pour la première fois à partir *Peganum harmala* L.. Les β -Carboline augmentent les teneurs en dopamine et en sérotonine dans le cerveau par l'inhibition de la recapture des monoamines. Ces composés augmentent aussi les teneurs des inhibiteurs des monoamines oxydases (MAO) A et B (Davood et Nazanin, 2006)

Partie II:

Etude expérimentale

Partie II : Etude expérimentale

Nous présenterons dans cette partie l'enquête ethnobotanique réalisée dans la région de Djelfa sur le *Peganum harmala* L. et *Portulaca oleracea* L. afin de nous situer par rapport à l'usage de ces deux espèces avant d'approuver tous ces effets confondus via l'étude de la composition chimique de leurs organes.

Dans une seconde étape, on passe à l'extraction des alcaloïdes totaux de *Peganum harmala* L. et des acides gras de *Portulaca oleracea* L., les fractions répandues pour leur caractère antidépresseur tout en identifiant leurs molécules bioactives après des analyses par CGMS et ce en terme d'évaluation des teneurs en principes actifs des deux plantes dans différents stades de développement.

Par ailleurs, une vérification de l'activité antidépressive de ces extraits a été mise en évidence relevant des tests de la nage forcée. Ces extraits administrés à différentes doses on fait l'objet d'un test de toxicité et d'efficacité DL50 afin de définir les dilutions adéquates nécessaires dans ce genre d'application.

Matériels et Méthodes

1. Présentation des stations d'étude de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L.:

La région de Djelfa représente la capitale des hauts-plateaux algériens (alt.1153m) situé à 300km d'Alger. Elle est connue par sa diversité écologique et sa richesse en plantes médicinales. Les espèces sont récoltées de la région de Djelfa mais à deux stations différentes ; *Peganum harmala* L. est récolté au niveau d'Ain El Roumiya, à environ 30km Sud de la région de Djelfa (figure 11) durant l'année 2014. Tandis que, le *Portulaca oleracea* L. est prélevé à El-maâlba, située à 25km Est de la région de Djelfa (figure 12) durant l'année 2013.

La station de *Peganum harmala* L. est un milieu ouvert et exposé au soleil avec un sol sec et pierreux. D'après Nedjimi et Guit (2012), l'apparition de cette espèce est un indicateur des milieux naturels dégradés et des sols caillouteux. Tandis que, le *Portulaca oleraceae* L. pousse au milieu du champ de cultures où la végétation est dense à sol humide. Le pourpier croit sur différents types de sol, mais préfère les sols fertiles et humides (Haflinger et Brun-Holl, 1981).

Les données climatiques des deux stations sont recueillies auprès de l'office national de la météorologie (O.N.M).

2. Matériel végétal :

2.1 Choix, identification et récolte de *Peganum harmala* L. et *Portulaca oleracea* L. :

L'usage fréquent de ces plantes et ses résultats satisfaisants qui s'en suivent, la connaissance de la période de floraison et la disponibilité en terme de quantité ont conduit le choix de ces espèces. L'identification des espèces a été effectuée par le Haut Commissariat du Développement de la Steppe (HCDS).

Pour chaque espèce nous avons effectué trois récoltes:

- Récolte du mois de Juin. Les plants étaient en stade végétation.
- Récolte du mois de Juillet. Les plants étaient en plein floraison et de fructification.
- Récolte du mois d'Août. Les plants étaient en plein maturation.

Les récoltes ont été réalisées entre 11 heures et 14 heures, au hasard au niveau des stations.



Figure 11 : *Peganum harmala* L. d' Ain El Roumiya



Figure 12: *Portulaca oleracea* L. d'El-maâlba

3. Traitement des échantillons de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L.:

Pour chaque espèce, les plants sont traités séparément selon leurs utilités :

- Les organes (tige, feuille, racine) des deux espèces pour l'étude histologique.
- Les graines de *Peganum harmala* L. et les feuilles de *Portulaca oleracea* L. sont utilisées pour l'activité antidépressive.
- Le reste des plants (feuilles, tiges, graines et fruits) des deux espèces est consacré pour l'étude phytochimique.

Après séparation et nettoyage, les échantillons sont mis à sécher en plein air et à l'ombre durant trois semaines pour le *Peganum harmala* L. et quatre semaines pour ceux de *Portulaca oleracea* L.. Après séchage, les organes sont broyés et conservés dans des sachets en papier. Ainsi, nous avons obtenu 10 poudres pour chaque espèce.

4. Analyses du sol de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L. :

Afin de comprendre la variation des teneurs en principes actifs des espèces au cours de leurs développement phénologique, des échantillons de sol sont prélevés durant trois mois (Juin, Juillet et Août) de l'année 2013 pour le *Portulaca oleracea* L. et 2014 pour le *Peganum harmala* L.. Les analyses de sol sont réalisées au niveau du Laboratoire de Pedologie de l'HCDS-Djelfa. Pour chaque analyse, nous avons effectué trois répétitions, qui sont:

- Le pH (mesuré par le pH-mètre),
- La conductivité électrique (mesurée par le conductivimètre),
- Le calcaire actif avec le calcimètre de BERNARD,
- La matière organique par la méthode d'ANNE,
- La granulométrie (argiles, limons, sables) et la texture d'après le diagramme de USDA.

5. Etude histologique de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L. :

Afin de connaître la structure histologique des deux espèces et leurs sites de stockage des principes actifs, des coupes transversales des feuilles, des tiges et des racines sont colorées selon la technique de double coloration (Boukhatem 2010 ; Madjene et Madani 2010). Cette technique comprend les étapes suivantes:

- Réalisation de coupes transversales fines au niveau des organes à l'aide d'une lame.
- Trempage des coupes dans de l'eau de javel, pendant 15mn,
- Traitement des coupes avec de l'acide acétique dilué pendant 1mn,
- Coloration des coupes par le vert de méthyle pendant 10mn.
- Coloration des coupes par le rouge du Congo pendant 20mn.
- Observation des coupes au microscope optique.
- Détermination de la taille des cellules.

6. Le screening chimique de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L.:

Afin de déterminer les différents groupes chimiques contenus dans les deux espèces, un screening chimique est effectué sur leurs organes. Ces tests sont réalisés selon la méthode de Solfo (1973) et Harborne (1989).

- **Au début, nous avons préparé l'infusé des organes des deux plantes. Pour chaque organe, 10g de la poudre est mélangée avec 100ml d'eau bouillante, après 15mn l'infusé est filtré.**

■ Tanins :

Nous avons pris 5ml de l'infusé, en ajoutant goutte à goutte 1ml d'une solution de chlorure ferrique (FeCl_3) à 1%. L'apparition d'une coloration verdâtre indique la présence des tanins catéchiques, et bleue noirâtre indique la présence des tanins galliques.

■ Anthocyanes :

Quelques gouttes d'HCl pur sont ajoutées à l'infusé. Ensuite, nous avons mis quelques gouttes de NH_4OH , le changement de la couleur indique la présence des anthocyanes.

■ Leuco-anthocyanes :

5ml de l'infusé est mélangée avec 4ml d'alcool chlorhydrique (éthanol /HCL pur 3v/v). Après un chauffage au bain marie à 50°C , pendant quelques minutes, l'apparition d'une couleur rouge cerise indique la présence des leuco-anthocyanes.

■ Saponosides :

Dans un tube à essais, on met 10 ml de l'infusé. Le tube est agité pendant 15sec et laisser reposer 15 min. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1cm indique la présence des saponosides.

- **A partir de la poudre, nous avons déterminé le reste des groupes chimiques.**

■ Alcaloïdes :

Une quantité de 5g de la poudre est mélangée avec 50ml d'Hcl à 1% dans un récipient. Après une macération, nous avons filtré le mélange et additionné au filtrat quelques gouttes de réactif de Dragendorff. L'apparition d'un précipité orangé indique la présence des alcaloïdes.

■ Flavonoïdes :

La poudre (10g) est macérée dans 150ml d'HCl à 1% pendant 24h. Ensuite, 10ml du filtrat est mélangé avec du NH₄OH et mise au repos 3h. L'apparition d'une couleur jaune claire dans la partie supérieure du tube indique la présence des flavonoïdes.

■ Cardénolides :

01g de la poudre est macéré dans 20ml d'eau distillée pendant 3h. Après filtration, 10ml du filtrat est mélangé avec une solution de CHCl₃ et de C₂H₅OH (10ml). Ensuite, la phase organique est évaporée dans un bain de sable à 90⁰C. Le précipité est dissous dans 3ml de CH₃COOH glacial, et on ajoute sur les parois du tube quelques gouttes de FeCl₃ et 1ml d'H₂SO₄ concentré. L'apparition d'une couleur verte bleue dans la phase acide indique la présence des cardinolides.

■ Terpènes et stérols :

La poudre (0.5g) est macérée dans 20 ml d'éther de pétrole. Après filtration, la phase organique est évaporée dans un bain de sable à 90⁰C. Le résidu est dissous dans 5ml d'acide acétique et 1ml d'H₂SO₄ concentré. Dans la zone de contact entre les deux liquides, se forme un cercle marron ou violet, qui vire ensuite au gris. Ce changement de couleur indique la présence des stérols et terpènes.

■ **Quinones :**

La poudre (01g) est macérée dans 30 ml d'éther éthylique pendant 24h. Après filtration, quelques gouttes de NAOH à 1N sont ajoutées au filtrat. L'apparition d'une couleur rouge dans la phase aqueuse indique la présence des quinones.

■ **Amidon :**

La poudre (01g) est macérée dans 30 ml d'eau distillée chaude pendant 01h. Après filtration, des gouttes de réactif d'amidon (liqueur de Fehling) sont ajoutées à la solution aqueuse. L'apparition d'une couleur bleue violacé indique la présence de l'amidon.

■ **Coumarines :**

La poudre (01g) est mélangée avec quelques gouttes d'eau dans un tube à essais. Le tube est recouvert avec du papier imbibé de NaOH dilué, et est porté à ébullition. Toute fluorescence jaune témoigne de la présence des coumarines après examen sous UV.

7. Etude ethnobotanique de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L. :

L'enquête ethnobotanique est un travail de terrain qui consiste à rencontrer des praticiens traditionnels pour s'enquérir de leurs méthodes de traitement des maladies. Cette enquête est indispensable dans la mesure où elle nous permet de nous orienter afin de cibler certains tests biologiques. L'outil de travail est élaboré en une série de questionnaire (annexe 01).

Nous avons choisi la région de Djelfa en raison de sa richesse en plantes médicinales, et où la phytothérapie acquiert une place très importante dans la population locale. Nous avons effectué une enquête pour chaque espèce. Nous avons choisi trois sites d'enquêtes : Messaâd, Chef-lieu Djelfa et El Maâlba. Les enquêtes sont réalisées entre le mois de Février et Juin 2013 auprès des tradithérapeutes, des herboristes et de la population locale. Pour les deux plantes, le nombre de personnes interrogées est de 100 à travers la région de Djelfa repartis selon: le sexe (53 hommes et 47 femmes) et l'âge [de 20 à 30 ans (21 personnes), de 30 à 45 ans (33 personnes) et de 45 à 70ans (46 personnes)].

L'outil de notre enquête est un formulaire de 13 questions, permettant d'évaluer l'importance des plantes dans l'esprit, et le quotidien des habitants à savoir : la période de la récolte, l'utilisation, la prescription et le mode de préparation.

8. Extraction des alcaloïdes totaux de *Peganum harmala* L.:

Selon Houmani Z, et al., (1994), L'extraction des alcaloïdes indoliques est basée sur leurs solubilités en milieu acide et en milieu alcalin (figure 13). L'extraction est réalisée sur les organes des trois stades de développement de *Peganum harmala* L.. Nous avons effectué trois répétitions pour chaque extraction. L'extrait est obtenu après un passage par 2 phases :

La première phase : 2g de la poudre subissent une double extraction éthanolique (400ml) à ébullition (figure 13), ensuite la solution est évaporée par un évaporateur rotatif. Une acidification du milieu (50ml de l'HCl à 2%) permet le passage à la phase aqueuse et l'élimination des impuretés soluble dans l'éthanol (chlorophylle, lipide, résine). Ensuite, le filtrat est passé deux fois avec l'éther du pétrole (20 ml).

La deuxième phase : une alcalinisation de la couche acide aqueuse par le NH_4OH (pH=10), permet le passage à la phase basique et élimination des impuretés hydrosolubles (sels minéraux, sels organiques, sucre).

La purification des alcaloïdes est obtenue par plusieurs passages au chloroforme (50 ml). Les couches de chloroforme sont combinées, et séchées sur sulfate du sodium anhydre. L'extrait obtenu correspond à la totalité des alcaloïdes présents dans l'échantillon. Ensuite, 0.05g des alcaloïdes totaux (AT) de chaque organe est dilué dans 1ml de chloroforme pour être analyser en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS).

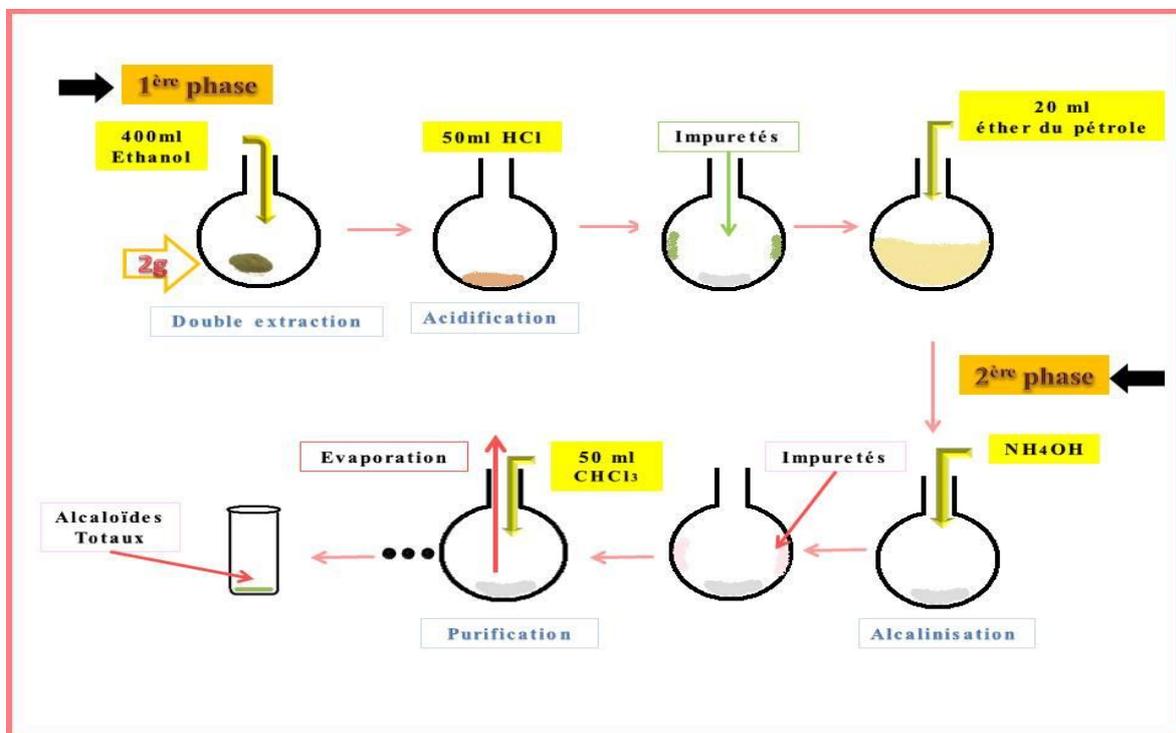


Figure 13 : Extraction des alcaloïdes totaux de *Peganum harmala* L.

9. Extraction des lipides totaux (acides gras) de *Portulaca oleracea* L. :

L'extraction est réalisée sur tous les organes des trois stades de développement de *Portulaca oleracea* L. (figure 14). La poudre (125g) de chaque organe est macérée dans 1 litre d'éther de pétrole pendant 3 jours à température ambiante. L'extrait de *Portulaca oleracea* L. (EPO) est ensuite évaporé à sec par un évaporateur rotatif sous vide. L'extrait obtenu correspond à la totalité des lipides (LT) présents dans l'échantillon. Nous avons effectué trois répétitions pour chaque extraction.

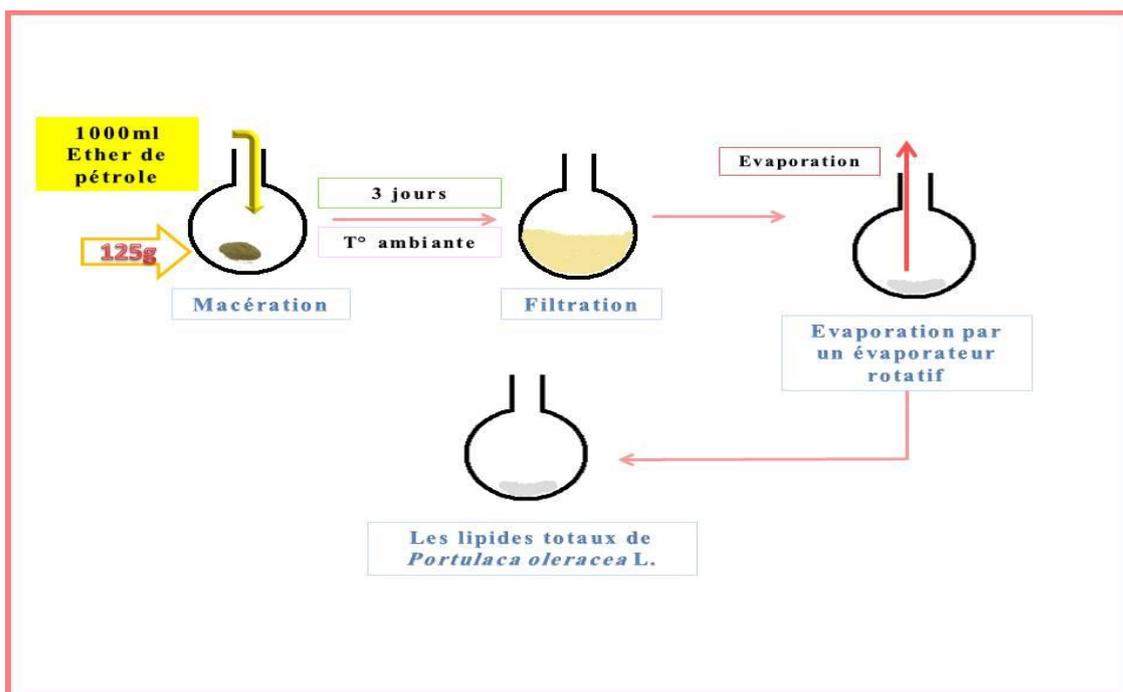


Figure 14 : Extraction des lipides totaux de *Portulaca oleracea* L.

10. Analyse chromatographique :

10.1 *Peganum harmala* L. :

Nous avons dissous 0.05g d'AT de chaque organe dans 1ml de chloroforme. La solution est injectée et analysée par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS). L'appareil est de type «Technologies Agilent CG7820 et MS5977», caractérisé par :

Colonne : ZB-5MSi (60 m × de 250 µm × 0.25µm)

Gaz vecteur : Hélium 1.0 mL min⁻¹

Température: 60-300°C, 5°C/min.

Le volume injecté : 1µL

La quantité de chaque composé est exprimée par le pourcentage de la surface des chromatogrammes.

10.2 *Portulaca oleracea* L. :

Avant de procéder à l'analyse par la chromatographie (CGMS), les acides gras doivent être transformés en esters méthyliques. L'extrait (20mg) est dissous dans une solution méthanolique d'hydroxyde de sodium (0.2ml, 2N) et dans l'heptane (0.5ml). La solution est agitée et chauffée à 60°C pendant 1 min. Une quantité d'HCl (0.2ml à 2 Mol/l) est ajoutée au milieu réactionnel. Après décantation, la phase supérieure (100µl) est mélangée avec de l'heptane (50µl) afin de récupérer les esters méthyliques.

L'appareil est de type «SHIMADZU QP 2010» caractérisé par:

Une colonne capillaire (SE 30 apolaire): 25m de longueur et 0,25µm de diamètre.

Un injecteur split.

Détecteur: FID.

La phase mobile: hélium.

La phase stationnaire: diméthyle polysiloxane.

La température de l'injecteur : 250°C.

Le volume injecté : 0,1µL.

11. Identification des alcaloïdes et des acides gras :

Les composants sont identifiés par la base de données NIST (Institut National et Technique 2010). Le pourcentage relatif des composants représente le rapport de chaque surface par rapport à la somme des surfaces. Le nom, la formule brute et la surface des composants de des extraits des deux espèces sont déterminés.

12 Evaluation des rendements :

12.1 Détermination de la matière sèche :

Parallèlement aux extractions des alcaloïdes et des lipides totaux selon la méthode de Lindon et Lorient (1994). Nous avons déterminé la matière sèche des poudres, par passage d'un échantillon à l'étuve à 105°C pendant 24h.

Le calcul de la matière sèche se fait comme suit :

$$MS\ g = Ps\ g - A\ g$$

- **MS g** : la matière sèche,
- **Ps g** : le poids global (poids du papier aluminium + matière sèche),
- **A g** : le poids du papier aluminium

12.2 Le rendement des alcaloïdes et des lipides :

Les rendements en alcaloïdes des extraits bruts de *Peganum harmala* L. et en lipides de ceux de *Portulaca oleracea* L. sont calculés par rapport à la matière sèche.

$$\mathbf{R \% = (EB / MS) \times 100}$$

- **R %** : le rendement,
- **EB**: L'extrait brut,
- **MS g**: la matière sèche de la poudre.

13 Evaluation de l'effet toxique de l'extrait de *P. oleracea* L. et *P. harmala* L. :

Afin d'évaluer l'activité biologique des extraits des deux espèces, une détermination de l'effet toxique est nécessaire, en mesurant la dose létale 50 (DL50). La toxicité aiguë de l'extrait de *Peganum harmala* L. et celui de *Portulaca oleracea* L. a été estimée en utilisant la méthode décrite par Tahraoui et ses collaborateurs (2010), qui consiste à répartir les rats, en 7 lots de 10 animaux (mâles et femelles). Pour les deux espèces nous avons procédé la même méthode.

L'un des lots est utilisé comme témoin (recevant Tween 80 à 1%) alors que les autres lots ont été traités, chacun, par une dose unique de l'extrait de la plante (solubilisé dans le Tween 80 à 1%). L'administration a été effectuée par gavage (voie orale) aux doses suivantes :

- *Peganum harmala* L. (mg/kg): 200, 400, 500, 550, 600, 700.
- *Portulaca oleracea* L. (mg/kg): 300, 500, 900, 1200, 1500, 1700.

Après l'administration de l'extrait, les rats sont surveillés en permanence dans la 1^{ère}, la 6^{ème} et la 24^{ème} heure après le traitement, pour toute mortalité ou changement de comportement. Ces signes de la toxicité ont été suivis quotidiennement pendant 14 jours. Dans le 15^{ème} jour, le nombre des animaux morts est calculé et transformé en pourcentage.

14 Détermination de la DL50 de l'extrait des plantes :

La DL50, exprimée en mg/kg du poids corporel, est déterminée par la méthode de calcul de Dragstedt et Lang (1957) cité par El Allaoui et *al.*, (2011).

Dragstedt et Lang stipulent deux postulats :

«Tout animal ayant survécu à une dose administrée donnée aurait survécu à toute dose inférieure à celle-ci, et tout animal ayant succombé à une dose déterminée aurait succombé à n'importe laquelle des doses supérieures. Alors, on peut, pour chaque dose, rassembler tous les morts déjà observés aux doses inférieures et tous les vivants observés aux doses supérieures».

Donc, nous pouvons calculer la DL50 d'après la formule suivante:

$$DL\ 50 = \frac{50 (X1 - X2) + X1Y2 - X2Y1}{Y2 - Y1}$$

X1 : Dose inférieure encadrant la DL50

X2 : Dose supérieure encadrant la DL50

Y1 : Pourcentage de mortalité correspondant à X1

Y2 : Pourcentage de mortalité correspondant à X2

15 Activité antidépressive de *Portulaca oleracea* L. et *Peganum harmala* L.:

Les troubles dépressifs font partie des maladies les plus graves et les plus importantes dans le monde entier. Le traitement repose sur des bases scientifiques éprouvées consiste en un traitement psychothérapeutique et médicamenteux. Malheureusement les antidépresseurs chimiques provoquent assez d'effets néfastes sur le corps, et en raison de tous ces effets secondaires que certaines personnes préfèrent utiliser des solutions naturelles pour traiter la dépression (Delini-Stula et *al.*, 2002).

Ainsi, dans le cadre de recherche des méthodes alternatives contre cette maladie, notre travail consiste à étudier le pouvoir antidépressif des extraits de *Portulaca oleracea* L. et de *Peganum harmala* L. sur des rats Wistar. Le protocole du pouvoir antidépressif est idem pour les deux espèces végétales, dont la seule différence est la dose des extraits administrées aux rats.

15.1 Matériel animal :

L'étude pharmacologique a été réalisée dans le Laboratoire de Pharmacologie du Centre de Recherche et de Développement « CRD », SAIDAL Alger. Nous avons utilisé des rats Wistar femelles qui pèsent entre 180 et 200g. Les rats sont hébergés dans des cages en polypropylène transparent avec un couvercle en acier inoxydable. Les animaux ont disposé d'eau de robinet et de nourriture pendant une semaine. La litière est composée de sciure de bois et renouvelée tous les deux jours. Les rats sont maintenus dans les conditions de l'animalerie (20-24°C et 50% d'humidité). Le protocole expérimental a été prouvé par le CRD.

15.2 Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué d'un extrait de graines de *Peganum harmala* L. et celui de feuilles de *Portulaca oleracea* L., qui ont servi pour la préparation d'une gamme de solutions à différentes concentrations. Les deux extraits sont dilués dans le Tween 80 à 1%.

15.3 Protocole expérimental :

Les groupes de *Peganum harmala* L. (PH): Les rats sont séparés en 4 groupes de (n=5): groupe témoin (G1), groupe (G2), groupe (G3) et groupe (G4).

Les groupes de *Portulaca oleracea* L. (PO): Les rats sont séparés en 4 groupes de (n=5): groupe témoin (G1), groupe (G2), groupe (G3) et groupe (G4).

15.3.1 Test de la Nage forcée :

La nage forcée (Porsolt, 1970) est une méthode utilisée pour l'évaluation de la dépression chez des modèles animaux. Les animaux dépressifs commencent à flotter dans un cylindre rempli d'eau, démontrant un désespoir comportemental. Le temps de flottement ou d'immobilité durant le test de nage forcée est une indication précise des effets antidépresseurs et anxiolytiques (figure 15).

Un jour avant le test (figure 16), les rats subissent une nage forcée pendant 15 minutes, dans un cylindre vertical (hauteur : 40cm ; diamètre : 18cm), rempli d'eau à une température de 25°C. Ensuite, les rats sont séchés, et remis dans leurs cages pendant 24h. Les rats sont mis à jeun 18h avant le test. Le lendemain, nous avons administré aux rats des groupes de (PH) et (PO), par voie orale, 1ml des substances suivantes :



Figure 15 : Test de la nage forcée

- **Pour les groupes de (PH) :**

Groupe (G1) : Tween 80 à 1% pour chaque rat.

Groupe (G2) : EPH 100mg/kg pour chaque rat.

Groupe (G3) : EPH 300mg/kg pour chaque rat.

Groupe(G4) : Diazépam 2mg/kg pour chaque rat, (médicament de référence).

- **Pour les groupes de (PO) :**

Groupe (G1): Tween 80 à 1% pour chaque rat.

Groupe (G2): EPO 200mg/kg pour chaque rat.

Groupe (G3): EPO 400mg/kg pour chaque rat.

Groupe (G4): Diazépam 2mg/kg pour chaque rat, (médicament de référence).

Après une heure, les rats sont placés dans le cylindre et la durée de l'immobilité est enregistrée pendant 6 minutes. Les rats sont considérés immobiles quand ils cessent toute activité. Au cours de ce test, nous avons calculé la quantité de défécation u/G (unité/groupe) durant les 6mn de la 'nage forcée' pour tout les rats des groupes de PH et de PO.

15.3.2 Méthode d'analyse biologique « hormone ACTH» :

Après la session de natation, les rats sont séchés pendant 5 minutes, et anesthésiés par l'éther éthylique. Puis, un prélèvement de sang est effectué au niveau du sinus rétro-orbital de l'œil des rats à l'aide des capillaires. Une quantité de sang est recueillie dans des tubes à EDTA qui sera centrifugé immédiatement pendant 15 min à 3000rpm. A l'aide d'une micropipette, nous avons prélevé le sérum de la phase supérieure du tube et conservé dans des tubes à hémolyse pour l'analyse de l'ACTH (adrénocorticotropine hormone). Nous avons recueilli à la fin 20 échantillons prélevés des groupes de PH et 20 échantillons prélevés de ceux de PO.

15.3.3 Dissection et prélèvement des organes :

Après le prélèvement du sang, les rats sont ensuite sacrifiés. L'animal est fixé en décubitus dorsal, une incision est pratiquée depuis l'orifice urogénital jusqu'au manubrium sternal. Les surrénales et le cerveau sont prélevés à l'aide de pinces fines et pesés au moyen d'une balance de précision.

16 Méthodes d'analyses statistiques

16.1 Description des données :

Les résultats obtenus pour chaque paramètre sont interprétés statistiquement à l'aide du logiciel «Minitab 16-français». Pour toutes les données, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}) qui est un paramètre de position et de tendance centrale, et l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne.

16.2 Le test de STUDENT :

Le test de STUDENT consiste à comparer les moyennes de deux populations à l'aide des données de deux échantillons indépendants (Dagnelie, 2007). Le test t est utilisé pour :

- Comparer les teneurs en alcaloïdes totaux des organes (fruits et graines) de *Peganum harmala* L.,
- Comparer les teneurs en lipides totaux des organes (fruits et graines) de *Portulaca oleracea* L..

16.3 L'analyse de la variance (ANOVA) (Dunnet/Tukey) :

Le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification consiste à comparer plus de deux moyennes de plusieurs populations à partir des données d'échantillons aléatoires simples et indépendants (Dagnelie, 2007). Ce test est utilisé pour :

- Comparer le temps d'immobilité et les teneurs en ACTH des groupes de PH,
- Comparer le temps d'immobilité et les teneurs en ACTH des groupes de PO,
- Comparer la défécation des groupes de PH et ceux de PO,
- Comparer le poids des organes des rats des deux groupes PH et PO.

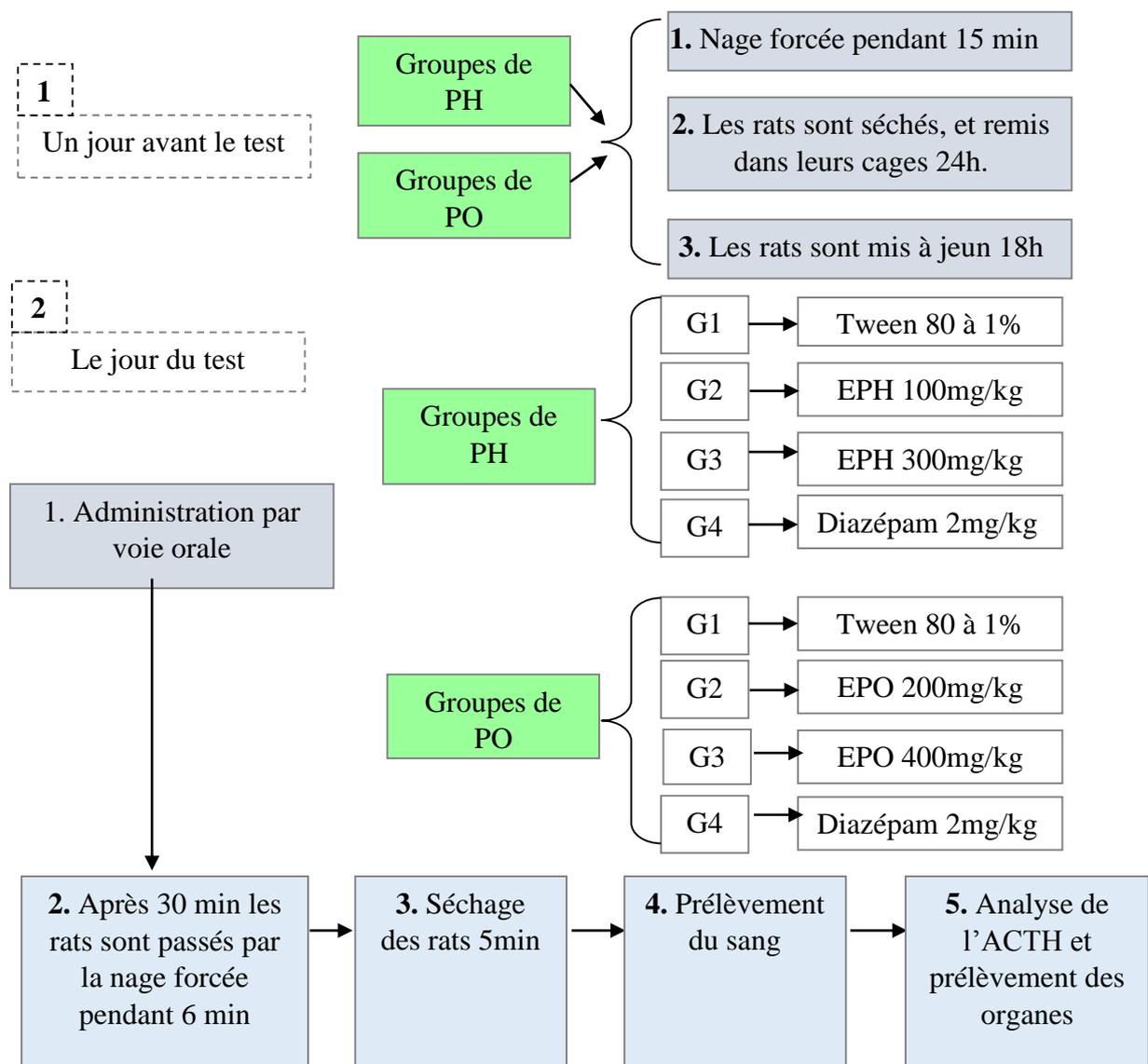


Figure 16 : Protocole expérimentale de l'activité antidépressive.

Résultats et Discussion

1. Caractéristiques climatiques :

Parmi les facteurs de variabilité des alcaloïdes et des acides gras, le climat et le sol, auquel est exposé le végétal ; deux paramètres qui influent leurs rendements en agissant sur leurs métabolismes. Cette influence peut se répercuter à la fois sur la qualité et la quantité de ces principes actifs (Bruneton, 1993 ; Bruneton, 1999). Sur cette base, on peut concevoir la productivité des plantes et cela par l'analyse des conditions pédoclimatiques.

1.1. Analyse des conditions climatiques d'Ain El Roumiya (*Peganum harmala L.*) :

Les caractéristiques climatiques et édaphiques du milieu ont une grande influence sur la teneur en alcaloïdes (Lakhdar Ezzine et Houmani, 2007). Selon les données délivrés par l'ONM (2014) ; les températures les plus élevées sont observées le mois d'Août 27.4°C ; alors que les températures les plus basses sont relevées le mois de Décembre 04.8°C. Le taux d'humidité de l'air le plus élevé est observé en Décembre (85%).

Les conditions climatiques auxquels était soumise la plante faisant l'objet de notre échantillonnage (tableau 02), révèlent que nos échantillons sont exposés à une température moyenne de 21.9°C au mois de Juin, 26.7°C au mois de Juillet et 27.4°C au mois d'Août. Ainsi que, par une précipitation importante au mois de Juin 45.4mm, nulle au mois Juillet (00mm), et augmente légèrement à 11.3mm au mois d'Août. En Juin l'humidité est en moyenne plus élevée (49%), et en Juillet-Août plus faible (32% et 34%).

Tableau 02: Les données climatiques d'Ain El Roumiya 2014.

(Source ONM: office national de la météorologie)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Moy t° mini (°C)	2	2.6	2.5	7.1	1	14.9	19	19.6	17.4	11	7.3	1.3
Moy t° max (°C)	10.3	12.5	12.1	21	25.2	28	33.9	34	29	24.3	15.7	8.6
Moy Temper. (°C)	5.9	7.5	7.2	14.4	18.7	21.9	26.7	27.4	23.1	17.3	11.3	4.8
Humidité (%)	64	72	74	53	51	49	32	34	54	71	76	85
Précipitation (mm)	22.3	18.7	73.5	0.02	44.4	45.4	0	11.3	11.2	2.5	30.8	20.1

1.2. Analyse des conditions climatiques d'El Maâlba (*Portulaca oleracea* L.) :

Les caractéristiques climatiques et édaphiques du milieu ont une grande influence sur la teneur en acides gras (Diallo, 2010). Les données climatiques de l'année 2013 sont portées sur le tableau (03). Les températures les plus élevées sont observées durant le mois de Juillet (26.5°C), et les plus basses sont relevées le mois de Février (0.47°C). Le mois de Décembre est le mois le plus important en précipitation (49mm) et en humidité (85%).

Durant la période de développement de la plante, nous observons une augmentation de la température du mois de Juin au mois de Juillet (de 21.5°C au 26.5°C), et diminue au mois d'Août (24.6°C). Les précipitations sont nulles au mois de Juin (00mm), augmentent légèrement au mois de Juillet (13.2mm), et diminuent au mois d'Août (4.7mm). Ainsi qu'une humidité élevée au mois de Juillet (40%) et modérée au mois Juin et Août.

Tableau 03 : Les données climatiques d'El Maâlba 2013.

(Source ONM : office national de la météorologie)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Moy t° mini (C°)	1.7	0.01	4.8	6.4	9.5	13.9	19.1	16.8	15	13.6	4	0.05
Moy t° max (C°)	9.7	09.3	14.5	19.5	22	29	33.8	32.3	27.8	26.1	12.6	9.6
Moy Temper. (C°)	5.7	4.7	9.7	13	15.5	21.5	26.5	24.6	21.4	19.7	8	4.6
Humidité (%)	77	74	64	55	58	28	40	34	57	54	77	85
Précipitation (mm)	26.7	23.5	12.5	32.8	30.7	0	13.2	4.7	15	11	20.1	49

2. Caractéristiques édaphiques :

2.1. Analyse des caractéristiques édaphiques d'Ain El Roumiya:

Le tableau (04) représente les caractéristiques édaphiques du sol d'Ain El Roumiya. *Peganum hamala* L. pousse sur des sols légèrement alcalins d'un pH variant de 7,81 à 7.98. L'Harmal croit sur les sols où le pH est légèrement basique (Julve, 2012).

La quantité de sels dissous dans le sol est exprimée par la conductivité électrique (EC) à 25°C. Elle mesure 8,67mms/cm au mois de Juin et 9.81mms/cm au mois d’Août. *Peganum harmala* L. est une espèce halophyte, capable de croître sur des sols salins des régions semi-désertiques (Moussaoui, 2013).

La composition du sol en matière organique (MO) est à 1,9% au mois de Juin, et diminue légèrement à 1.65% au mois d’Août. L’apparition de cette espèce dans un espace présente un indicateur des milieux naturels dégradés et des sols caillouteux (Nedjimi et Guit, 2012), qui signifient un sol pauvre en matière organique.

Le sol est riche en calcaire variant de 15,06% à 16.88%. Selon Houmani (1999), une forte teneur en calcaire de plus de 15% favoriserait la biosynthèse alcaloïdique des plantes.

La texture du sol durant les trois mois est argilo-sableuse. Zidane et al., (2009), ont signalé que le sol du *Peganum harmala* L. au Maroc est d’une texture argilo-sableuse.

Tableau 04: Caractéristiques du sol de *Peganum harmala* L. d’Ain El Roumiya.

Paramètres	Juin	Juillet	Août
pH	7,81	7,94	7,98
Matière organique (%)	1,9	1,9	1,65
Calcaire actif (%)	15,06	16,45	16,88
Conductivité électrique mmhos/cm	8,67	9,43	9,81
Argile (%)	25,71	24,31	24,20
Limon (%)	4,10	4,7	4,03
Sable (%)	70,19	70,20	70,13

2.2. Analyse des caractéristiques édaphiques d’El Maâlba:

Les caractéristiques édaphiques du sol prélevé au pied de *Portulaca oleracea* L. d’El Maâlba sont portées sur le tableau (05). Le sol est légèrement acide d’un pH variant de 5,8 à 7,11. Kovadevii et Bukovac (1974), montrent que le pourpier pousse sur des sols où le pH est de 5.6 à 7,8.

Le sol est riche en matière organique au cours du développement de la plante qui est plus importante le mois de Juin (19.62%). Haflinger et Brun-Holl (1981), déclare que *Portulaca oleracea* L. préfère les sols fertiles, riches et bien drainés.

Le sol contient du calcaire actif variant de 9,8% à 10,03%. Kovadevii et Bukovac (1974), citent que le *Portulaca oleracea* L. pousse sur des sols calciques.

La concentration en sel dans le sol varie entre 0.61% et 0,68%. Aronson (1989), annonce que le *Portulaca oleracea* L. est une espèce halophyte, capable de croître sur des sols salés où la concentration du NaCl est égale ou supérieure à 0.5%.

Les analyses du sol ont révélé que la texture du sol est limono-sableuse. Bourgeois et Merlier (1995), indiquent que le *Portulaca oleracea* L. croît sur différents types de sol, mais préfère les sols argilo-sableux ou limono-sableux.

Tableau 05: Caractéristiques du sol de *Portulaca oleracea* L. d'El Maâlba

Paramètres	Juin	Juillet	Août
pH	5,8	5,94	7,01
Matière organique (%)	17,71	19,62	18,5
Calcaire actif (%)	9,8	10,45	10,03
Conductivité électrique mmhos/cm	0,68	0,59	0,61
Argile (%)	23,51	21,41	22,90
Limon (%)	26,3	25,49	25,43
Sable (%)	50,19	53,10	51,67

3. Histologie :

3.1. Structure des organes de *Peganum harmala* L. :

Les coupes histologiques des organes de *Peganum harmala* L. (tiges, feuilles et racines), ont permis d'identifier les différents tissus et les sites de localisation des alcaloïdes.

a. Feuille :

L'épiderme inférieur et supérieur (figure 17 c) montre des cellules sinueuses ayant une taille de $316,00 \pm 84,58 \mu\text{m}$. Les stomates sont abondants et répartis de façon hétérogène, entourés par trois à cinq cellules épidermiques. L'épiderme est caractérisé par une couche uni-strate de cellules compactes en forme rectangulaire et à parois minces, et il est doté de poils sécréteurs. Sous l'épiderme, se dispose des cellules parenchymateuses ($332,00 \pm 83,26 \mu\text{m}$).

Vers l'intérieur, la nervure principale est composée d'un petit faisceau central, sur ces deux côtés plusieurs faisceaux latéraux sont installés. Ces derniers sont composés de phloème ($89,00 \pm 12,56 \mu\text{m}$) et de xylème ($50,67 \pm 12,80 \mu\text{m}$).

b. Tige :

La tige (figure18 a) est une section circulaire avec une symétrie axiale. Cette forme est très fréquente chez les espèces de la famille des Zygophyllacées telle que *Zygophyllum geslini* Coss (Medjdoub, 2006).

De l'extérieur vers l'intérieur, nous distinguons quatre zones : l'épiderme, le cortex, les faisceaux conducteurs et la moelle.

- La zone externe est formée de deux assises de cellules épidermiques ($37,33 \pm 7,29 \mu\text{m}$), entourées d'une cuticule avec une absence de poils sécréteurs. Ces observations sont également citées par Koyuncu et *al.*, (2008) .
- La deuxième zone (figure18 b.c) est composée de trois tissus :
 - Le collenchyme est formé de cinq à six couches de cellules ($51,33 \pm 12,46 \mu\text{m}$) d'une forme arrondie.
 - Les cellules parenchymateuses ($89,33 \pm 16,68 \mu\text{m}$) sont entourées par trois à quatre méats.
 - Le Sclérenchyme est formé de quatre à cinq couches de cellules ($47,63 \pm 17,79 \mu\text{m}$) en forme d'anneaux.
- La troisième zone (figure18 d) est composée de :
 - Faisceau de cellules correspond au phloème ($36,57 \pm 9,61 \mu\text{m}$).
 - Faisceau de cellules possède des parois épaisses et angulaires, il s'agit du xylème ($33,67 \pm 7,67 \mu\text{m}$).
 - La moelle : grandes cellules parenchymateuses de taille $247,33 \pm 50,49 \mu\text{m}$. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par (Koyuncu et *al.*, 2008).

c. Racine :

La racine (figure19 a) est circulaire et symétrique. De l'extérieur vers l'intérieur, nous distinguons:

- Une zone protectrice (figure19 c): le suber est constitué de plusieurs couches de cellules de forme irrégulière ayant une taille de $142,00 \pm 47,84 \mu\text{m}$.
- Un sclérenchyme se présente sous forme circulaire discontinue, il est moins abondant que dans la tige.
- Un parenchyme est formé de quelques couches de cellules ($227,33 \pm 46,82 \mu\text{m}$) arrondies et à méats.
- Un anneau de phloème secondaire ou liber ($75,67 \pm 18,79 \mu\text{m}$).
- Un xylème secondaire ou bois ($91,33 \pm 11,87 \mu\text{m}$).
- Un xylème primaire au centre est peu visible.

• Localisation des alcaloïdes dans les organes :

L'étude histologique des différents organes de *Peganum harmala* L. a révélé la présence de plusieurs taches noires (figure18 c) qui peuvent être des alcaloïdes. Selon des travaux réalisés sur des espèces riches en alcaloïdes tropanique tels que le *Datura stramonium*, *Datura inoxia* et *Hyoscyamus albus*, leurs coupes histologiques ont montré que toutes les cellules contiennent des taches noires avec une abondance dans leurs racines (Benkhalfa 2010, Sekini 2010 et Sassoui, 2010).

Dans la feuille, ils sont présents dans l'épiderme et le parenchyme palissadique. Dans les tiges, ils sont observés dans le parenchyme, le collenchyme et la périphérie de la moelle.

Dans la racine, ils sont localisés dans le parenchyme cortical, le liber et dans la moelle. Les alcaloïdes sont stockés dans le parenchyme et les assises externes (Holmes, 1990).

Conclusion :

Les taches noires ou les alcaloïdes sont stockées partout dans les organes mais ils sont en abondance dans la feuille.

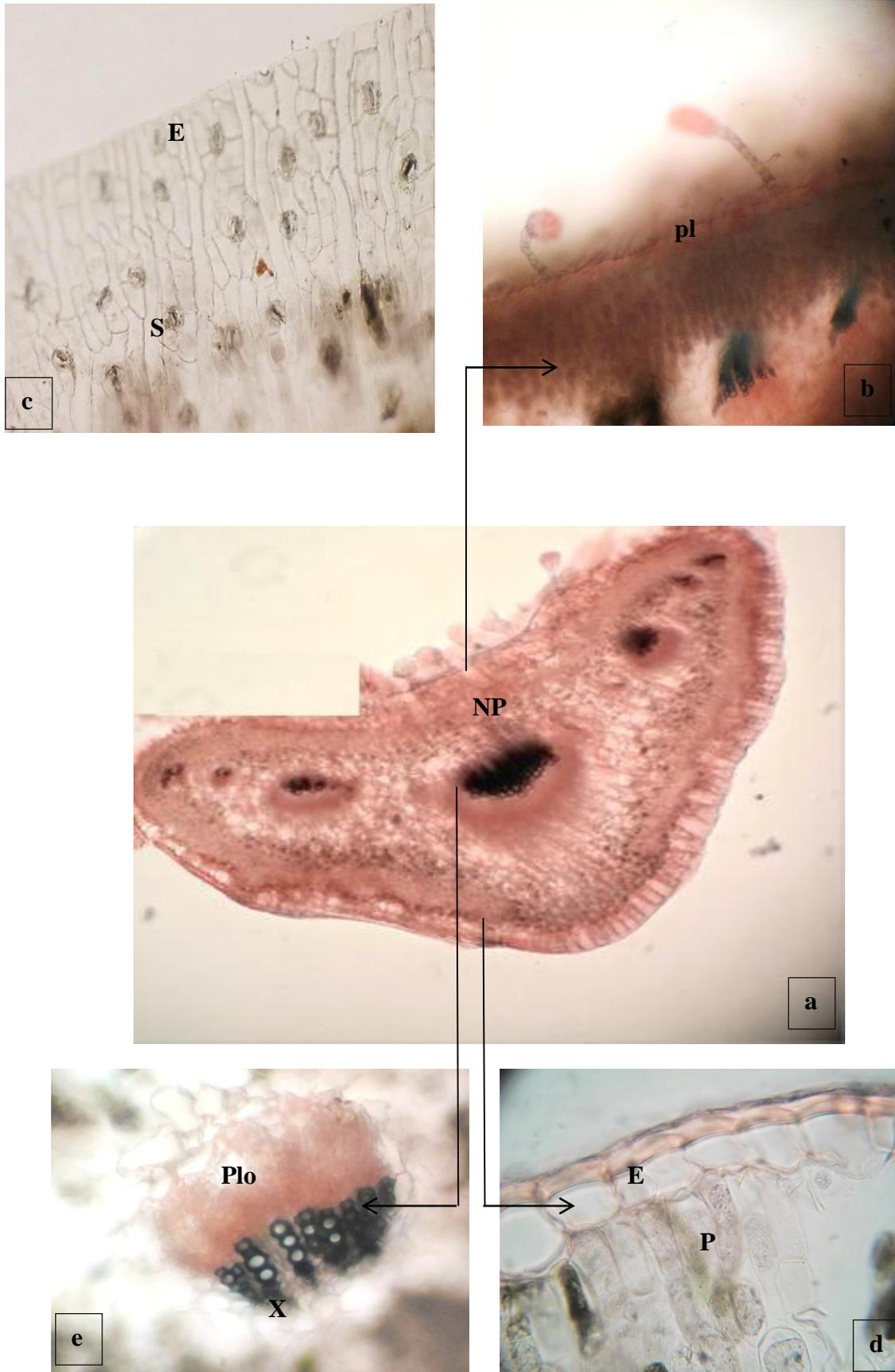


Figure 17 : Coupe transversale de la feuille de *P. harmala* L. **a.** (NP) nervure principale (**G 100x**), **b.** (Pl) poils sécréteurs, **c.** (S) stomates (**e**) épiderme, **d.** (P) parenchyme, **e.** (Plo) phloème (X) xylème (**G 400x**).

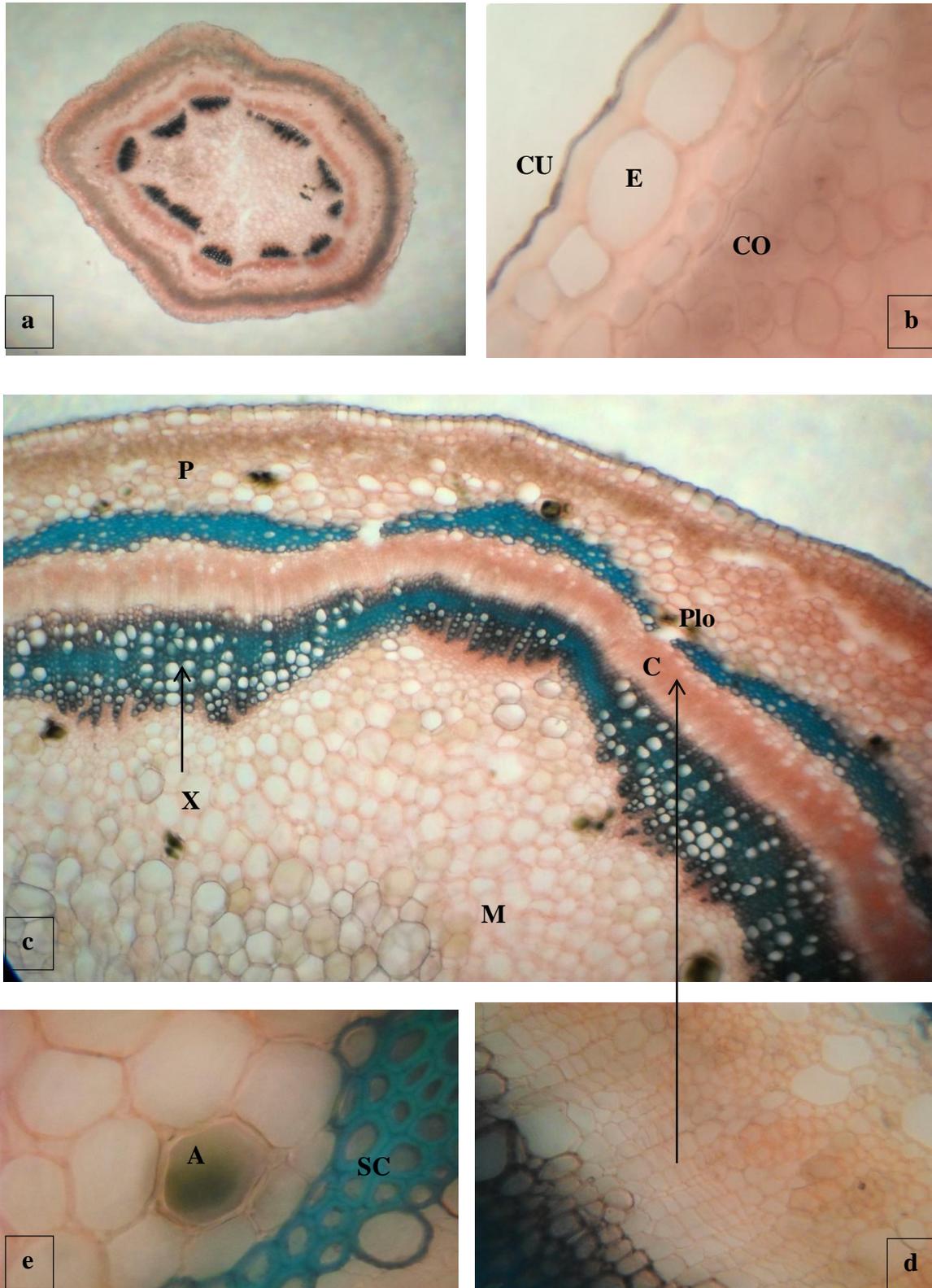


Figure 18: a. Coupe transversale de la tige de *P. harmala* L. (G 40x), b. (CU) cuticule (E) épiderme (CO) collenchyme, c. (P) parenchyme (SC) sclérenchyme (A) Alcaloïde, d. (X) xylème (Plo) phloème (C) cambium (G 400x), e. (M) moelle (G 100x).

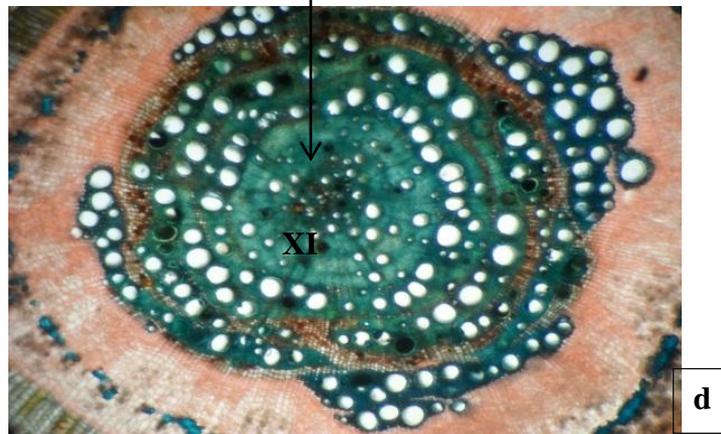
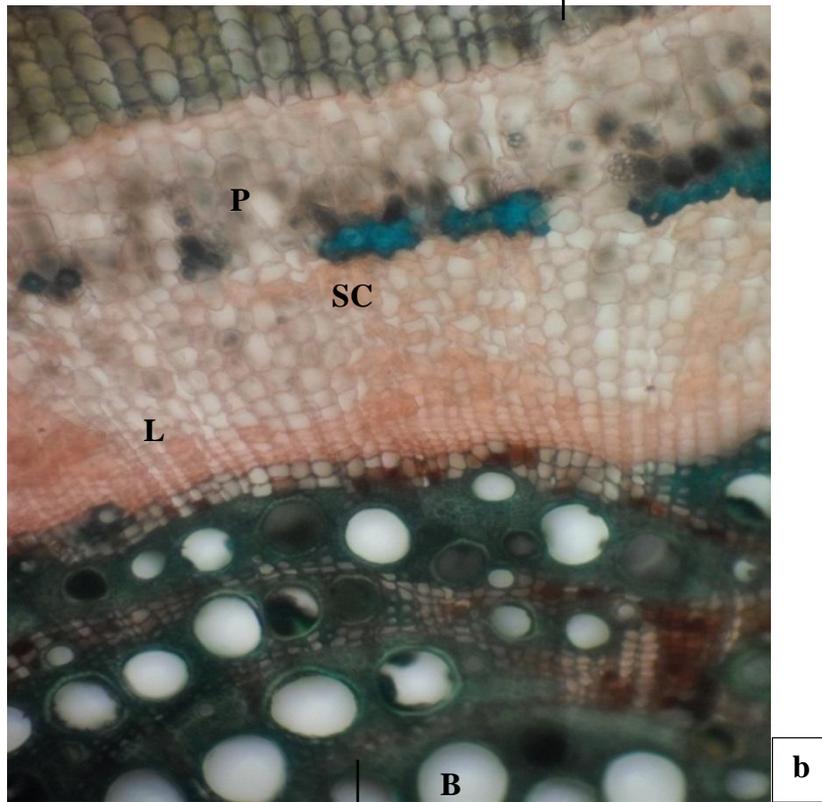
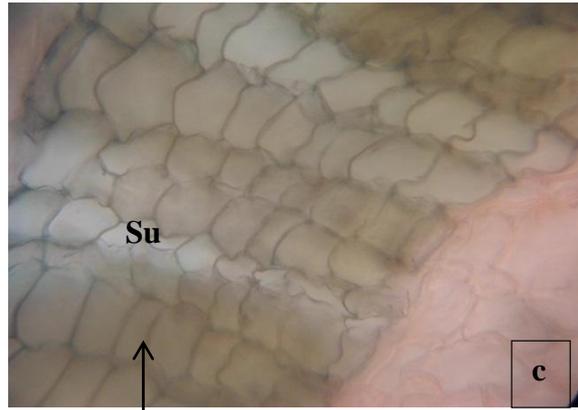
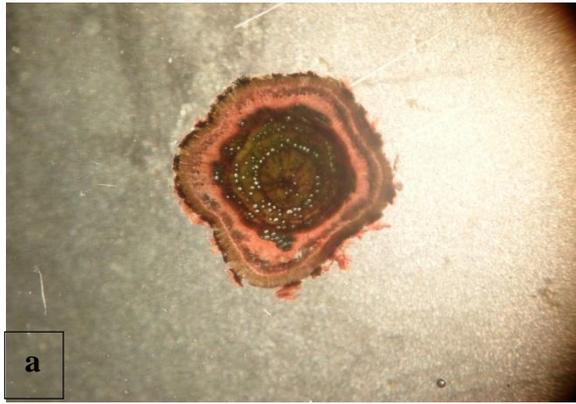


Figure 19: a. Coupe transversale de la racine de *P. harmala* L. (G 40x). b. (L) liber (P) parenchyme (SC) sclérenchyme (B) bois G 100x, c. (Su) suber (G 400x), d. tissu conducteur (G 100x).

3.2. Structure des organes de *Portulaca oleracea* L. :

L'examen microscopique des organes de *Portulaca oleracea* L. nous a permis de déterminer les observations ci-dessous:

a. Feuille :

L'épiderme inférieur et supérieur (figure 20 a) est constitué de cellules sinueuses ayant une taille de $349,33 \pm 93,16 \mu\text{m}$. Les stomates sont abondants et répartis de façon hétérogène, entourés par 05 cellules épidermiques. Les stomates de *Portulaca oleracea* L. sont répartis sur les deux faces de la feuille (Kumar et al., 2008).

L'épiderme est caractérisé par une couche uni-strate de cellules compactes, en forme rectangulaire et à parois minces. Ensuite, plusieurs couches de parenchyme de remplissage ($300,00 \pm 29,76 \mu\text{m}$) se disposent sous l'épiderme.

La nervure principale est composée d'un petit faisceau central (figure 20 d) et sur les côtés plusieurs faisceaux latéraux sont disposés. Chaque faisceau est entouré par un anneau de cellule, qui peuvent être selon Kumar et al., 2008, des cellules « Karanz » caractéristiques des plantes C4. Ensuite, le phloème ($84,00 \pm 13,52 \mu\text{m}$) est disposé à la périphérie du faisceau suivi d'un xylème au centre ($56,00 \pm 15,49 \mu\text{m}$).

Les cristaux d'oxalate de calcium sont assez abondants dans les cellules parenchymateuses. Ils entourent la nervure principale et les nervures secondaires. Le pourpier est riche en cristaux mesurant de 10 à $20 \mu\text{m}$ (Kumar et al., 2008).

b. Tige :

La tige est une section circulaire (figure 21 a) et une symétrie axiale ; très fréquente chez les espèces des Portulacacées.

De l'extérieur vers l'intérieur, on distingue quatre zones : l'épiderme, le cortex, les faisceaux conducteurs et la moelle.

- La zone externe est formée par un tissu de revêtement (figure 21 b) : l'épiderme, constitué d'une seule assise de cellules ayant une taille de $48 \pm 7,75 \mu\text{m}$. La tige du pourpier est totalement glabre (Akobundu, 1989).
- La deuxième zone est le cortex, composée de deux tissus : collenchyme et parenchyme.
- Le collenchyme est formé de deux à trois couches de cellules ($52,00 \pm 13,20 \mu\text{m}$), d'une forme angulaire avec des épaisissements au niveau des angles.

- Le parenchyme est à méats d'une taille de $99,33 \pm 30,11 \mu\text{m}$; chaque cellule parenchymateuse est entourée par 05 méats.

De plus vers l'intérieur, nous avons remarqué que certaines cellules parenchymateuses ont une couleur jaune orangé. Selon Kumar et *al.*, (2008) et Tammaro (1984), les faisceaux conducteurs de *Portulaca oleracea* L. sont entourés par un cercle de cellules parenchymateuses à mucilage de couleur orange.

- La troisième zone est le cercle de faisceaux conducteurs qui a une forme angulaire chez les jeunes tiges et circulaire pour les tiges mûrs. Il est composé de :
 - Phloème primaire et secondaire ($39,83 \pm 12,12 \mu\text{m}$)
 - Cambium
 - Xylème primaire et secondaire ($32,33 \pm 6,23 \mu\text{m}$)
 - Moelle : est constituée de cellules de parenchyme médullaire ($233,33 \pm 59,00 \mu\text{m}$), dont certaines contiennent du mucilage.

Portulaca oleracea L. est une source de calcium et de potassium avec de l'ordre de 65mg/g et 44mg/g respectivement (USDA, 2002). Nous avons remarqué que les tissus sont riches en cristaux d'oxalate de calcium (figure 21 d) ayant une taille de $49,33 \pm 20,86 \mu\text{m}$, principalement dans le parenchyme et la périphérie des faisceaux conducteurs. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par (Schauenberg et Paris, 1977). Les cristaux d'oxalates de calcium sont présents sous forme de macles, de prisme et de sable.

c. Racine :

La section transversale de la racine est circulaire (figure 23 a). De l'extérieur vers l'intérieur, on distingue trois couches de cellules rhizodermiques ($60,67 \pm 17,10 \mu\text{m}$), et une couche de cellules phellodermiques ($132,67 \pm 46,36 \mu\text{m}$). Kumar et *al.*, 2008, ont également noté la présence de deux couches ou plus de cellules rhizodermiques, à parois subérifiées, et une couche unique de phelloderme qui présente la couche phellogène.

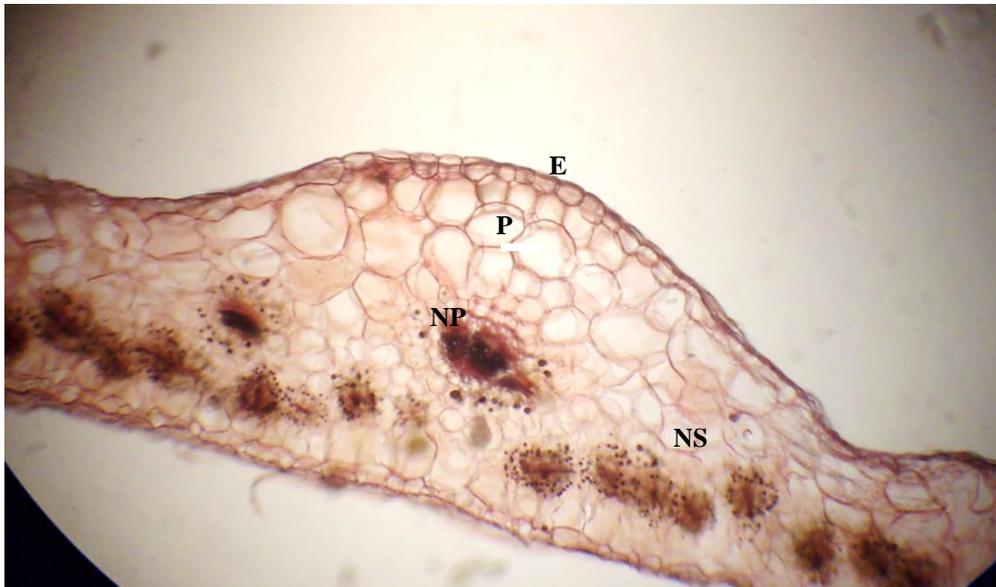
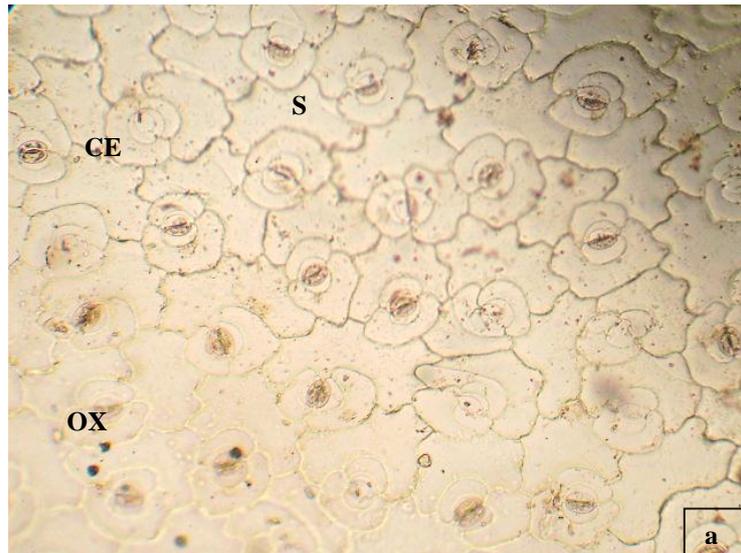
Le cortex est composé de quatre à six couches de cellules parenchymateuses de taille de $60,67 \pm 17,10 \mu\text{m}$ et tangentes au cylindre central. Cela a été également noté par (Kumar et *al.*, 2008), les cellules parenchymateuses sont juxtaposées aux cellules du cylindre central.

Le tissu vasculaire est situé plus ou moins radialement. Il est composé de bois ($81,33 \pm 12,46 \mu\text{m}$) et leurs parenchymes associés, du sclérenchyme et du liber ($73,33 \pm 17,18 \mu\text{m}$). Entre l'endoderme et le point terminal du tissu vasculaire, on trouve le péricycle à parois minces.

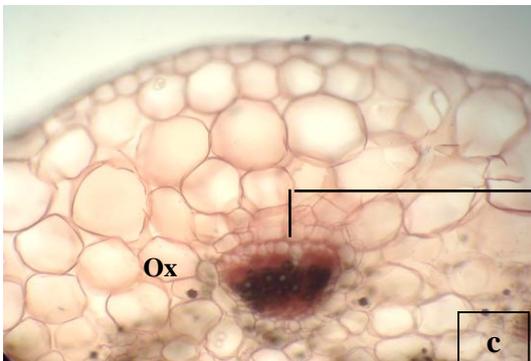
Les cristaux d'oxalate de calcium sont moins abondants dans la racine que dans la tige. Dans la racine adulte les cristaux d'oxalate de calcium sont abondants dans les cellules parenchymateuses du xylème (Kumar et *al.*, 2008).

Conclusion :

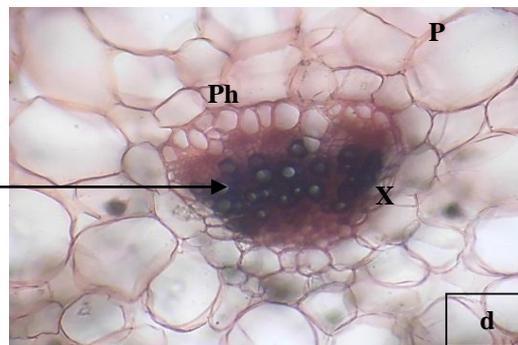
Les cellules parenchymateuses sont riches en mucilage de couleur orange. La plante est riche en oxalates de calcium qui s'accumulent généralement dans le parenchyme cortical et médullaire.



b



c



d

Figure 20 : Coupe transversale de la feuille de *P. oleracea* L.. **a.** Epiderme inférieur de la feuille (CE) Cellule épidermique (S) Stomates (Ox) Oxalate de calcium (G 400x). **b. c.** (G 100x) et **d.** (G 400x) (E) Epiderme (P) Parenchyme (Np) Nervure principale (NS) Nervure secondaire (X) xylème (Ph) Phloème (Ox) Oxalate de calcium.

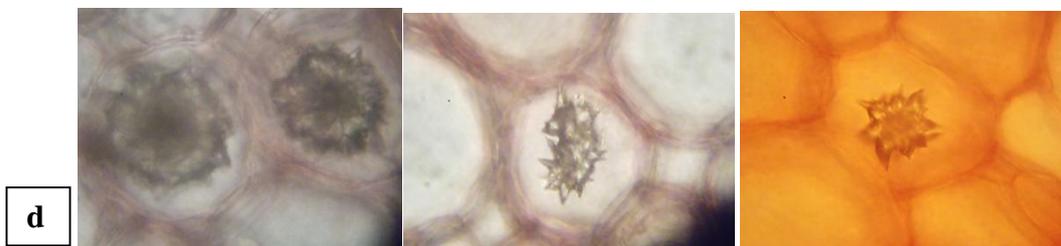
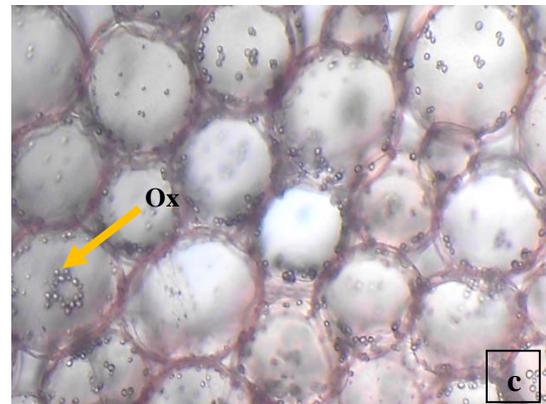
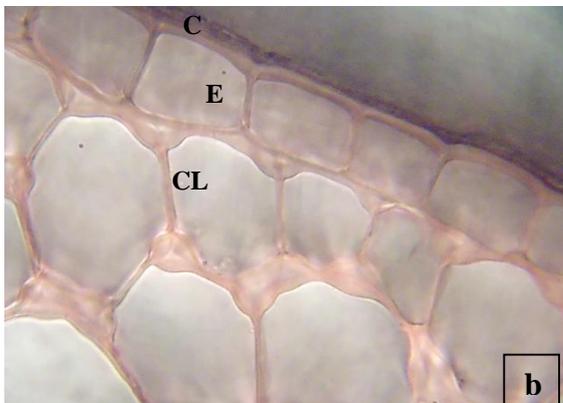
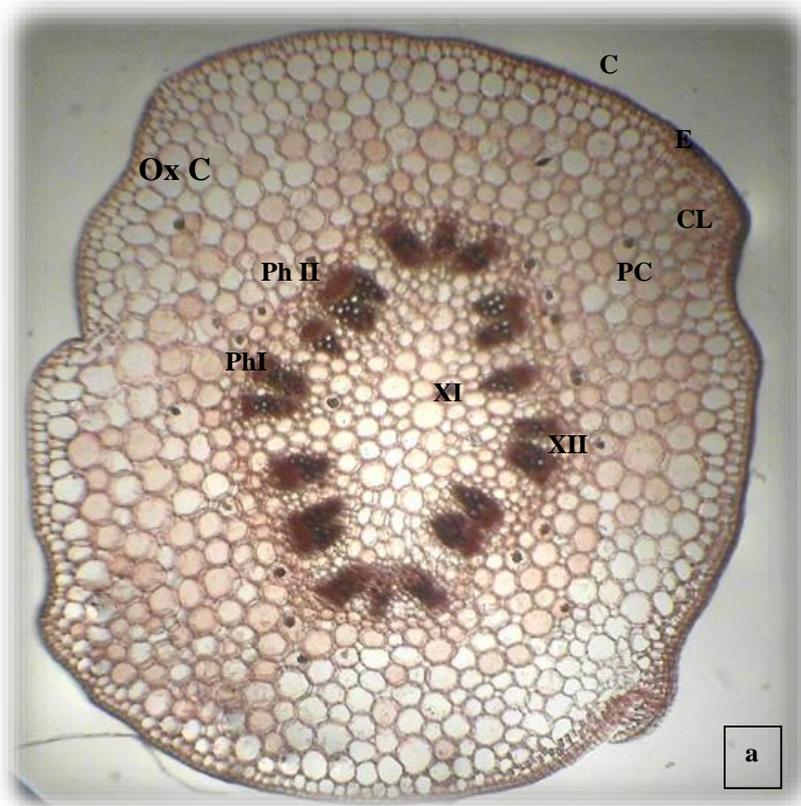


Figure 21: a. Coupe transversale de tige de *P. oleracea* L (G 40x). (C) cuticule (E) épiderme (PC) Parenchyme corticale (Cl) collenchyme, (XI) xylème primaire (XII) Xylème secondaire (Cm) Cambium (PhI) Phloème primaire (PhII) Phloème secondaire (Pm) Parenchyme médullaire b. (C) cuticule (Cl) collenchyme (E) épiderme (G 400x). c. (G 100x) d. (Ox) oxalates de calcium (G 400x).

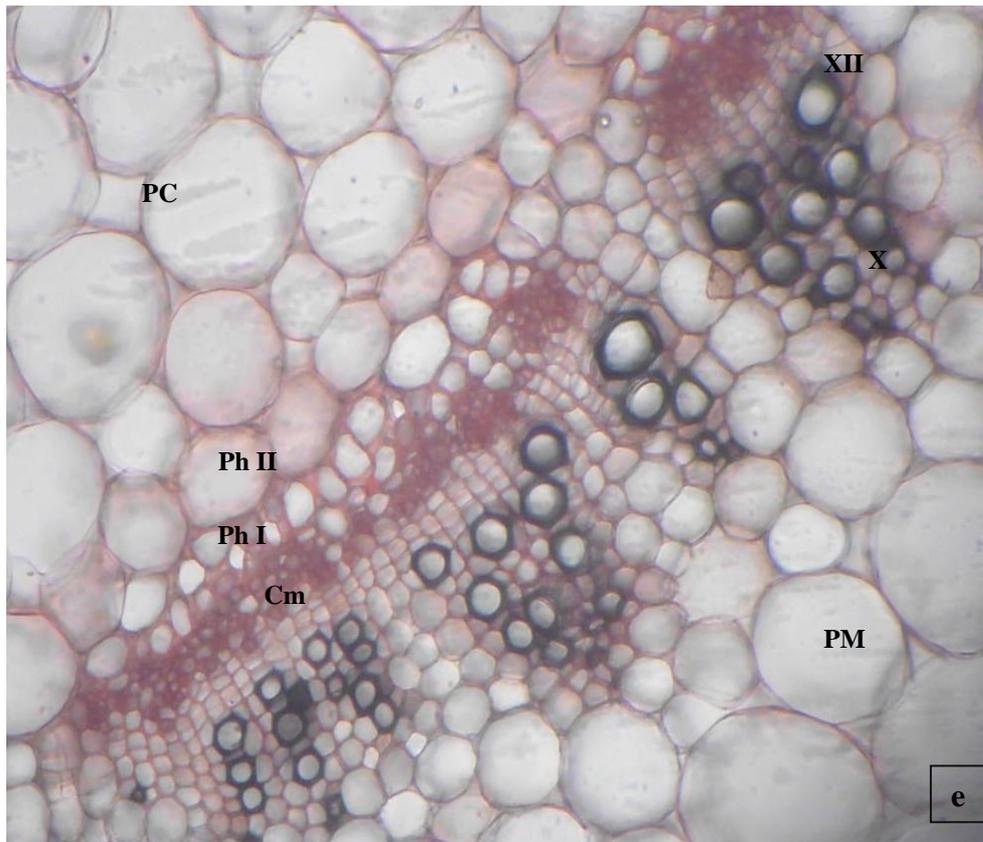
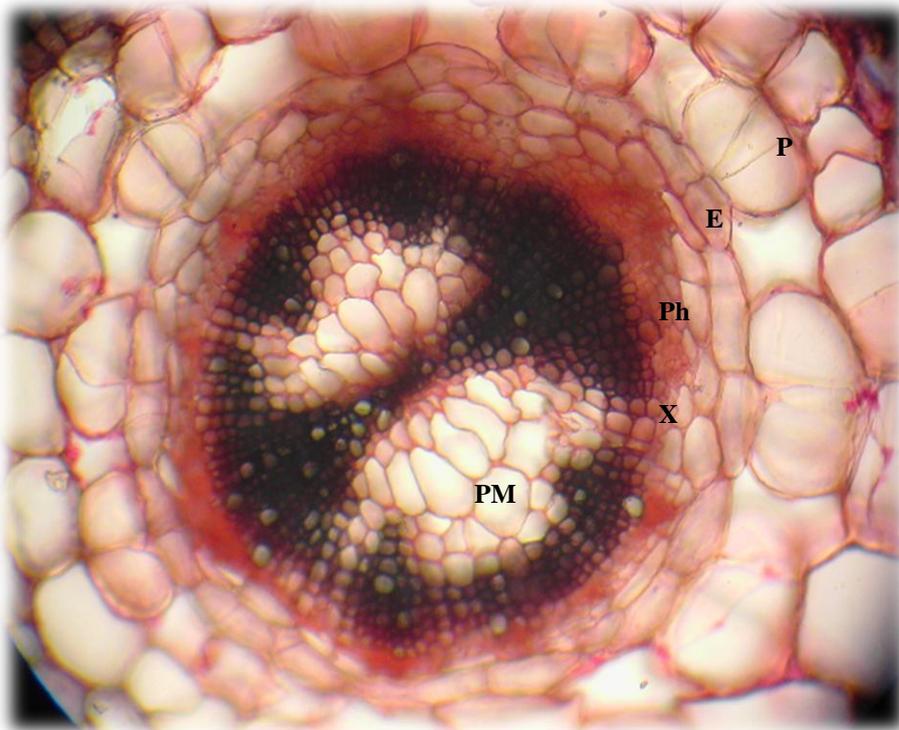


Figure 22: Coupe transversale de tige de *P. oleracea* L.. **e.** faisceau conducteur **f.** (Mu) mucilage (G 400x).



a



b

Figure 23 : Coupe transversale de la racine de *P. oleracea* L.. **a.** (R) rizoderme. (P) Parenchyme (En) Endoderme (X) Xylème (Ph) Phloème (Pm) Parenchyme médullaire (G 40x). **b.** (P) Parenchyme (E) Endoderme (X) Xylème (Ph) Phloème (G 100x).

4. Screening chimique :

4.1 *Peganum harmala* L.:

Les résultats des tests phytochimique des organes de *Peganum harmala* L., sont présentés dans le tableau (06).

Tableau 06: Screening chimique de *Peganum harmala* L.

Principe Actif	Juin		Juillet				Août			
	Feuille	Tige	Feuille	Tige	Fruit	Graine	Feuille	Tige	Fruit	Graine
Tanins Catéchiques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanins Galliques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthocyanes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leuco-anthocyanes	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Saponosides	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+
Alcaloïdes	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoïdes	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
Cardinolides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Terpènes et Stérols	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
Amidon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coumarines	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Quinones	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

-Absent + Présent

➤ Interprétation des résultats :

Le screening chimique des différents organes (feuilles, tiges, fruits et graines) de *Peganum harmala* L. récoltés en trois mois (Juin, Juillet et Août), a montré que cette espèce contient divers principes actifs, dont la présence est variable d'une période à une autre. Les résultats des tests de caractérisation sont définis dans le tableau (06), indiquent la présence des alcaloïdes dans tous les organes récoltés pendant les trois mois. La plante entière est riche en alcaloïdes de type β -carboline tels que: l'harmine et l'harmaline (Benbott *et al.*, 2013). Ces derniers sont présent également dans une autre espèce du même genre telle que: *Peganum nigellastrum* L. (Xie *et al.*, 2002).

Les alcaloïdes issus de *Peganum harmala* L. possèdent une activité antalgique (Farouk *et al.*, 2009), antioxydante (Baghiani *et al.*, 2012). De plus, la présence de ces alcaloïdes pourrait impliquer des activités intéressantes, notamment antibactérienne (Darabpour *et al.*, 2011), antiparasitaire (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2011) et antifongique (Nenaah, 2010).

Les flavonoïdes sont présents seulement dans les graines et les fruits récoltés le mois de Juillet et Août. Selon Asgarpanah et Ramezanloo (2012), le *Peganum harmala* L. renferme des flavonoïdes notamment dans les graines. On reconnaît principalement le rôle «veinoactif» des flavonoïdes qui veut dire, diminution de la perméabilité des capillaires sanguins et le renforcement de leur résistance (Bruneton, 2009). On leur attribue aussi certaines propriétés antiallergiques, antispasmodiques et antioxydantes (Andersen et Markham, 2006). Les flavonoïdes sous forme leuco-anthocyanes sont présent seulement dans les feuilles récoltées le mois d'Août.

Le criblage a décelé aussi la présence des coumarines dans tous les organes des trois mois. Une espèce de la même famille est connue par sa richesse en coumarines ; *Zygophyllum geslini* Coss (Medjdoub, 2006). La coumarine est connue pour ses propriétés anti-œdémateuses a fait l'objet d'études cliniques chez les patients atteints de cancers avancés (Bruneton, 2009).

Les terpènes et les stérols sont présents seulement dans les fruits et les graines. La présence des dérivés terpéniques pourrait expliquer les nombreuses activités biologiques de la plante par exemple pour soigner les troubles de l'hypertension, le diabète et les anuries (Ashton, 2013).

Les saponosides constituent un vaste groupe d'hétérosides très fréquents chez les végétaux. Ils sont caractérisés par leurs propriétés tensioactives: ils se dissolvent dans l'eau en formant des solutions moussantes. Le caractère moussant est important dans les organes de *Peganum harmala* L., à l'exception des feuilles et des fruits du mois d'Août. Les saponosides sont souvent dépourvus d'activité antibactérienne et anti tumorale (Bruneton, 2009).

Les cardénolides sont présents dans tous les organes, à l'exception des graines récoltées le mois d'Août. Divers cardénolides ont montré une activité anti-tumorale contre plusieurs types de cellules cancéreuses (Pickard, 2009).

Le test a décelé aussi la présence des quinones mais uniquement dans la tige du mois de Juillet, qui sont connues par leurs propriétés antibactériennes et antivirales (Schweitzer-Stenner et Uversky, 2012).

L'étude ne révèle aucune présence des trois principes actifs : anthocyanes, tanins galliques et amidon, et cela dans tous les organes.

4.2 *Portulaca oleracea* L.:

Les résultats du screening chimique des organes de *Portulaca oleracea* L. sont exposés dans le tableau (07).

Tableau 07 : Screening chimique de *Portulaca oleracea* L.

Principe Actif	Juin		Juillet				Août			
	Feuille	Tige	Feuille	Tige	Fruit	Graine	Feuille	Tige	Fruit	Graine
Tanins Catéchiques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tanins Galliques	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Anthocyanes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leuco-anthocyanes	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
Saponosides	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
Alcaloïdes	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+
Flavonoïdes	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+
Cardinolides	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Terpènes et Stérols	+	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
Amidon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coumarines	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Quinones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

-Absent + Présent

➤ **Interprétation des résultats :**

Le test avec le réactif de Dragendorff révèle la présence des alcaloïdes dans les feuilles, les fruits et les graines. Dweck (2001), ont signalés que la plante contient des alcaloïdes tels que: l'oleracin et le noropinéphrine. Ces alcaloïdes sont impliqués dans le traitement de l'anxiété (Toufexis et *al.*, 2006)

Les flavonoïdes possèdent des activités antioxydantes, anti-inflammatoires et jouent un rôle positif dans le traitement des maladies cardiovasculaires (Wang et Mazza, 2002). Les flavonoïdes sont présents sous deux formes : les flavonoïdes libres (flavones et dihydroflavonols) et leuco-anthocyanes (flavonols et flavanonols). Notons tout de même l'absence totale des flavonoïdes sous forme d'anthocyanes. Les leuco-anthocyanes sont trouvés seulement dans les feuilles, alors que les flavonoïdes sont présents dans les fruits, les graines et les feuilles du mois de Juillet. Les feuilles de *Portulaca oleracea* L. contiennent des flavonoïdes et des leucoanthocyanes (Leung et Foster, 1996).

Les stérols et les terpènes sont présents dans tous les organes et durant les trois mois. Le pourpier est particulièrement riche en acides gras (Oméga-3) (Lim et Quah, 2007), qui ont une action anti-oxydante, anti-inflammatoire et participe dans la protection cardiovasculaire et le système nerveux (Watson et Meester, 2014). Parmi les nombreuses activités biologiques des terpènes on retrouve une activité anti tumorale, hypotensive, hépato protectrice, anti-oxydante et anti-infectieuse (Paterson, 2006).

Le test a décelé aussi la présence des coumarines uniquement dans les organes récoltés le mois de Juin et Juillet. Traditionnellement, la coumarine est utilisée pour faciliter les fonctions d'élimination urinaire et digestive (Bruneton, 2009).

Les saponosides possèdent des propriétés tensioactives qui sont marqués exclusivement dans les feuilles et les tiges. Plusieurs plantes connues et utilisées pour leurs effets anti-inflammatoires et anti-œdémateux doivent ses propriétés à des saponosides (Ikegami et *al.*, 2006).

Les cardénolides sont présents seulement dans les feuilles et tiges du mois d'Août. Certains cardénolides ont montré chez l'Homme une activité antiproliférative contre le cancer du côlon, du sein et du poumon ainsi une activité anti-œstrogène (Lemmens, 2006).

Nous avons trouvé des tanins galliques dans la tige du mois de Juin et Juillet. D'après les travaux de keys (1976), les tiges de *Portulaca oleracea* L. renferment des tanins galliques. Ces derniers, possèdent des propriétés antiseptiques, vermifuges, cholagogues et anti-diarrhéiques (Berge et *al.*, 2005)

Par ailleurs, nous notons l'absence de l'amidon, des anthocyanes, des quinones et des tanins catéchiques dans tous les organes.

Conclusion :

Les tests phyto-chimiques de *Peganum harmala* L. et *Portulaca oleracea* L. montrent leurs richesses en métabolites secondaires et que leurs présences varient d'une période à une autre.

5 Enquête ethnobotanique :

5.1 *Peganum harmala* L. :

Les différentes investigations menées ont permis de comprendre que les populations rurales en grande majorité utilisent les plantes pour se soigner avec les recettes des tradipraticiens. L'enquête ethnobotanique sert de trait l'union entre les deux médecines aussi bien traditionnelle que conventionnelle.

Peganum harmala L. une gamme élargie d'activités biologiques, il est très connu dans la pharmacopée traditionnelle africaine. Son efficacité a été prouvée soit utilisée seule soit en association avec d'autres plantes pour soigner diverses pathologies. La médecine traditionnelle est très développée et occupe une place de choix dans la région de Djelfa. Cela justifie en grande partie le choix de la région pour réaliser l'enquête ethnobotanique.

Pour cette étude nous avons choisi trois sites d'enquêtes dans la région (El Maâlba, Chef-lieu Djelfa et Messaâd). Les résultats de l'enquête sont rassemblés dans les tableaux (08 et 09) et la figure (24). L'enquête ethnobotanique a montré que la majorité des personnes appellent le *Peganum harmala* L. «Harmel» et préfèrent la plante spontanée, récoltée en été et séchée à l'ombre. Les feuilles et les graines sont les plus utilisées, par voie interne, sous forme de poudre et d'infusion (tableau 08). L'enquête ethnobotanique réalisée sur l'ensemble des zones, met en évidence l'usage de *Peganum harmala* L. comme, antalgique, emménagogue et anti-rhumatisme.

Les tradipraticiens utilisent des recettes de la plante en fonction des sujets pour traiter plusieurs pathologies. Nous avons recensé environ 18 pathologies et infections que les tradithérapeutes traitent avec les différents organes de la plante qui sont entre-autres : les problèmes cardio-vasculaire, le diabète, le stress, les coliques et les troubles digestifs, la chute des cheveux, les dermatoses (eczémas) et les brûlures, les conjonctivites purulentes et les blépharites, les oreillons, l'hypertension artérielle, l'arthrite et le rhumatisme, l'empoisonnement par le venins de serpent et la stérilité féminine. Il est aussi utilisé comme emménagogue, abortif, antitussif, antalgique, sudorifique, dépuratif, antiseptique, cicatrisant, anti-diarrhéique et antipyrétique.

Les tradipraticiens et la population rurale des trois sites utilisent la poudre des feuilles et des graines dans le traitement du diabète et des troubles nerveux, qui pourrait être liée à la présence des alcaloïdes (β -carbolines) qui sont connus par leurs effets neuropharmacologiques et antidiabétiques (Lucyna et Hans, 2012).

Les traditérapeutes des trois sites utilisent l'huile de graines comme antiseptique. Selon Prashanth et John (1999), toutes les fractions des graines du *Peganum harmala* L. montrent une activité contre la *staphylococcus aureus*, mais la fraction méthanolique était la plus active contre tous les organismes testés (*P. aeruginosa*, *E. coli*, *K. pneumoniae* et *P. vulgaris*).

L'huile de graines est utilisée également comme antipyrétique, d'où une application sur le corps avec un massage modéré, et pour traiter les oreillons en appliquant quelques gouttes de l'huile à l'intérieur des oreilles. La population des sites d'enquêtes utilisent également cette huile comme un remède pour les événements douloureux (rhumatismaux et articulation douloureuse).

Les tradipraticiens de Messaâd préconisent que la poudre des graines consommées pendant trois jours, sans excès, soulagent les diarrhées chroniques et préviennent les coliques, et les troubles digestifs.

C'est ainsi qu'à Chef-lieu Djelfa et El Maâlba, les feuilles hachées sont utilisées en cataplasme contre les infections et le venin des serpents. Ces activités pourront être liées à la présence des coumarines et des composés phénoliques qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires et anticoagulantes remarquables (Bruneton, 2009).

Les feuilles en infusion sont utilisées dans le traitement des troubles cardio-vasculaires, tandis qu'en macération servent à soigner l'hypertension artérielle. D'autres l'utilisent en association avec les sommités fleuries de la lavande comme emménagogue et abortif. Tandis qu'en médecine traditionnelle marocaine, les graines de *Peganum harmala* L. sont utilisées pour traiter les tumeurs de l'utérus et l'avortement (Bellakhdar, 1997 in Farouk et al., 2007). Les tradipraticiens de Messaâd préconisent que le mélange des graines de *P. harmala* L. et les racines du jujubier, consommé chaque jour à jeun, peut traiter la dystrophie ovarienne.

Tableau 08 : Enquête ethnobotanique de *Peganum harmala* L..

La partie utilisée de la plante (NP)*		Mode d'utilisation (NP)*		Récolte de la plante (NP)*		Durée de l'infusion (NP)*		Source (NP)*		Nom vernaculaire (NP)*		Séchage (feuille et tige) (NP)*		Accompagnement (NP)*		Vocation (NP)*		Usage (NP)*	
Feuille	100	Compresse	29	Hiver	0	5min	0	Herboriste	34	Harmel	92	Ombre	66	Seule	100	Thérapeutique	100	Interne	100
Tige	0	Infusion	72	Printemps	0	10min	32	Culture	06	Harmel Sahari	08	Soleil	0	En recette	30	Culinaire	0	Externe	41
Graine	100	Condiment	0	Eté	66	15min	40	Spontanée	60	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fleur	0	Poudre	48	Automne	0	20min	24	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Racine	0	Mastication	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(NP)* : Nombre de personnes interrogées lors de l'enquête ethnobotanique

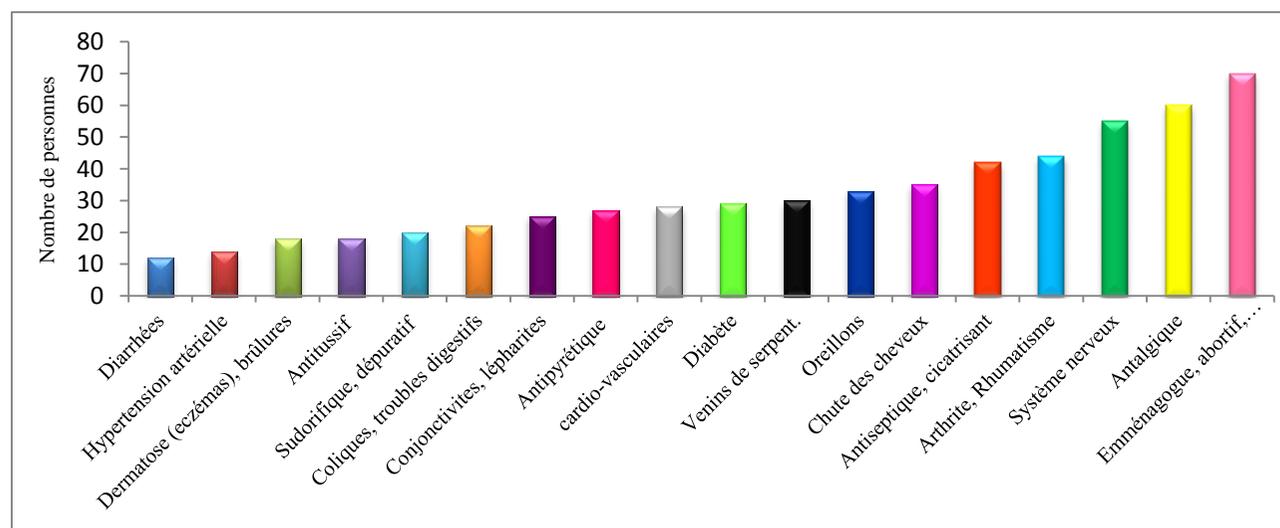


Figure 24 : Les maladies traitées par le *Peganum harmala* L. dans la région de Djelfa.

Tableau 09 : Identification de quelques recettes locales à base de *Peganum harmala* L..

Maladies traitées	Recettes et posologie	Sites d'enquête
Cardio-vasculaire	Infusion de feuilles dans un ½ litre d'eau chaude. Boire 1 tasse deux fois par jour.	Messaâd Chef-lieu Djelfa
Diabète	10g de feuilles fraîches hachées, mélangées avec l'huile d'olive tiède. Mettre une c-à-c dans la salade. Macération d'une c-à-c de graines dans 300ml d'eau. Boire deux fois par semaine.	Chef-lieu Djelfa El Maâlba Messaâd
Système nerveux (stress, dépression...)	La poudre des Feuilles ou des graines en fumigation. Infusion d'une ½ c-à-c de graines moulues dans un verre d'eau. Boire chaque jour avant de dormir.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Antalgique	La poudre des feuilles en fumigation.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Coliques, troubles digestifs	Prendre après chaque repas, un mélange d'une c-à-c de la poudre des graines (c-à-s) avec du miel (½ kg). L'huile de graines (1 c-à-c pendant trois jours) aide à nettoyer l'estomac et le thorax.	Messaâd Chef-lieu Djelfa El Maâlba
Gynécologie : Emménagogue, abortif, stérilité Féminine et la dystrophie ovarienne	Une préparation à base de feuilles de l'Harmel (30g) et des sommités fleuries de la lavande (150g) (<i>Lavandula officinalis</i> L.). Une ½ c-à-c chaque jour pendant une semaine. Un mélange de la poudre des graines (10g) avec celle des racines du jujubier (<i>Ziziphus lotus</i>) (40g) peut traiter la dystrophie ovarienne : 1 c-à-c chaque jours à jeun.	El Maâlba Chef-lieu Djelfa Messaâd Messaâd
Antitussif	Infusion à base de la poudre de feuilles (1 c-à-c) dans un verre d'eau. Ajouter quelques gouttes de citron et une c-à-c de miel.	Messaâd Chef-lieu Djelfa
Chute des cheveux	Un mélange de graines moulues (c-à-c), de jus d'oignon (demi-verre) et de l'huile d'olive. Application de l'huile de l'harmel chaque jour le soir.	El Maâlba Messaâd Chef-lieu Djelfa
Sudorifique et dépuratif	Une ½ c-à-c de graines, soit environ 1,5g, avalée avec un verre d'eau ou mélangée au miel.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Dermatose (eczémas) et brûlures	Plante fraîche hachée et employée en cataplasmes.	Messaâd

Antiseptique et cicatrisant	Application de l'huile de graines obtenue après une décoction de graines dans l'huile d'olive.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Conjonctivites purulentes et blépharites	Application des feuilles bien pulvérisées et tamisées.	Chef-lieu Djelfa Messaâd
Les oreillons	Mettre deux ou trois gouttes de l'huile de l'harmel à l'intérieur des oreilles.	El Maâlba Messaâd
Hypertension artérielle	Macération de feuilles dans 300ml d'eau. Boire un verre par jour.	Messaâd El Maâlba
Anti diarrhéique	Un mélange de graines et du miel. Prendre une ½ c-à-c des graines, au miel durant 3jours.	Messaâd
Antipyrétique	Application de l'huile de l'harmel sur tout le corps avec un massage modéré.	Messaâd Chef-lieu Djelfa El Maâlba
Arthrite et Rhumatisme	Application de l'huile de l'harmel calme la douleur de l'arthrite.	Messaâd Chef-lieu Djelfa
Empoisonnement par venins de serpent, et infection.	Une c-à-c de graines avalées avec un verre d'eau. Avec une application d'un cataplasme des feuilles hachées.	El Maâlba Chef-lieu Djelfa

5.2 *Portulaca oleracea* L. :

Les résultats de l'enquête sont rassemblés dans les tableaux (10 et 11) et la figure (25). L'enquête ethnobotanique réalisée dans la région de Djelfa a montré que la majorité des personnes appellent le pourpier «Berzgal» et préfèrent la plante spontanée, récoltée en été et séchée à l'ombre. Les feuilles et les tiges sont les plus utilisées, par voie interne, sous forme de poudre, d'infusion et de condiment (tableau 11)

Au cours de notre enquête, nous avons recensé environ 14 maladies et infections traitées avec les différents organes du pourpier, et qui sont entre autre : les maux de tête, les maux d'estomac, les maux de dents, les inflammations de la gencive, les déficiences du système immunitaire, les brûlures, les lésions cutanées, la tension musculaire, la rétention urinaire et l'insuffisance du lait maternel (figure 25). Les tradipraticiens de la région utilisent la poudre de feuilles pour traiter le diabète et les troubles nerveux notamment le stress et la dépression, qui pourrait être liée à la présence des acides gras "oméga-3". *Portulaca oleracea* L. est une excellente source d'acides gras polyinsaturés (oméga-3) (Gontier, 2004).

A l'issue de l'enquête, nous avons récolté différentes recettes ainsi que les ingrédients de chacune d'elles (tableau 11).

Les guérisseurs locaux utilisent des recettes à base de pourpier ou en accompagnement avec d'autres plantes, en fonction des sujets et des maladies. De plus, les tradipraticiens des 3 sites d'enquêtes utilisent plusieurs recettes pour une même maladie, soit avec un seul organe (feuilles ou tiges ou graines) soit un mélange d'organes de *Portulaca oleracea* L.. Le traitement diffère aussi par la méthode de préparation (la plante en poudre, en macération ou en infusion). Ces observations sur le terrain corroborent avec celles mentionnées dans la littérature par d'autres chercheurs (Grubben et Denton, 2004 ; Bermojo et León, 1994).

Par exemple, le traitement de la rétention urinaire, les tradithérapeutes de Messaâd utilisent l'infusion des feuilles, tandis que ceux d'El Maâlba et de Chef-lieu Djelfa utilisent le macérât aqueux des feuilles fraîches. D'ailleurs Diallo et *al.*, (2010) mentionnent que l'infusion de *Portulaca oleracea* L. à la dose de 37,5mg/kg a donné une importante activité diurétique avec une excrétion urinaire de 163,10%. En outre, le traitement des troubles du système nerveux varie d'un site d'enquête à un autre. Les tradithérapeutes de Messaâd et d'El Maâlba utilisent l'infusion des feuilles, alors que ceux du Chef-lieu Djelfa se servent des feuilles et des tiges crues de *P. oleracea* L..

Les tradithérapeutes des trois sites utilisent les feuilles et les graines afin de traiter les maux de dents, de tête et d'estomac. Des études scientifiques montrent une activité anti-inflammatoire, antioxydante (Hongbin et *al.*, 2010) et analgésique des feuilles de *Portulaca oleracea* L. (Aberoumand, 2009).

Conclusion :

L'enquête ethnobotanique que nous avons menée prouve l'utilisation abondante et variée, tant en terme de prescription et de posologie, de *P. harmala* L. et *P. oleracea* L.. Plusieurs utilisations de différents organes des deux espèces recensées au cours de nos enquêtes peuvent être considérées comme nouvelles. C'est notamment le cas de l'utilisation d'un mélange de graines de *P. harmala* L. et les racines du jujubier, pour traiter la dystrophie ovarienne par les tradipraticiens de Messaâd.

Tableau 10 : Enquête ethnobotanique de *Portulaca oleracea* L..

La partie utilisée de la plante (NP)*		Mode d'utilisation (NP)*		Récolte de la plante (NP)*		Durée de l'infusion (NP)*		Source (NP)*		Nom vernaculaire (NP)*		Séchage (feuille et tige) (NP)*		Accompagnement (NP)*		Vocation (NP)*		Usage (NP)*	
Feuille	100	Compresse	20	Hiver	0	5min	0	Herboriste	15	Berezgala	69	Ombre	69	Seule	100	Thérapeutique	100	Interne	94
Tige	100	Infusion	50	Printemps	6	10min	32	Culture	36	Bendrag	27	Soleil	0	En recette	29	Culinaire	66	Externe	31
Graine	16	Condiment	44	Été	42	15min	40	Spontanée	48	Rejla	17	/	/	/	/	/	/	/	/
Fleur	/	Poudre	55	Automne	0	20min	24	Marché	28	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Racine	/	Mastication	17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(NP)* : Nombre de personnes interrogées lors de l'enquête ethnobotanique

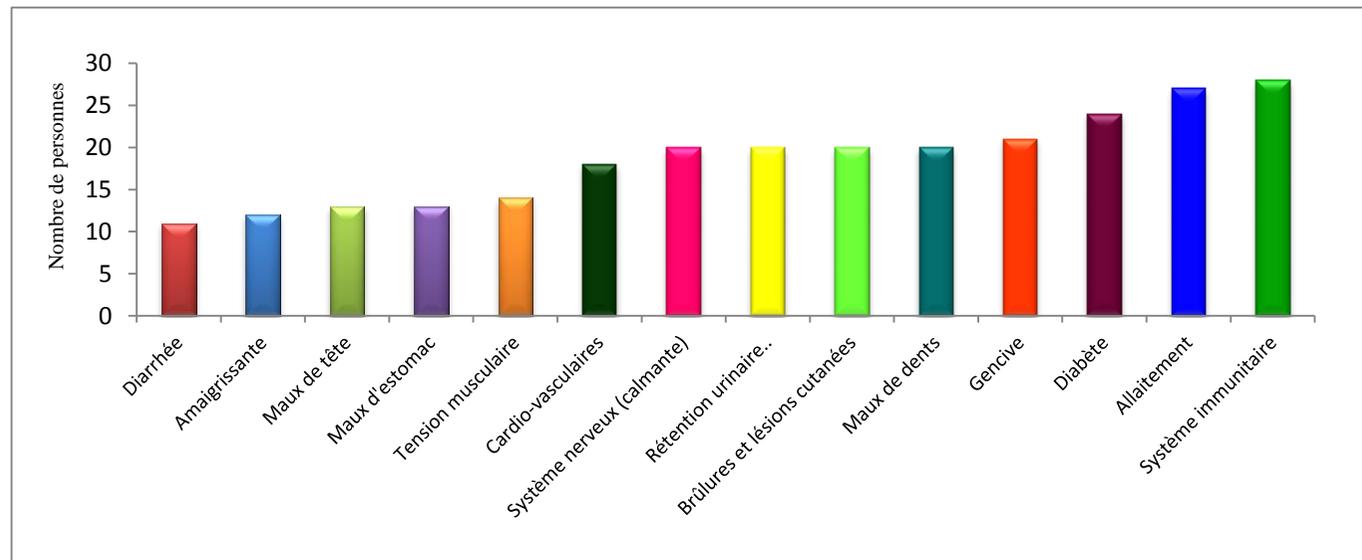


Figure 25 : Les maladies traitées par le *Portulaca oleracea* L. dans la région de Djelfa.

Tableau 11 : Identification de quelques recettes locales à base de *Portulaca oleracea* L..

Maladies traitées	Recettes et posologie	Sites d'enquête
Cardio-vasculaire	Une c-à-c de la poudre à prendre matin, midi et soir pendant les repas.	Messaâd Chef-lieu Djelfa
Diabète	Prendre une c-à-c de la poudre de feuilles chaque jour le matin. Préparer une macération de la poudre des feuilles et des tiges (2g) dans un ½ litre d'eau. Boire cette quantité 2 à 3 reprises par jour. Manger quelques feuilles et tiges crues matin et soir.	Chef-lieu Djelfa El Maâlba Messaâd
Système nerveux (stress, dépression...)	Pour les adultes : faire infuser une c-à-s de la poudre de feuilles dans un ¼ litre d'eau. A boire sur deux ou trois jours hors repas. Pour les enfants : faire infuser une ½ c-à-c de la poudre de feuilles dans un verre à thé rempli d'eau, seulement le soir. Manger quelques feuilles et tiges crues matin et soir, 3 fois par semaine.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Maux de tête	Faire infuser deux cuillères à café de la poudre de graines dans 1 verre d'eau, à prendre avant chaque repas.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Maux d'estomac et ulcère	Prendre après chaque repas, un mélange d'une c-à-c de la poudre de graines et du miel. Boire une tasse de l'infusion issue d'une c-à-c de la poudre de graines, après chaque repas. Une cuillère à café de la poudre des 3 organes (feuilles, tige et graines), à prendre 2 fois par jour après chaque repas.	Messaâd Chef-lieu Djelfa El Maâlba
Allaitement (stimule la lactation)	Manger quelques feuilles et tiges crues ou dans une salade le matin et le soir.	El Maâlba Chef-lieu Djelfa Messaâd
Système immunitaire	Pour éliminer les toxines du corps et tonifier le système immunitaire il faut prendre 1 c-à-c de la poudre des parties aériennes de la plante, le minimum une fois par semaine durant un mois.	Messaâd Chef-lieu Djelfa El Maâlba
Gencives	Faire un gargarisme avec le macérât aqueux des parties aériennes de la plante, Appliquer le broyat de feuilles fraîches sur la gencive 20 à 30 minutes, chaque jour pendant une semaine.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa

Lésions cutanées	Appliquer un cataplasme de feuilles chauffées.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Brûlures	Appliquer un cataplasme de feuilles fraîches pilées.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Tension musculaire	Macération de feuilles fraîches dans l'eau. Boire un ½ verre matin et soir. En cas de soulagement, prendre la même quantité seulement le soir.	Messaâd El Maâlba
Rétention des urines	Faire infuser une c-à-c de la poudre de tiges dans un demi-verre d'eau et laisser reposer 10 minutes. A prendre deux fois par jour matin et soir. Le macérât des feuilles fraîches : boire 1 à 2 verres par jours pour les adultes et ½ verre pour les enfants.	Messaâd El Maâlba Chef-lieu Djelfa
Maux de dents	Mettre une feuille sur la dent douloureuse. Après 10 minutes le mal s'atténue.	Messaâd Chef-lieu Djelfa El Maâlba
Diarrhée	Prendre une petite quantité de feuilles chauffées, deux fois par jour.	Messaâd Chef-lieu Djelfa
Amaigrissante	Préparer un mélange de 100g de feuilles de pourpier, 100 g de marjoram, 50 g de séné et 50g de moutarde. Prendre une c-à-c de ce mélange, une demi-heure avant le déjeuner et une demi-heure après le diner. D'autres personnes rajoutent à ce mélange du gingembre.	Messaâd

6 Evaluation des teneurs des "AT" de *P. harmala* L. et des "LT" de *P. oleracea* L.:

6.1 Variation des teneurs en alcaloïdes totaux (AT) de *P. harmala* L.:

La figure (26) représente la variation des teneurs en alcaloïdes des organes dans différents stades de développement. D'après Hammiche et Merad (1997), la teneur en alcaloïdes s'élève brusquement en été, durant la phase de maturation des fruits, au moment de la récolte des graines. A cet effet, nous avons récolté nos plants en trois stades : végétation, fructification et maturation des fruits (Juin, Juillet et Août, respectivement) afin d'éprouver les meilleurs teneurs pour leurs exploitations industrielles.

Le test ANOVA a montré une différence très hautement significative ($p < 0.05$) entre les teneurs en alcaloïdes des organes de *Peganum harmala* L.. On remarque que le stade de maturation est le plus productif en alcaloïdes et cela dans tous les organes.

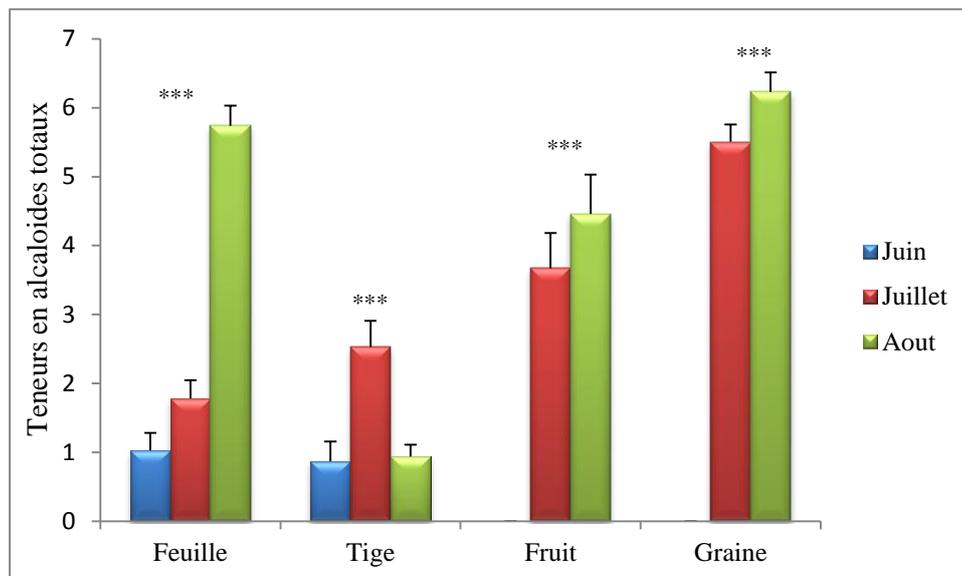


Figure 26 : Alcaloïdes totaux des organes de *Peganum harmala* L.

Durant les trois stades, la teneur la plus élevée en alcaloïde est observée dans les graines (6,23% d'AT) ; alors que les tiges sont les moins productives (2,53% d'AT).

Le test ANOVA a montré une différence hautement significative entre les teneurs en alcaloïdes, du même organe, durant les différents stades. Les feuilles contiennent 1,03% d'AT au stade de végétation (Jun) et 5,74% d'AT au stade de maturation des fruits (Août). De même, les graines renferment au stade de fructification 5,51% d'AT et 6,23% d'AT au stade de maturation des fruits.

La variabilité des teneurs en alcaloïdes entre les organes aux différents stades pourrait être due à l'influence de plusieurs paramètres :

- Les feuilles et les graines semblent être les organes les plus riches en alcaloïdes. D'après Kitamura et al. (1993) in Houmani (1999), les feuilles et les graines sont les principaux sites d'accumulations des alcaloïdes.
- La tige semble être l'organe le plus faible en alcaloïde. Selon Cougoul (1980) et Houmani et al. (1994), les tiges permettent uniquement le passage des alcaloïdes, des racines vers les parties aériennes.
- Les teneurs sont importantes dans le fruit, car il contient déjà les graines qui sont riches en alcaloïdes, ainsi que leurs capsules (Kumar et al., 2008).

- Les valeurs sont nettement plus importantes dans l'ensemble des organes au stade de maturation des fruits que celles des organes des deux autres stades. Selon Gupta et al. (1976) in Benhizia (1989), la variabilité des teneurs peut être due à plusieurs facteurs environnementaux :
 - Au stade de fructification la température est de 26.7°C qui s'élève à 27.4°C au stade de maturation des fruits; cela pourrait expliquer l'importance des teneurs en alcaloïdes de *Peganum harmala* L. à ce stade. Selon Wijesekera (1991), la température et l'intensité de lumière influent la production des alcaloïdes.
 - Au stade de maturation des fruits, l'humidité était à 34%, et plus élevée au stade de végétation à 49%. Selon Kapahi et Sarin, (1978), une humidité modérée conduit à une meilleure croissance végétative et à une bonne production des alcaloïdes. Cela pourrait expliquer les teneurs importantes en alcaloïdes au stade de maturation des fruits.
 - Le taux élevé du sel dans le sol prélevé au stade maturation des fruits (9,81 mmhos/cm), pourrait induire un stress salin chez la plante, qui influe la productivité de la plante (Houmani, 1999).
 - La quantité du calcaire dans le sol est plus importante au stade de fructification et de maturation des fruits (16,45% et 16,88%, respectivement), qui pourrait expliquer l'importance des teneurs en alcaloïdes durant ces deux stades. Selon Houmani (1999), une forte teneur en calcaire de plus de 15 % favoriserait la biosynthèse alcaloïdique des plantes.

6.2 Variation des teneurs en lipides totaux (LT) de *P. oleracea* L.

La figure (27) représente les teneurs en lipides totaux des organes de *Portulaca oleracea* L. durant trois stades de développement ; végétation, fructification et maturation des fruits respectivement mois de Juin, Juillet et Août.

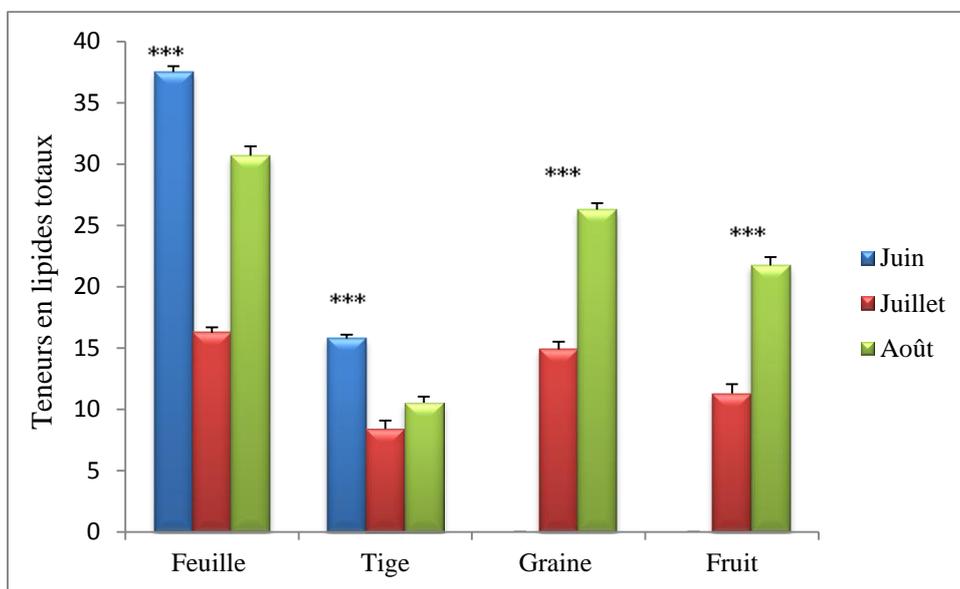


Figure 27: Variation des teneurs en lipides totaux des organes de *Portulaca oleracea* L.

Le test statistique a montré une différence hautement significative entre les teneurs en lipides totaux des organes de *P. oleracea* L. durant les trois stades. C'est le stade de végétation et de maturation des fruits qui manifestent une grande teneur en lipides totaux.

La feuille du stade de végétation semble être l'organe le plus riche en lipide totaux (37,51% LT); alors que les tiges sont les moins productives (8,42% LT). Les teneurs en LT dans les feuilles de *Portulaca oleracea* L. semblent être plus importantes que celles trouvées chez d'autres espèces telles que : *Festuca pratensis* contient 25% LT, *Dactylis glomerata* renferme 22% LT et *Festuca arundinacea* comprend 20% LT (Boufaied, 2003).

Le test ANOVA a montré aussi une différence hautement significative entre les teneurs en lipides, du même organe, des différents stades voir à 37,51% LT dans les feuilles au stade de végétation, moins concentrées à 16,25% d'LT au stade de fructification et à 30,7% LT au stade de maturation des fruits. De même, les graines sont riches en lipides totaux au stade de maturation des fruits (26,3% d'LT).

Les teneurs sont plus importantes dans l'ensemble des organes au stade de maturation des fruits par rapport aux autres stades. Selon Derek et *al.*, (2005), les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans la composition des lipides totaux (acides gras) tels que:

- Le changement de la température au cours du développement de la plante ; on note une haute température au stade de fructification (26.5°C) et moins élevée au stade de végétation et de maturation des fruits (21.5°C et 24.6°C, respectivement). Selon Chittaranjan et *al.*, (2012), les températures basses augmentent la production en lipides polyinsaturés dans la plante. Cela pourrait expliquer l'importance des teneurs en lipides de *Portulaca oleracea* L. au stade de végétation.
- Le sol prélevé au stade de végétation a une texture limono-sableuse et riche en matière organique (19,62%), qui pourrait augmenter la production en acides gras dans la plante. Divers facteurs influencent la composition en lipides dans les cellules végétales, tels que le type du sol et la richesse en matière organique, qui favorisent une bonne productivité des acides gras (Diallo, 2010).

Conclusion :

Les teneurs en alcaloïdes de *Peganum harmala* L. sont plus importantes au stade de maturation et les graines semblent être l'organe le plus riche en alcaloïde.

Les teneurs en lipides totaux des organes de *Portulaca oleracea* L. sont plus élevées au stade de végétation et de maturation des fruits.

Les teneurs en lipides et en alcaloïdes varient selon les paramètres climatiques (température humidité) et édaphiques (salinité, richesse en matière organique et en calcium).

7 Composition phytochimique :

7.1 Composition en alcaloïdes de *Peganum harmala* L. :

Les figures (28, 29, 30 et 31) représentent les chromatogrammes (CG-MS) des extraits de *Peganum harmala* L. (feuilles, tiges, graines et fruits), durant trois stades de développement.

Les chromatogrammes montrent un ensemble de pics qui correspond aux composés phytochimiques de la plante. Les principes actifs de tous les organes avec leurs temps de rétention (TR), la formule moléculaire (MF) et les surfaces des pics (S) en pourcentage (%) sont présentés dans les tableaux (12, 13, 14 et 15).

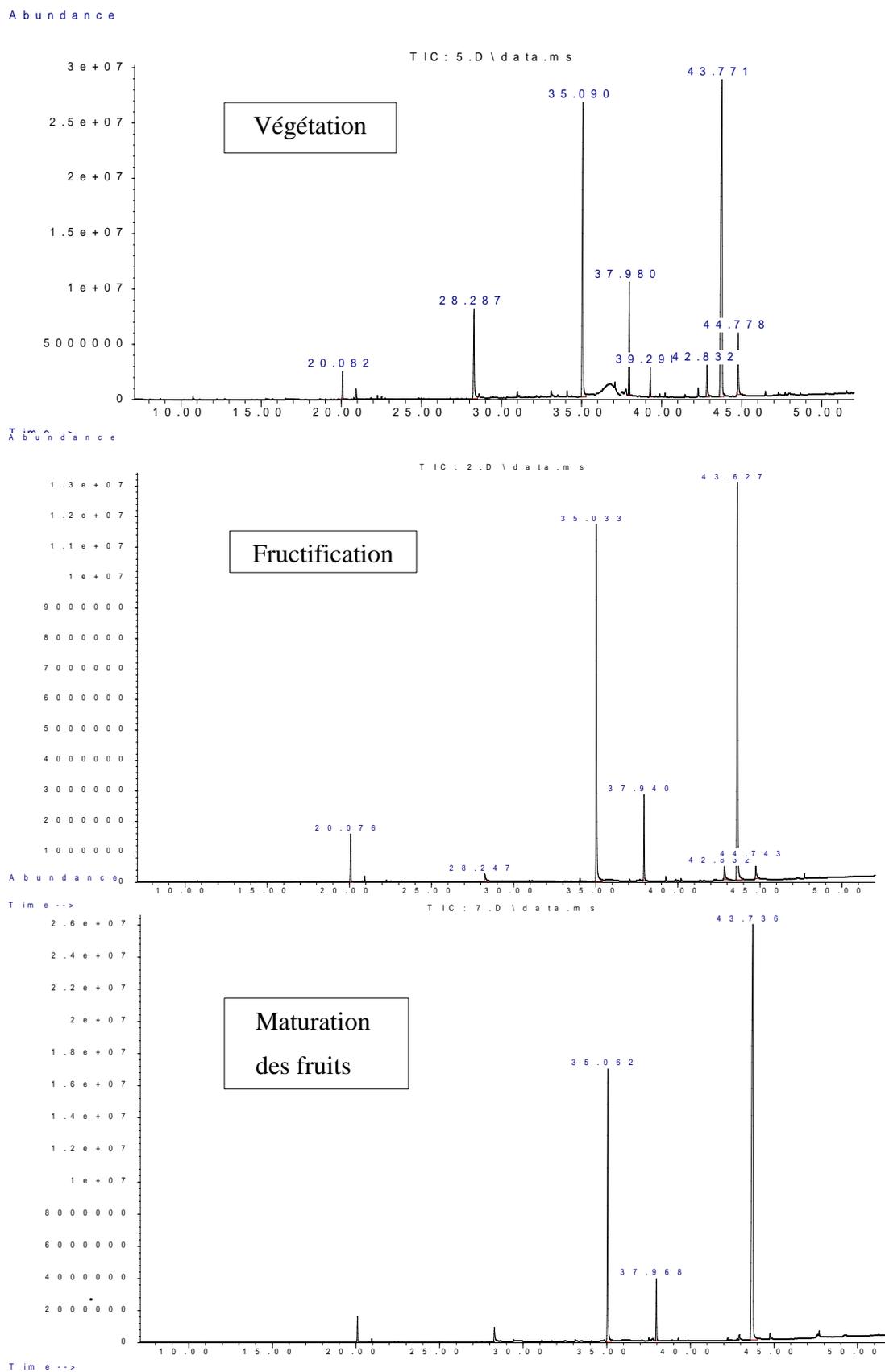


Figure 28 : Chromatogramme CG - MS de l'extrait des feuilles de *Peganum harmala* L.

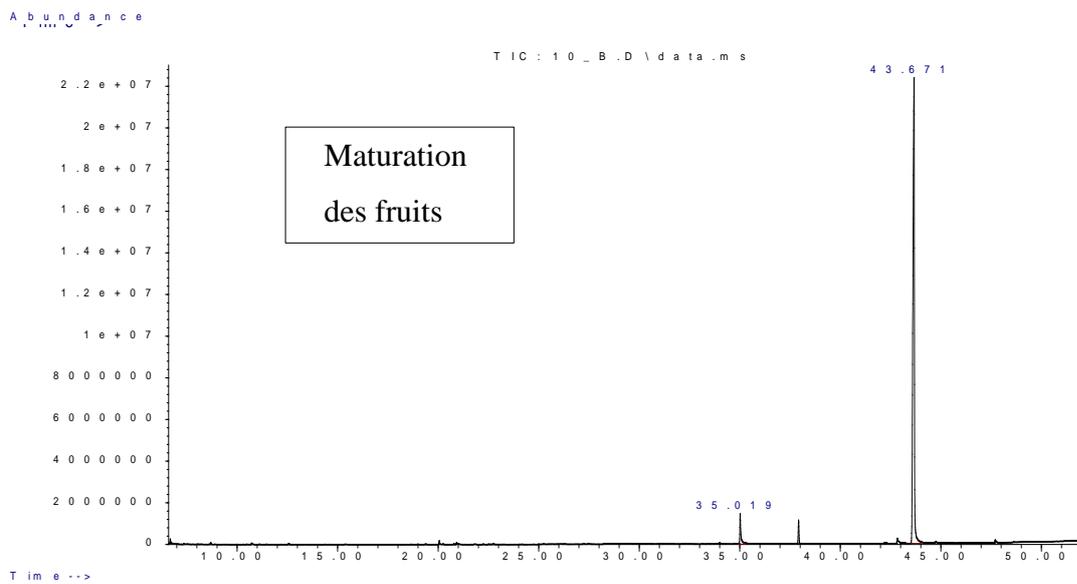
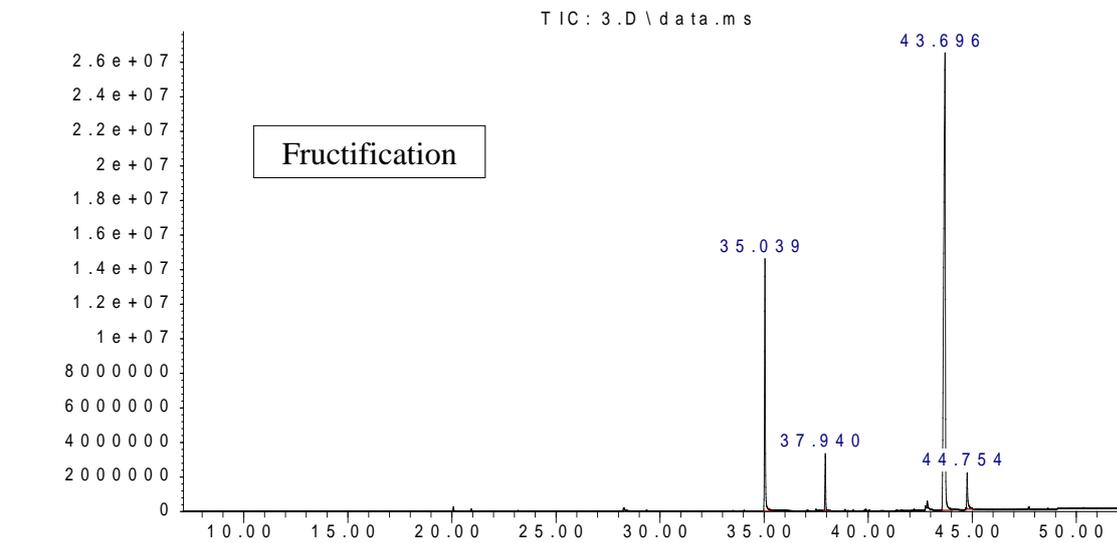
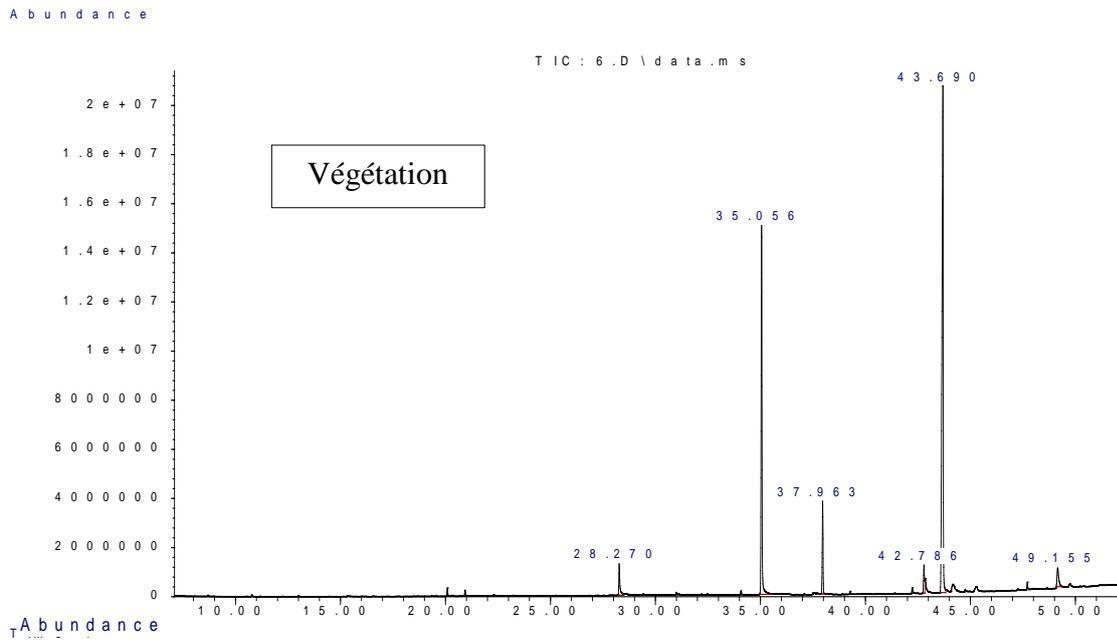


Figure 29 : Chromatogramme CG - MS de l'extrait des tiges de *Peganum harmala* L.

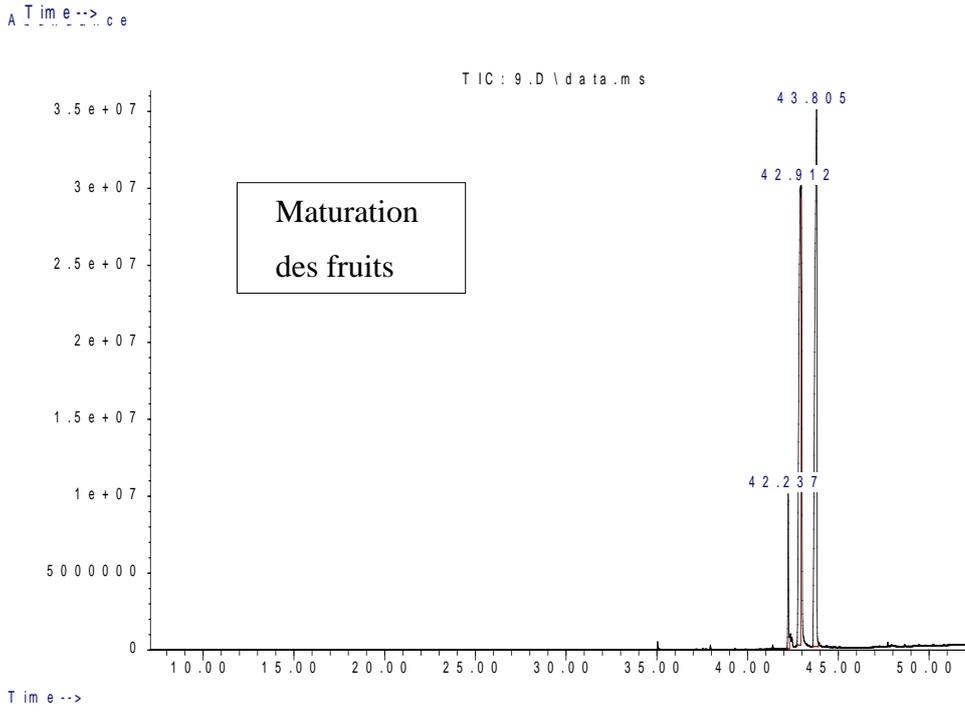
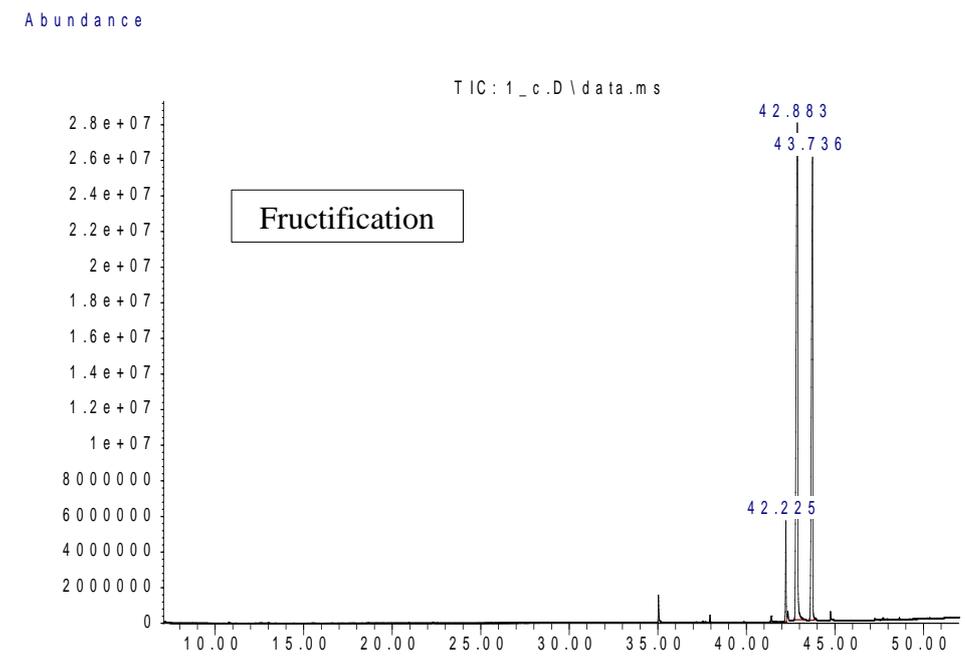


Figure 30: Chromatogramme CG - MS de l'extrait des fruits de *Peganum harmala* L.

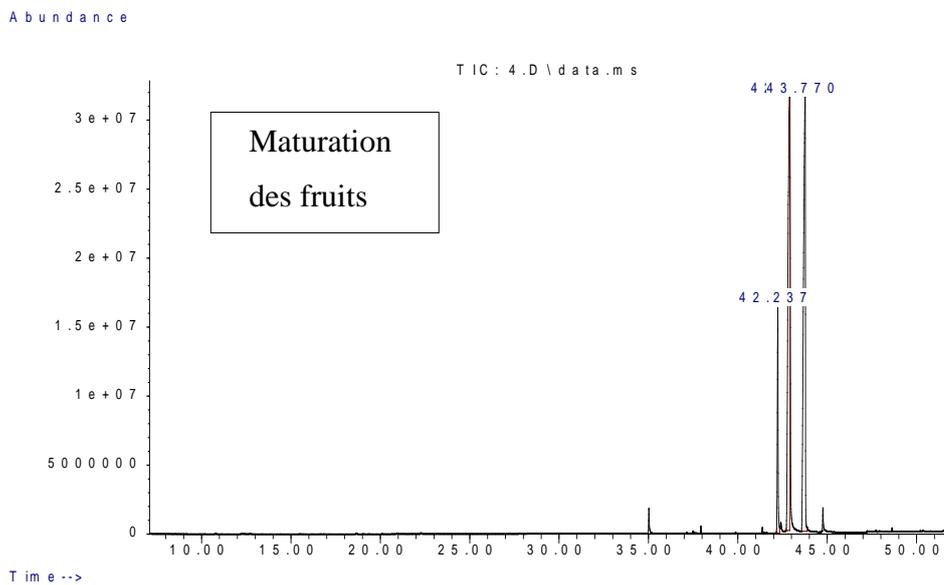
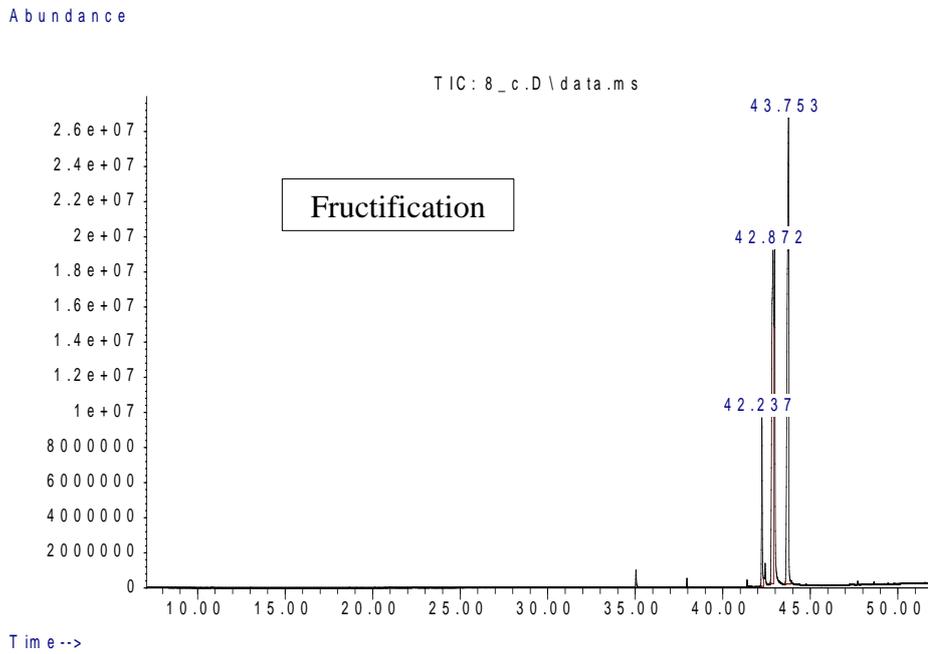


Figure 31: Chromatogramme CG - MS de l'extrait des graines de *Peganum harmala* L.

Tableau 12 : Composition phytochimique des feuilles de *Peganum harmala* L.

Stade	Pic	TR (min)	Nom	FB	S (%)
Végétation	1	20.081	Pyridine, 3-methyl-	C ₆ H ₇ N	1,469
	2	20.929	Quinazoline	C ₈ H ₆ N ₂	0,678
	3	33.107	Isoquinoline	C ₁₀ H ₉ N	0,432
	4	35.091	Quinoline, 2,3,4-trimethyl-	C ₁₂ H ₁₃ N	29,042
	5	37.980	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	7,414
	6	39.293	4-Phenylisoquinoline	C ₁₅ H ₁₁ N	1,627
	7	42.277	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	0,676
	8	42.832	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	2,441
	9	43.774	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	42,860
	10	44.779	9-octadecenamide, (z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	3,998
Fructification	1	20.076	Pyridine, 3-methyl-	C ₆ H ₇ N	3,784
	2	20.934	Quinazoline	C ₈ H ₆ N	0,566
	3	22.256	Indole	C ₈ H ₇ N	0,208
	4	35.036	Quinoline, 2,3,4-trimethyl-	C ₁₂ H ₁₃ N	32,706
	5	37.940	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	7,428
	6	39.268	4-Phenylisoquinoline	C ₁₅ H ₁₁ N	0,436
	7	42.838	Harmaline	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	2,176
	8	43.630	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	47,621
	9	44.747	9-octadecenamide, (z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	2,175
Maturation des fruits	1	20.094	Pyridine, 3-methyl-	C ₆ H ₇ N	1,735
	2	20.939	Quinazoline	C ₈ H ₆ N ₂	0,269
	3	37.971	4-Amino-2-ethyl- methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	4,323
	4	42.923	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	0,590
	5	43.739	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	66,548
	6	44.758	9-octadecenamide, (z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	0,549

Tableau 13: Composition phytochimique des tiges de *Peganum harmala* L.

Stade	Pic	TR (min)	Nom	FB	S (%)
Végétation	1	20.093	Pyridine, 3-methyl-	C ₆ H ₇ N	0,521
	2	20.936	Quinazoline	C ₈ H ₆ N ₂	0,392
	3	28.275	Cinnamaldehyde, (E)	C ₉ H ₈ O	2,688
	4	37.966	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	6,147
	5	42.230	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	0,354
	6	42.789	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	2,064
	7	43.691	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	52,899
Fructification	1	20.076	Pyridine, 3-methyl-	C ₆ H ₇ N	0,298
	2	20.934	Quinazoline	C ₈ H ₆ N ₂	0,203
	3	35.042	4-Phenylpyridine N-oxide	C ₁₁ H ₉ NO	18,920
	4	37.941	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	3,838
	5	38.880	1,8-Anthracenediamine	C ₁₄ H ₁₂ N ₂	0,093
	6	39.868	Oleanitrile	C ₁₈ H ₃₃ N	0,119
	7	42.208	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	0,078
	8	42.840	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	1,291
	9	43.699	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	70,386
	10	44.687	Octadecanamide	C ₁₈ H ₃₇ NO	0,084
	11	44.755	9-octadecenamide, (z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	3,385
Maturation des fruits	1	20.059	Pyridine, 3-methyl-	C ₆ H ₇ N	0,322
	2	37.927	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	2,426
	3	42.839	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	1,101
	4	43.670	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	91,775

Tableau 14: Composition phytochimique des fruits de *Peganum harmala* L.

Stade	Pic	TR (min)	Nom	FB	S (%)
Fructification	1	35.039	Quinoline, 2,3,4-trimethyl-	C ₁₂ H ₁₃ N	1,425
	2	37.949	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	0,313
	3	42.230	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	4,206
	4	42.885	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	54,974
	5	43.736	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	37,653
	6	44.754	9-octadecenamamide, (z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	0,417
Maturation des fruits	1	37.949	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	0,112
	2	42.240	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	4,336
	3	42.956	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	55,631
	4	43.804	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	42,466

Tableau 15 : Composition phytochimique des graines de *Peganum harmala* L.

Stade	Pic	TR (min)	Nom	FB	S (%)
Fructification	1	22.263	Indole	C ₈ H ₇ N	0,044
	2	35.023	Quinoline, 2,3,4-trimethyl-	C ₁₂ H ₁₃ N	0,935
	3	37.140	Tetrahydroharman	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	0,061
	4	37.935	4-Amino-2-ethyl-3 methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	0,238
	5	39.868	Oleanitrile	C ₁₈ H ₃₃ N	0,033
	6	42.237	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	8,513
	7	42.912	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	48,009
	8	43.770	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	38,44
	9	44.759	9-octadecenamamide, (z)-	C ₁₈ H ₃₅ NO	1,021

	10	47.238	6-Methoxytetrahydro-1-norharmanone	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O ₂	0,057
Maturation des fruits	1	35.043	Quinoline, 2,3,4-trimethyl-	C ₁₂ H ₁₃ N	0,714
	2	37.954	4-Amino-2-ethyl-3-methylquinoline	C ₁₂ H ₁₄ N ₂	0,314
	3	42.240	Tetrahydroharmine	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O	6,743
	4	42.965	Harmaline	C ₁₃ H ₁₄ N ₂ O	51,680
	5	43.757	Harmine	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	38,529

Tableau 16: Comparaison des teneurs en alcaloïdes des organes de *Peganum harmala* L.

Stade	Organe	Harmine	Harmaline	Tetrahydroharmine
Végétation	Feuilles	42,860	2,441	0,676
	Tiges	52,889	2,064	0,354
Fructification	Feuilles	47,621	2,176	/
	Tiges	70,386	1,291	0,078
	Fruits	37,653	54,974	4,206
	Graines	38,44	48,009	8,513
Maturation des fruits	Feuilles	66,548	0,590	/
	Tiges	91,775	1,101	/
	Fruits	42,466	55,631	4,336
	Graines	38,529	51,680	6,743

(/): absent

➤ Discussion :

Les analyses chromatographiques des extraits de *Peganum harmala* L. montrent la présence des alcaloïdes, dont les principaux constituants : leptaflorine (tetrahydroharmine), harmaline et harmine. Ces derniers, sont des alcaloïdes indoliques (dérivés d'acide amino tryptophane) de type β -carboline (Asgarpanah et Ramezanloo, 2012). Ces alcaloïdes sont analysés durant trois stades développement de *Peganum harmala* L.. Nous avons trouvé d'autres β -carboline qui sont : tetrahydroharmane et 6-méthoxytetrahydro-1-norharmanone uniquement dans les graines.

Les teneurs en harmaline sont importantes dans les graines et les fruits, et faibles dans les feuilles et les tiges. En outre, la tige du stade de fructification est riche en harmine qui pourrait justifier les teneurs importantes en alcaloïdes totaux durant ce stade ; alors que, les fruits du même stade sont les moins productifs.

Du stade de végétation au stade de maturation des fruits, nous observons une augmentation des teneurs de l'harmine dans tous les organes ; voir à 42.860% d'harmine dans les feuilles au stade de végétation, puis augmentent à 47.621% au stade de fructification, et à 66.548 au stade de maturation des fruits. Les mêmes observations pour les fruits au stade de fructification est à 37.653% et augmente au stade de maturation 42.466% (tableau 16).

Par ailleurs, nous observons une augmentation de l'harmaline dans les fruits et les graines au stade de maturation des fruits ; de 48.009% à 51.680% dans les graines et de 54.974% à 55.631% dans les fruits. Par contre, les teneurs en harmaline dans les feuilles au stade de végétation sont de 2.441% et diminuent après au stade de maturation 0.590% (tableau 16). Nous observons aussi une légère diminution des teneurs en tetrahydroharmine dans les graines. Cette variation des teneurs en alcaloïdes au cours du développement de *Peganum harmala* L. pourrait être due à l'influence de plusieurs paramètres environnementaux.

- Nous observons une augmentation de la température du stade de végétation au stade de maturation de 21.9°C à 27.4°C (tableau 02). Les teneurs en alcaloïdes varient selon l'espèce, le développement de la plante (Frye et Haustein, 2007) et les conditions environnementales telles que la température et l'intensité de la lumière (Hayes et Kruger, 2014). Les teneurs en alcaloïdes indoliques de *Peganum harmala* L. s'élèvent brusquement en été, durant la phase de mûrissement du fruit, au moment de la récolte

de la graine (Hammiche et Merad, 1997). Ceci pourrait expliquer les teneurs importantes en alcaloïdes au stade de maturation des fruits.

- Nous avons remarqué une diminution du taux de précipitation (de 45.4mm à 11.3mm) et de l'humidité (de 49% à 34%) du stade de végétation au stade de maturation (tableau 02). La chaleur et la sécheresse augmentent les teneurs en alcaloïdes indoliques (Verma et Gange, 2014), tandis que l'humidité élevée diminue les concentrations en alcaloïdes (Kurian et Sankar, 2007). Cela pourrait expliquer les teneurs importantes en alcaloïdes aux stades de fructification et de maturation des fruits.
- Les teneurs élevées en alcaloïdes aux stades de fructification et maturation des fruits pourraient être due à la composition du sol (salinité, richesse en matière organique et en calcium). L'analyse de la conductivité électrique (tableau 04) montre le taux du sel dans le sol qui est de 8.67 mmhos/cm au stade de fructification et 9.81 mmhos/cm au stade de maturation des fruits ; ceci peut induire un stress chez le *P. harmala* L., précisément un stress salin, qui affecte significativement la productivité de la plante (Ahmad et al., 2013).
- La quantité du calcium (calcaire actif) est élevée aux stades de fructification et maturation (16.45% et 16.88% respectivement) par rapport à celle du stade de végétation (15.06%) (tableau 04). Cette légère différence pourrait expliquer l'importance des teneurs en alcaloïdes au stade de maturation. Un taux élevé en calcium plus que 15% favoriserait la production alcaloïdique des plantes (Houmani, 1999).
- Par ailleurs, nous avons trouvé qu'au stade de maturation la quantité de l'harmaline diminue dans les feuilles et les tiges, alors que l'harmine augmente. Cela pourrait être le résultat de l'oxydation de l'harmaline en harmine. Nous avons mentionné que le sol contient une quantité importante en calcium au stade de maturation ; qui pourrait être le facteur d'oxydation de l'harmaline en harmine. Les oligo-éléments ont un rôle métabolique au sein de la plante, interviennent comme coenzymes (Chesworth et al., 2012).

7.2 Composition en acide gras dans les organes de *Portulaca oleracea* L. :

Nous avons réalisé l'extraction sur tous les organes et durant les trois mois de la récolte.

La présence des acides gras, après analyse à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CGMS), au niveau des organes (feuilles, tiges, graines et fruits) est bien visible durant tous les stades du développement de la plante.

L'analyse chromatographique nous a permis de déduire la présence d'une dizaine de substances chimiques (figures 32, 33, 34 et 35). Les principes actifs avec leur temps de rétention (RT), la surface des pics (%) et les noms communs sont consignés dans les tableaux (17, 18, 19 et 20).

L'analyse chimique de chaque organe de *Portulaca oleracea* L. révèle la présence des acides gras tels que : l'acide palmitique, l'acide linoléique, l'acide oléique, l'acide stéarique, l'acide laurique, l'acide myristique, et quelque traces de l'acide caprique, l'acide margarique, l'acide béhénique et l'acide lignocérique.

Les résultats ont montré que les teneurs en acides gras varient en fonction de divers paramètres tels que : l'organe, le stade de développement de la plante, ainsi que les facteurs environnementaux. Nous avons remarqué également que l'apparition et la présence des acides gras dans les organes, varient d'un stade à un autre.

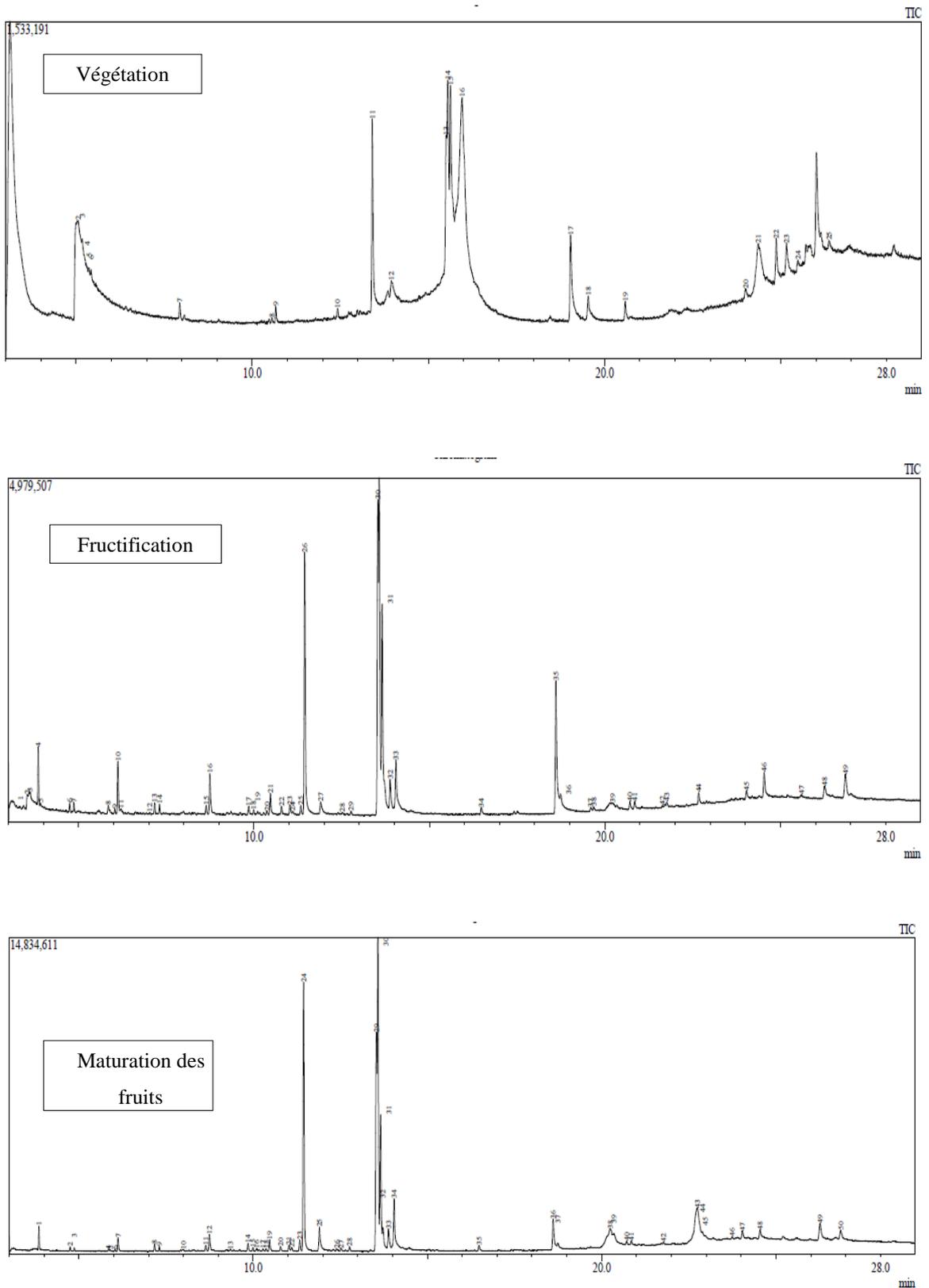


Figure 32: Chromatogramme CG - MS de l'extrait des feuilles de *Portulaca oleracea* L.

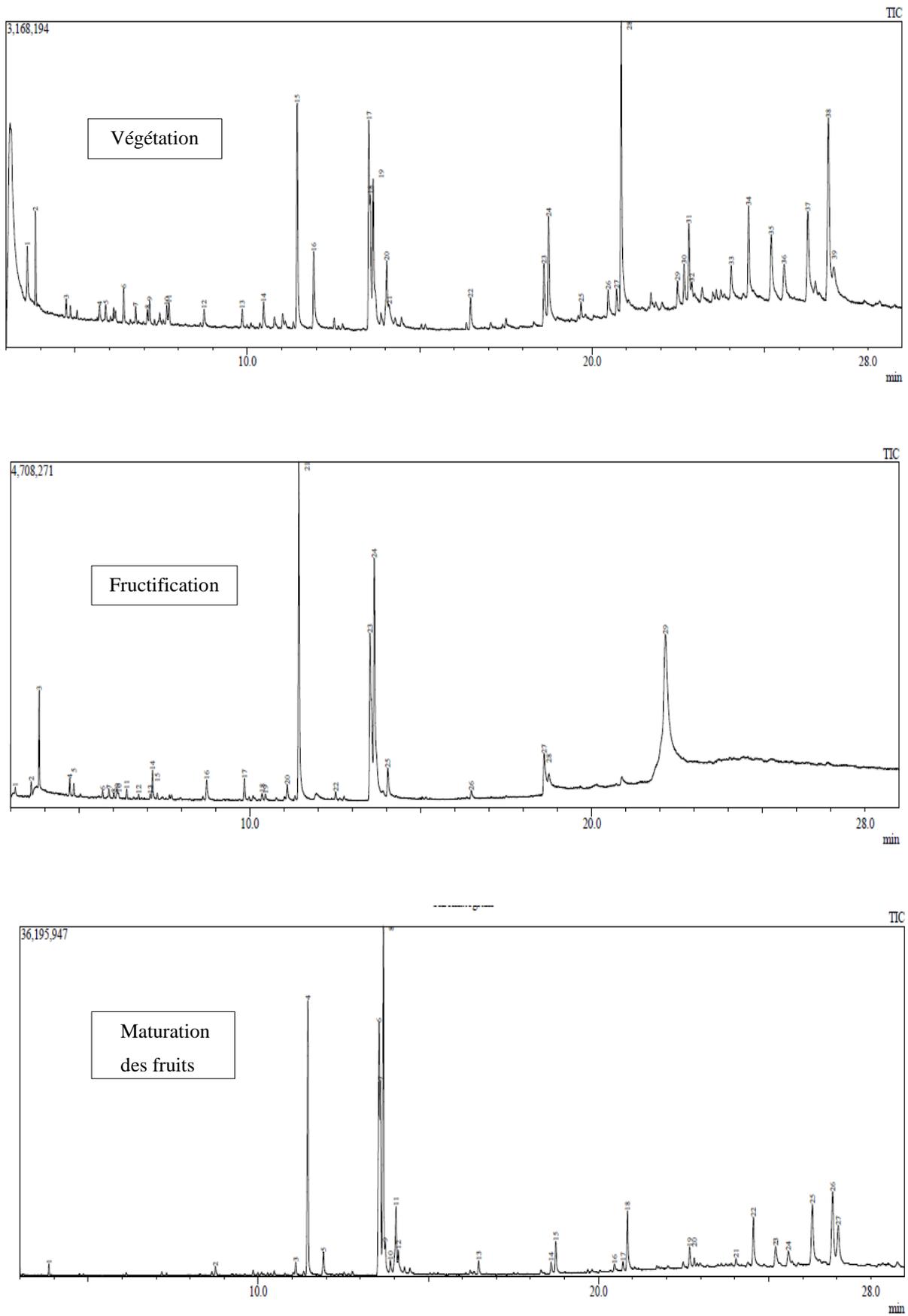


Figure 33: Chromatogramme CG - MS de l'extrait des tiges de *Portulaca oleracea* L.

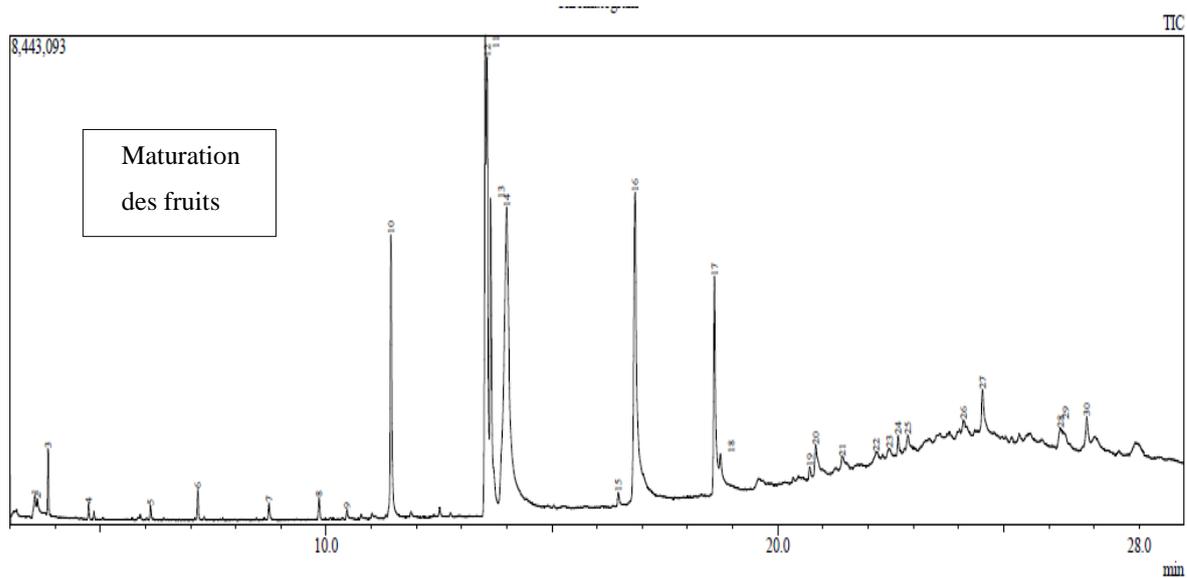
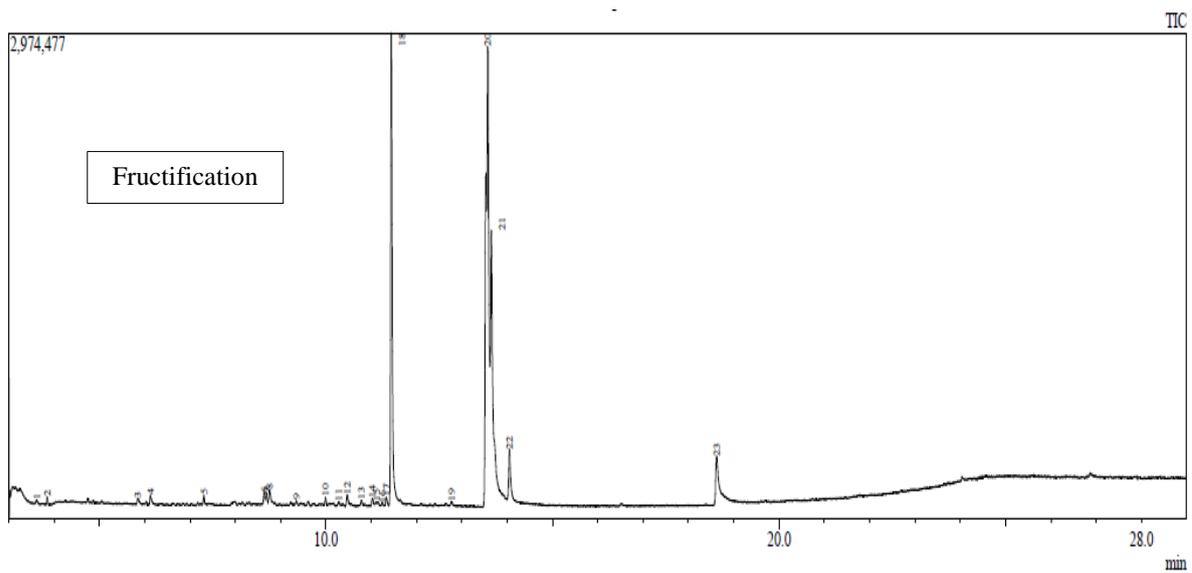


Figure 34: Chromatogramme CG - MS de l'extrait des fruits de *Portulaca oleracea* L.

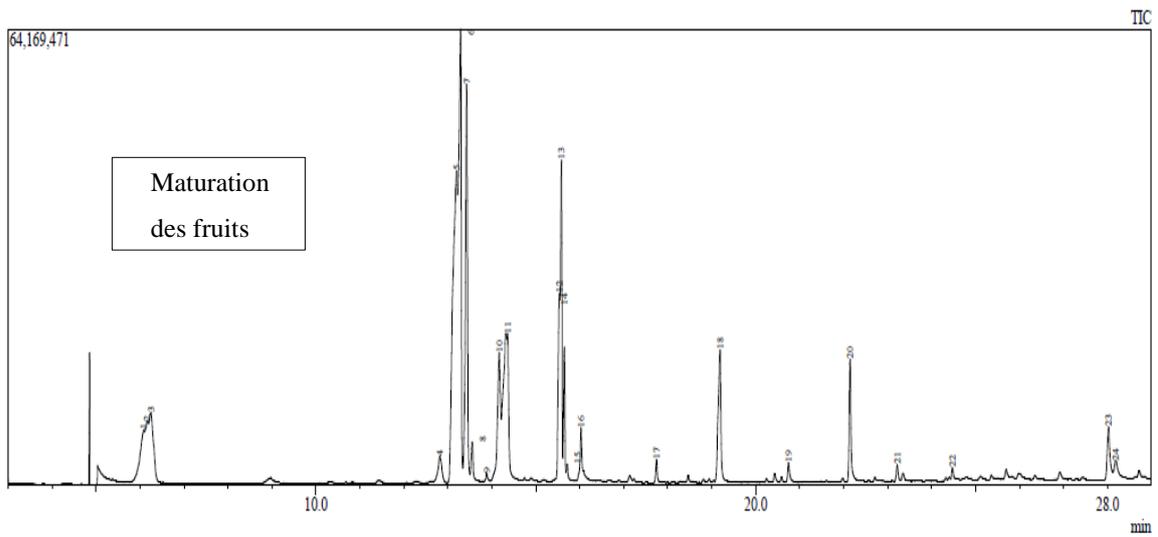
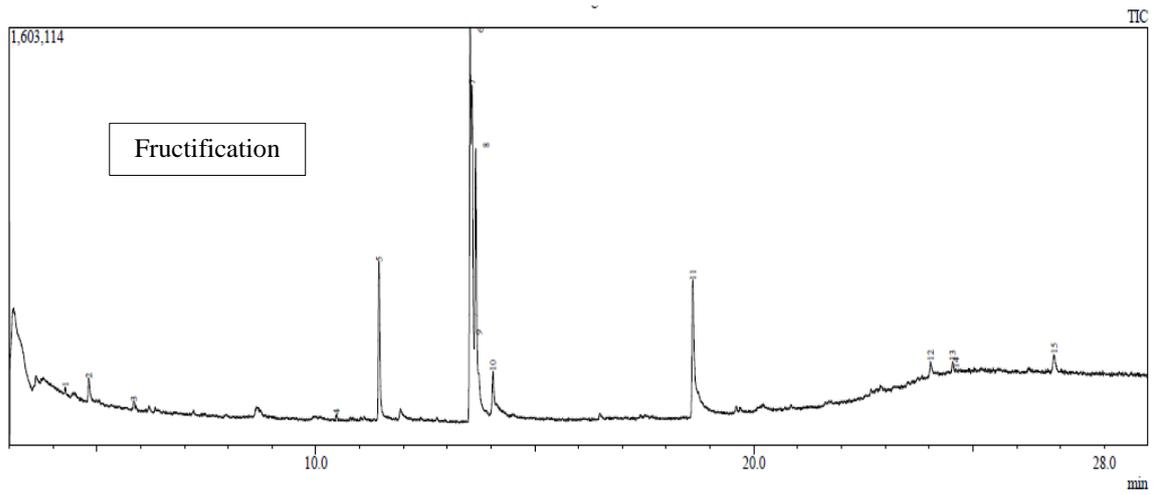


Figure 35: Chromatogramme CG - MS de l'extrait des graines de *Portulaca oleracea* L.

Tableau 17 : Composition phytochimique des feuilles de *Portulaca oleracea* L.

Stade	Pic	TR	S (%)	Nom	NC	FB
Végétation	1	3.121	30.03	3-Hexadecyloxy-carbonyl-5-(2-hydroxy)-4-méthyl-1H-imidazol-3-ium	/	/
	2	5.057	8.89	Resorcinol	/	/
	3	5.175	1.78	2H-1,4-Benzodiazépin-2-one, 1,3-dihydro-7-chloro-1,3-diméthyl-5-phenyl-, (S)-	/	/
	4	5.317	0.95	Hydroquinone	/	/
	5	5.367	0.84	1-Octanol, 2-butyl-	/	/
	6	5.424	0.71	Cyclohexasiloxane, dodécaméthyl-	/	/
	7	7.942	0.29	Dodécanoïque, méthyle ester	Acide laurique, ester méthylique	C ₁₃ H ₂₆ O ₂
	8	10.558	0.10	3-Butoxy-1,1,1,7,7,7-hexaméthyl-3,5,5-tris(triméthylsiloxyl)tétrasiloxane	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	9	10.669	0.28	Méthyle tétradécanoate	Acide myristique, ester méthylique	C ₁₅ H ₃₀ O ₂
	10	12.420	0.18	3,7,11,15-Tétraméthyl-2-hexadécène-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	11	13.408	4.39	Hexadécanoïque, méthyle ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	12	13.950	0.45	l-(+)-Ascorbique, 2,6-dihexadécanoïque	Palmitate d'ascorbyle	C ₂₂ H ₃₈ O ₇
	13	15.504	3.15	11,14-Octadécadiénoïque, méthyle ester	/	/
	14	15.547	5.91	9,12,15-Octadécatriénoïque, éthyle ester	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	15	15.627	8.55	8-Octadécénoïque, méthyle ester, (E)	/	/
	16	15.955	32.07	9,12,15-Octadécatriénoïque, méthyle ester	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	17	19.036	2.97	9.β-acétoxy-4-hydroxy-3,4,8-triméthyl-5.α-H-tricyclo[6.3.1.0(1,5)]dodécane	/	/
	18	19.535	0.56	Benzofurane, 7-cyclohexyl-2,3-dihydro-2-méthyle-	/	/
	19	20.589	0.47	1,2-Benzénedicarboxylique, diisooctyle ester	/	/
	20	24.006	0.21	Cholest-5-en-3-ol (3.β.)-, carbonochloridate	/	/
	21	24.365	3.94	1,4-Epoxynaphthalène-1(2H)-méthano	/	/
	22	24.872	0.98	Cholest-5-en-3-ol (3.β.)-, carbonochloridate	/	/
	23	25.166	0.90	Cholest-5-en-3-ol (3.β.)-, carbonochloridate	/	/
	24	25.490	0.15	Cholesta-2,4-diène	/	/
	25	26.370	0.25	Pregna-5,16-diène-20-one, 3-(acétyloxy)-	/	/

Fructification	1	---	---	---	/	/
	2	3.560	2,678	Resorcinol	/	/
	3	3.624	0,399	2-Undecanone	/	/
	4	3.854	3,024	Tridecane	/	/
	5	3.918	0,275	Decanoic acid, methyl ester	Acide caprique, ester méthylique	C ₁₁ H ₂₂ O ₂
	6	4.750	0,212	1-Tridecene	/	/
	7	4.868	0,505	Tetradecane	/	/
	8	5.847	0,699	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a trimethyl-, (R)-	/	/
	9	6.034	0,347	Pentadecane	/	/
	10	6.123	4,472	Dodecanoic acid, methyl ester	Acide laurique, ester méthylique	C ₁₃ H ₂₆ O ₂
	11	6.202	0,193	Nonanedioic acid, dimethyl ester	Acide azélaïque	C ₁₁ H ₂₀ O ₄
	12	7.031	0,242	1-Penten-3-ol, 3-methyl-	/	/
	13	7.168	0,311	1-Nonadecene	/	/
	14	7.307	0,522	Hexadecane	/	/
	15	8.637	0,504	Heptadecane	/	/
	16	8.743	3,385	Methyl tetradecanoate	Acide myristique ester méthylique	C ₁₅ H ₃₀ O ₂
	17	9.853	0,277	10-Heneicosene (c,t)	/	/
	18	9.990	0,359	Heptadecane	/	/
	19	10.103	0,247	Pentadecanoic acid, methyl ester	Acide pentadécanoïque, ester méthylique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
	20	10.369	0,272	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	/	/
	21	10.468	0,728	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	22	10.784	0,315	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	23	11.023	0,312	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	24	11.108	0,0346	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)	/	/
	25	11.333	0,193	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)	/	/
	26	11.445	19,807	Hexadecanoic acid, methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	27	11.903	0,584	n-Hexadecanoic acid	Acide palmitique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
	28	12.522	0,056	1-Nonadecene	/	/
	29	12.767	0,266	Heptadecanoic acid, methyl ester	Acide margarique, ester méthylique	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
	30	13.531	7,852	11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	/	/
	31	13.580	8,017	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	Acide linolénique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂

Fructification	32	13.654	6,691	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	Acide oleique, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	33	13.881	0,887	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol-	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	34	14.045	3,343	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	35	16.480	0,682	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	36	18.603	21,144	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	/	/
	37	18.743	0,754	Docosanoic acid, methyl ester	Acide béhénique, ester méthylique	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
	38	19.600	0,188	1-Nonadecene	/	/
	39	19,683	0,319	Nonahexacontanoic acid	Acide Nonahexacontanoïque	C ₆₉ H ₁₃₈ O ₂
	40	20,133	0,884	Hexatriacontane	/	/
	41	20,715	0,617	Nonacosane	/	/
	42	20,850	0,715	Tetracosanoic acid, methyl ester	Acide lignocerique, ester méthylique	C ₂₅ H ₅₀ O ₂
	43	---	---	---	/	/
	44	21,768	0,376	2,6,10,14,18-Pentamethyl-2,6,10,14,18-eicosapentaene	/	/
	45	22,674	0,782	Hexatriacontane	/	/
	46	24,041	0,279	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, , acetatecarbonochloridate	/	/
	47	24,539	2,085	Hexatriacontane	/	/
	48	25,607	0,202	Eicosane, 9-cyclohexyl-	/	/
	49	26,269	0,447	β-sitostérol	/	/
	50	26,857	2,517	Hexatriacontane	/	/
	Maturation des fruits	1	3.853	1,55	Tridecane	/
2		4.748	0,13	1-Tetradecanol	/	/
3		4.868	0,21	Tetradecane	/	/
4		5.848	0,24	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-	/	/
5		5.894	0,23	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	/	/
6		6.035	0,16	Pentadecane	/	/
7		6.124	1,61	Dodecanoic acid, methyl ester	Acide laurique, ester méthylique	C ₁₃ H ₂₆ O ₂
8		7.168	0,27	1-Nonadecene	/	/
9		7.308	0,39	Hexadecane	/	/
10		8.002	0,13	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	/	/
11		8.641	0,41	Heptadecane	/	/
12		8.745	1,94	Methyl tetradecanoate	Acide myristique, ester méthylique	C ₁₅ H ₃₀ O ₂
13		---	---	---	/	/

Maturation des fruits	14	9.855	0,29	1-Nonadecene	/	/
	15	9.994	0,29	Heneicosane	/	/
	16	10.105	0,25	Pentadecanoic acid, methyl ester	Acide pentadécanoïque, ester méthylique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
	17	10.280	0,78	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	/	/
	18	10.371	0,16	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	/	/
	19	10.470	0,54	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	20	10.785	0,18	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	21	11.026	0,25	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	22	11.110	0,12	11-Hexadecenoic acid, methyl ester	/	/
	23	11.337	0,36	11-Hexadecenoic acid, methyl ester	/	/
	24	11.449	24,78	Hexadecanoic acid, methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	25	11.902	1,07	n-Hexadecanoic acid	Acide palmitique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
	26	12.398	0,08	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl ester	/	/
	27	12.524	0,14	1-Nonadecene	/	/
	28	12.767	0,37	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	/	/
	29	13.535	9,55	11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	/	/
	30	13.580	18,13	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	31	13.658	4,45	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	32	---	---	---	/	/
	33	13.882	1,03	Phytol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	34	14.046	3,68	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	35	16.482	0,41	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	36	18.606	7,04	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	/	/
	37	18.745	0,28	Docosanoic acid, methyl ester	Acide béhénique, ester méthylique	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
	38	20.242	5,76	Tetracontane	/	/
	39	20.353	2,96	Nonacosane	/	/
	40	20.717	0,28	Tritriacontane	/	/
	41	20.853	0,35	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	42	21.774	0,23	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23-hexamethyl-	Squalene	C ₃₀ H ₅₀
	43	22.748	5,08	Propanoic acid, 3,3'-thiobis-, didodecyl ester	/	/
	44	22.896	0,12	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, propanoate	/	/

45	---	---	---	/	/
46	23.743	0,04	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-	/	/
47	24.040	0,31	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, carbonochloridate	/	/
48	24.545	1,16	Hexatriacontane	/	/
49	26.275	0,65	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-	/	/
50	26.860	1,57	Tetracontane	/	/

Tableau 18 : Composition phytochimique des tiges de *Portulaca oleracea* L.

Stade	Pic	TR	S (%)	Nom	NC	FB
Végétation	1	3.155	30,19	3-Hexadecyloxy-carbonyl-5-(2-hydroxyethyl)	/	/
	2	3.618	1,91	2-Undecanone	/	/
	3	3.854	2,29	Tridecane	/	/
	4	4.748	0,21	1-Hexadecanol	/	/
	5	5.710	0,36	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-	/	/
	6	5.890	0,20	.gamma.-Elemene	/	/
	7	6.413	0,36	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha.,alp	/	/
	8	6.764	0,17	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,	/	/
	9	7.102	0,14	Dehydroxy-isocalamendiol	/	/
	10	7.169	0,29	1-Nonadecene	/	/
	11	7.664	0,40	2-Naphthalenemethanol, 2,3,4,4a,5,6,7,8-oct	/	/
	12	7.70	0,26	2-Naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,7-oct	/	/
	13	8.746	0,81	Methyltetradecanoate	/	/
	14	9.853	0,35	1-Nonadecene	/	/
	15	10.470	0,48	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	/	/
	16	11.446	8,45	Hexadecanoic acid,methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	17	11.928	1,42	n-Hexadecanoic acid	Acide palmitique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
	18	13.528	4,24	9,12-Octadecadienoic acid(Z,Z)-,methyl ester	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
	19	13.568	1,99	7,10,13-Hexadecatrienoic acid , methyl ester	Acide Hexadecatrienoic (HTA)	C ₁₇ H ₂₈ O ₂

Végétation	20	13.653	2,07	9-Octadecenoic acid(Z)-,methyl ester	Acide oleique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	21	14.044	1,81	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	22	14.119	0,44	9-Octadecenoic acid,(E)-	Acide oléique	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
	23	16.477	1,08	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	24	18.602	3,56	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	/	/
	25	18.740	3,76	Docosanoic acid, methyl ester	Acide béhénique, ester méthylique	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
	26	19.683	0,48	Tetratriacontane	/	/
	27	20.466	0,51	1-Hexacosanol	/	/
	28	20.712	0,72	Hexatriacontane	/	/
	29	20.848	9,73	Heneicosanoic acid , methyl ester	Acide Heneicosanoique, ester méthylique	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
	30	22.485	0,41	1-Hexacosanol	/	/
	31	22.673	1,44	Nonacosane	/	/
	32	22.811	2,18	Triacitanoic acid, methyl ester	Acide mélissique, ester méthylique	C ₃₁ H ₆₂ O ₂
	33	22.883	0,25	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, carbonochloridate	/	/
	34	24.034	0,42	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, carbonochloridate	/	/
	35	24.541	3,73	Hexatriacontane	/	/
	36	25.203	0,91	Ergost-5-en-3-ol,(3.beta.)-	/	/
	37	25.574	0,74	Stigmasterol	/	/
	38	26.264	1,74	.beta.-Sitosterol	/	/
	39	26.859	9,51	Hexatriacontane	/	/
40	-	-	Lup-20(29)-en-3-ol, acetate,(3.beta.)-	/	/	
Fructification	1	3.142	0,59	6-Dodecanol acetate	/	/
	2	3.609	1,59	2-Undecanone	/	/
	3	3.744	7,89	Resorcinol	/	/
	4	3.840	4,84	Tridecane	/	/
	5	4.737	0,38	1-Tetradecanol	/	/
	6	4.855	0,74	Tetradecane	/	/

Fructification	7	5.695	0,34	1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8	/	/
	8	5.884	0,53	1-Penten-3-one, 1-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohe	/	/
	9	6.021	0,34	Pentadecane	/	/
	10	6.118	1,36	Dodecanoic acid, methyl ester	Acide laurique, ester méthylique	C ₁₃ H ₂₆ O ₂
	11	6.164	0,16	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-di	/	/
	12	6.401	0,24	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha.,alp	/	/
	13	6.751	0,12	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,	/	/
	14	7.087	0,17	Z-3-Hexadecen-7-yne	/	/
	15	7.157	0,88	1-Nonadecene	/	/
	16	7.294	0,40	Hexadecane	/	/
	17	8.740	2,11	Methyl tetradecanoate	/	/
	18	9.845	0,65	1-Nonadecene	/	/
	19	10.359	0,30	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	/	/
	20	10.458	0,22	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	/	/
	21	11.099	0,62	11-Hexadecenoic acid, methyl ester	/	/
	22	11.436	27,28	Hexadecanoic acid, methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	23	12.514	0,25	1-Nonadecene	/	/
	24	13.520	7,92	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl est	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
	25	13.644	8,39	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester	Acide linolenique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	26	14.039	2,58	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	27	15.480	9,87	9-Octadecenoic acid,(E)-	Acide oleique	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
	28	18.608	11,33	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	29	18.756	1,32	Hexacosanoic acid, methyl ester	/	/
	30	22.152	15,61	Propanoic acid, 3,3'-thiobis-, didodecyl ester	/	/

Maturation des fruits	1	3.849	0,63	Tridecane	/	/
	2	8.742	0,84	Methyl tetradecanoate	/	/
	3	11.104	0,46	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	/	/
	4	11.459	21,99	Hexadecanoic acid, methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	5	11.922	1,05	n-Hexadecanoic acid	Acide palmitique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
	6	13.552	11,02	11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	/	/
	7	13.591	11,75	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	8	13.680	9,81	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	9	13.742	0,36	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	10	13.883	0,58	Phytol	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
	11	14.049	4,10	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	12	14.118	0,89	Oleic Acid	Acide oleique	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
	13	16.478	1,05	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	14	18.603	1,56	Di-n-octyl phthalate	/	/
	15	18.744	2,46	Docosanoic acid, methyl ester	Acide béhénique, ester méthylique	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
	16	20.469	0,42	1-Tetracosanol	/	/
	17	20.719	0,72	Hexatriacontane	/	/
	18	20.852	4,96	Heneicosanoic acid, methyl ester	Acide Heneicosanoique, ester méthylique	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
	19	22.678	1,69	Hexatriacontane	/	/
	20	22.813	0,65	Triacantanoic acid, methylester	/	/
	21	24.042	0,26	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, carbonochloridate	/	/
	22	24.555	5,16	Hexatriacontane	/	/
	23	25.207	0,87	Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.)-	/	/
	24	25.579	0,61	Stigmasterol	/	/
	25	26.289	2,67	.gamma.-Sitosterol	/	/
	26	26.881	10,88	Hexatriacontane	/	/

	27	27.048	1,15	Lup-20(29)-en-3-ol, acetate, (3.beta.)-	/	/
--	----	--------	------	---	---	---

Tableau 19 : Composition phytochimique des fruits de *Portulaca oleracea* L.

Stade	Pic	TR	S (%)	Nom	NC	FB
Fructification	1	3.109	0,95	2-Butanol, 3,3'-oxybis-	/	/
	2	3.267	1,20	Oxirane,[(hexyloxy)methyl]-	/	/
	3	3.616	0,25	2-Decanone	/	/
	4	3.847	0,22	Tridecane	/	/
	5	5.847	0,42	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a trimethyl-, (R)-	/	/
	6	6.125	0,52	Dodecanoic acid,methyl ester	Acide laurique, ester méthylique	C ₁₃ H ₂₆ O ₂
	7	7.305	0,47	Tetradecane	/	/
	8	8.637	0,44	Tridecane	/	/
	9	8.689	0,46	Cyclohexane, 1-(cyclohexylmethyl)-2-	/	/
	10	8.754	0,97	Methyltetradecanoate	/	/
	11	9.348	0,28	Decane, 5-cyclohexyl-	/	/
	12	9.990	0,26	Sulfurous acid, 2-ethylhexylisohexyle	/	/
	13	10.281	0,23	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	/	/
	14	10.468	0,69	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-	/	/
	15	10.784	0,17	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-	/	/
	16	11.020	0,35	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-	/	/
	17	11.114	0,37	9-Dodecenoic acid, methyl ester,(E)-	/	/
	18	11.250	0,17	2-Thiopheneacetic acid, heptylester	/	/
	19	11.333	0,36	Octadecane, 1-(ethenyloxy)-	/	/
	20	11.444	21,62	Hexadecanoic acid, methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	21	12.771	0,29	Heneicosanoic acid, methyl ester	Acide Heneicosanoique, ester méthylique	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
	22	13.570	19,70	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester	Acide linolenique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂

	23	13.650	17,75	9-Octadecenoic acid(Z)-,methyl ester	Acide oléique , ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	24	14.050	2,91	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	25	18.625	4,96	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	/	/
Maturation des fruits	1	3.544	0,57	Thymol	Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O
	2	3.606	0,74	2-Undecanone	/	/
	3	3.845	1,18	Tridecane	/	/
	4	4.740	0,24	1-Hexadecanol	/	/
	5	6.112	0,26	Dodecanoic acid,methyl ester	Acide laurique, ester méthylique	C ₁₃ H ₂₆ O ₂
	6	7.159	0,53	1-Nonadecene	/	/
	7	8.734	0,40	Methyltetradecanoate	/	/
	8	9.843	0,47	1-Nonadecene	/	/
	9	10.460	0,22	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	/	/
	10	11.435	6,58	Hexadecanoic acid,methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	11	13.524	10,47	11,14-Octadecadienoic acid,methyl ester	/	/
	12	13.563	20,94	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	Acide linolénique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	13	13.643	8,40	9-Octadecenoic acid(Z)-, methyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	14	13.996	23,72	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2 ethylhexyl) ester	/	/
	15	16.468	0,36	Eicosanoic acid,methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	16	16.839	16,05	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	/	/
	17	18.597	6,67	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	/	/
	18	18.731	2,03	Octadecanoic acid,methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	19	20.706	0,40	Nonacosane	/	/
	20	20.840	1,63	Eicosanoic acid,methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	21	21.428	0,77	Tetratriacontane	/	/

22	22.184	0,71	Tetrapentacontane, 1,54-dibromo-	/	/
23	22.473	0,42	2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride	/	/
24	22.665	0,54	Pentatriacontane	/	/
25	22.882	0,71	Tetratriacontane	/	/
26	24.109	0,30	Hexacontane	/	/
27	24.532	2,29	Hexatriacontane	/	/
28	26.258	0,92	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-	/	/
29	26.318	0,93	Tetrapentacontane	/	/
30	26.841	1,56	Hexatriacontane	/	/

Tableau 20 : Composition phytochimique des graines de *Portulaca oleracea* L.

Stade	Pic	TR	S (%)	Nom	NC	FB
Fructification	1	-	-	2-Propanol, 1-(2-ethoxypropoxy)-	/	/
	2	-	-	Hexanoic acid, 3-hydroxy-5-methyl-,methyles	/	/
	3	4.278	0,61	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	/	/
	4	4.817	2,10	Nonanoic acid, 9-oxo-, methylester	/	/
	5	5.845	0,86	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a trimethyl-, (R)-	/	/
	6	-	-	Methoprene	/	/
	7	10.472	0,27	2-Tridecyne	/	/
	8	11.443	14,75	Hexadecanoic acid, methyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	9	13.525	13,23	9,12-Octadecadienoic acid(Z,Z)-,methyl ester	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
	10	13.566	18,50	7,10,13-Hexadecatrienoic acid, methyl ester	Acide Hexadecatrienoic (HTA)	C ₁₇ H ₂₈ O ₂
	11	13.650	8,65	9-Octadecenoic acid(Z)-,methyl ester	Acide oleique ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	12	13.645	2,15	4-Fluorobenzylamine,N,N-dinonyl-	/	/
	13	14.043	3,68	Octadecanoic acid,methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	14	-	-	2-Hydroxy-1,1,10-trimethyl-6,9-epidioxycalci	/	/

	15	13.726	0,06	2-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimét	/	/
	16	18.606	30,41	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	/	/
	17	-	-	4-Nonenoic acid, méthylester	/	/
	18	-	-	4-(3,3-Diméthyl-but-1-ynyl)-4-hydroxy-2,6,6-tr	/	/
	19	-	-	(7a-Isopropenyl-4,5-diméthyl-octahydroindén-4-	/	/
	20	-	-	17-(1,5-Diméthylhexyl)-10,13-diméthyl-3-styry	/	/
	21	24.039	0,61	Cholest-5-en-3-ol (3.β.)-, carbonochloridate	/	/
	22	-	-	1-Diméthyl(éthényl)silyloxytétradécane	/	/
	23	24.537	0,91	Octadécane, 5-méthyl-	/	/
	24	-	-	2,6-Lutidine 3,5-dichloro-4-dodécylthio-	/	/
	25	26.851	2,21	Tétracosane	/	/
Maturation des fruits	1	4.850	2,80	Resorcinol	/	/
	2	6.078	6,38	Hexadécanoic acid, méthyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	3	6.078	6,40	Hexadécanoic acid, méthyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	4	6.249	10,25	Hexadécanoic acid, méthyl ester	Acide palmitique, ester méthylique	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
	5	12.817	0,72	11-Eicosenoic acid, méthylester	/	/
	6	13.196	11,53	9,12-Octadécadiénoic acid(Z,Z)-, méthyl ester	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
	7	13.291	12,59	9,12,15-Octadécatriénoic acid, éthyl ester, (Z,Z,Z)-	Acide linoléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	8	13.429	7,81	16-Octadécénoic acid, méthyl ester	/	/
	9	13.555	0,10	l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadécanoate	Palmitate d'ascorbyle	C ₂₂ H ₃₈ O ₇
	10	13.882	10,40	9-Octadécénoic acid(Z)-, méthyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	11	14.165	4,11	Octadécénoic acid, méthyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂

Maturation des fruits	12	14.357	12,53	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	13	15.532	2,97	11,14-Octadecadienoic acid,methyl ester	/	/
	14	15.581	6,09	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	Acide linolénique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₂ O ₂
	15	15.648	1,16	9-Octadecenoic acid(Z)-, methyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	16	15.715	0,15	9-Octadecenoic acid(Z)-, methyl ester	Acide oléique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
	17	16.030	1,05	Octadecanoic acid, methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	18	17.746	0,64	Eicosanoic acid, methyl ester	Acide arachidique, ester méthylique	C ₂₁ H ₄₂ O ₂
	19	19.189	6,24	Octadecanoic acid,methyl ester	Acide stéarique, ester méthylique	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
	20	20.747	0,61	Tricosanoic acid,methylester	/	/
	21	22.148	3,51	Tetracosanoic acid,methylester	/	/
	22	23.222	0,62	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23-hexamethyl-	/	/
	23	24.474	0,41	Docosanoic acid,methyl ester	Acide béhénique, ester méthylique	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
	24	28.027	0,48	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-	/	/
	25	28.193	0,46	4,4,6a,6b,8a,11,11,14b-Octamethyl-1,4,4a,5,	/	/

➤ Discussion :

L'analyse chromatographique des extraits de *Portulaca oleracea* L. montre la présence des acides gras, dont les principaux constituants : acide palmitique, acide oléique, acide linoléique, acide hexadécatriénoïque et acide linoléique. Ces derniers, sont des acides gras qui comportent la même nomenclature oméga (ω) mais dont la taxonomie est différente ; l'acide palmitique et l'acide oléique sont des acides gras mono-insaturés (AGMI) (Zeghichi Hamri, 2009), tandis que l'acide linoléique (ALA), l'acide hexadécatriénoïque (HTA) et l'acide linoléique sont des acides gras polyinsaturés (AGPI) (Logas et *al.*, 1991 in Baeckeroort 2005). La différence entre ces deux familles d'acides gras est la double liaison ; les mono-insaturés possèdent une seule double liaison dans la chaîne carbonée alors que les polyinsaturés renferment deux ou plusieurs doubles liaisons (Garrett et Grisham, 2000).

L'acide linoléique et l'acide hexadécatriénoïque sont des $\omega 3$, l'acide linoléique est un $\omega 6$ et l'acide oléique est un $\omega 9$.

L'analyse chimique par CG/MS révèle que le taux du composé majeur est l'acide linoléique (oméga-3) varie en fonction des stades phénologiques. Par exemple, les feuilles contiennent 32,07% au stade végétatif, 8,017% au stade de fructification et 18,13% au stade de maturation des fruits. En outre, l'acide oléique (oméga-9) est absent au stade végétatif et, il apparaît ensuite au stade de fructification (6,691%) et diminue au stade de maturation (4,45%).

Les mêmes observations pour les fruits, l'acide linoléique est à 19.7% au stade de fructification, et augmente au stade de maturation des fruits à 20.94% (tableau 19). Alors que, la teneur en acide oléique est 17,75% au stade de fructification, et diminue au stade de maturation des fruits à 8,40%. Cette variation des teneurs de l'acide linoléique et l'acide oléique est similaire chez les tiges et les graines.

Les résultats montrent une corrélation négative entre l'acide oléique et l'acide linoléique au cours du développement des organes de la plante. Il semble que la composition de ces acides gras varie considérablement en fonction de la période de récolte de l'espèce. Selon Derek et *al.*, (2005), les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans la composition des acides gras. Les résultats montrent que la teneur en acide linoléique est plus importante lorsque la plante est exposée à des températures basses et cela au stade de végétation (Juin 21,5°C) et maturation des fruits (Août 24,6°C).

La température aurait une grande influence dans la production de l'acide linoléique ; Les températures basses sont liées à l'augmentation des teneurs en lipides polyinsaturés dans les

cellules végétales (Chittaranjan et *al.*, 2012). Des études ont montré que les teneurs en acides linoléiques sont élevées lorsque les feuilles sont exposées à des températures basses (Ashton, 2012). Par contre, l'acide oléique apparaît dès que les températures augmentent au mois de Juillet 26,5°C (stade de fructification), et les précipitations s'élèvent jusqu'à 13,2%. La teneur en acide oléique est réduite avec la diminution des températures et des précipitations, tandis que les températures élevées réduisent le taux de l'acide linoléique (Pritchard et *al.*, 2000). La synthèse des acides gras est affectée par les conditions environnementales (Zhang et *al.*, 2004; Hassan et *al.*, 2005, Omid et *al.*, 2010).

En outre, la variation des teneurs en acides gras semble être associée à la composition du sol. Les analyses du sol ont montré que le sol au stade de fructification est le plus riche en matière organique (19,62%) qui pourrait expliquer l'augmentation des teneurs en acide oléique durant ce stade. Selon Onemli (2014), l'accumulation des acides gras, en particulier linoléique et linoléique est largement liée aux conditions climatiques au cours du développement de la plante. Bien que le rendement en acide oléique augmente avec la teneur du sol en matière organique.

L'analyse chromatographique a révélé la présence d'un autre $\omega 3$ « acide hexadécatriénoïque » uniquement dans la tige au stade de végétation (1.99%) et la graine au stade de fructification (18.50%).

Nous avons observé la présence des traces de phytol dans les feuilles et les tiges et de thymol dans les fruits. Le phytol est un diterpène-alcool acyclique qui est utilisé comme précurseur dans la fabrication de la vitamine E et K (Netscher, 2007). Selon Bermejo et León (1994), l'utilisation du pourpier dans l'alimentation humaine est nécessaire en raison de sa richesse en protéines, acides gras, glucides, bêta-carotène et vitamines E, C et K.

Tandis que le thymol est un phénol contenu dans les Huiles Essentielles notamment l'huile de thym. Il est soluble dans les alcools, le gras et l'huile et peu soluble dans l'eau. Il est utilisé notamment pour ses propriétés antiseptiques, antibactériennes et antifongiques (Yingjian, 2011).

8 Evaluation de la toxicité des espèces étudiées (DL50) :

Une façon pratique de caractériser et classer la toxicité d'une substance consiste à déterminer sa DL50. Celle-ci désigne la dose d'une substance qui peut causer la mort de 50% d'une population animale dans des conditions d'expérimentation précises. De ce fait, la mesure de la DL50 peut établir un classement pour ces substances : plus qu'elle est faible, plus que la substance est toxique, et l'inverse est juste (tableau 21).

Cependant, la DL50 a une valeur très limitée, car il ne concerne que la mortalité et ne donne aucune information sur les mécanismes en jeu et la nature des lésions (Lapointe, 2004).

Tableau 21. Échelle de la classification des substances toxiques chez les rongeurs (Frank, 1992).

DL ₅₀	Indice de toxicité
Jusqu'à 1mg/kg	Extrêmement toxique
1 à 50mg/kg	Hautement toxique
50 à 500mg/kg	Modérément toxique
500 à 5000mg/kg	Légèrement toxique
500 à 15000mg/kg	Presque pas toxique
Plus de 15000mg/kg	Relativement inoffensif

Afin de déterminer la DL50 de l'extrait de *Peganum harmala* L. (EPH) et celle de l'extrait de *Portulaca oleracea* L. (EPO), cinq doses ont été choisies pour chaque espèce végétale, y compris la DL0 et la DL100. La première dose est définie comme étant la plus forte dose dans laquelle tous les animaux gavés survivent, alors que la deuxième est la plus faible dose qui conduit à la mort de tous les animaux de l'expérience. Le taux de mortalité observé au cours de ces expériences (exprimé en pourcentage) est reporté dans les tableaux (22) et (23).

Tableau 22 : Pourcentage de mortalité des rats après administration de l'EPH

Lot	Nombre des rats	Dose (mg/kg)	% de mortalité
Témoin	10	0	0
1	10	200	0
2	10	400	10
3	10	500	30
4	10	550	50
5	10	600	80
6	10	700	100

Tableau 23 : Pourcentage de mortalité des rats après administration de l'EPO

Lot	Nombre des rats	Dose (mg/kg)	% de mortalité
Témoin	10	0	0
1	10	300	0
2	10	500	0
3	10	900	10
4	10	1200	40
5	10	1500	80
6	10	1700	100

Après avoir utilisé la méthode de calcul (Dragstedt et Lang 1957), nous avons trouvé les DL50 des deux espèces qui sont les suivants :

- DL50 de (EPH) est égale à 383.33 mg/kg.
- DL50 de (EPO) est égale à 525 mg/kg.

A l'issue du test d'évaluation de la toxicité aiguë, la DL50 est estimée par 383.33 mg/kg en cas d'administration orale de l'extrait de *Peganum harmala* L.. Selon l'échelle de la toxicité des substances chimiques par voie orale pour les rongeurs d'après (Hodge et Sterner 1943 in Frank, 1992), la valeur de la DL50 (383.33 mg/kg) permet de classer cet extrait comme une substance modérément toxique. Tandis que, celle de l'extrait de *Portulaca oleracea* L. (525 mg/kg) a permis de le classer comme substance légèrement toxique.

En comparant ces résultats avec d'autres travaux, la valeur de DL50 estimée dans la présente étude est très proche de celle éditée par Muhi-eldeen et ses collaborateurs (2008) qui ont déterminé la DL50 de l'extrait des alcaloïdes totaux de *Peganum harmala* L., égale à 400mg/kg, en utilisant les doses 200, 300, 350, 400, 450, 500, et 550mg/kg par voie intramusculaire. Différemment, Lamchouri et ses collaborateurs (2002) ont trouvé une DL50 égale à 2.7g/kg chez les rats traités oralement par l'extrait aqueux de *Peganum harmala* L. Cette valeur est nettement supérieure à celle trouvée dans notre expérience. Toutefois, il faut noter que la technique d'extraction diffère totalement de la nôtre, le type d'animaux choisi (souris) et la méthode de détermination de la DL50 (Litchfield et Wilcoxon).

9 Activité antidépressive :

9.1 *Peganum harmala* L. :

9.1.1 La nage forcée (FST):

La figure (36) montre les effets de l'extrait de *Peganum harmala* L. (EPH) et de diazépam sur le temps d'immobilité des rats durant le test de nage forcée (test Dunnet). Les groupes 2 et 3, les rats traités par les doses de l'EPH (100mg/kg et 300mg/kg), montrent une diminution de leurs temps d'immobilité, avec une différence très hautement significative respectivement de $80.2 \pm 9.01s$ et de $46.8 \pm 8.53s$ à $p < 0.001$, en comparaison avec le témoin ($167.6 \pm 11.46s$). De même, les rats traités au diazépam (2mg/kg), montrent une diminution de leurs temps d'immobilité ($59.8 \pm 9.98s$, $p < 0.001$).

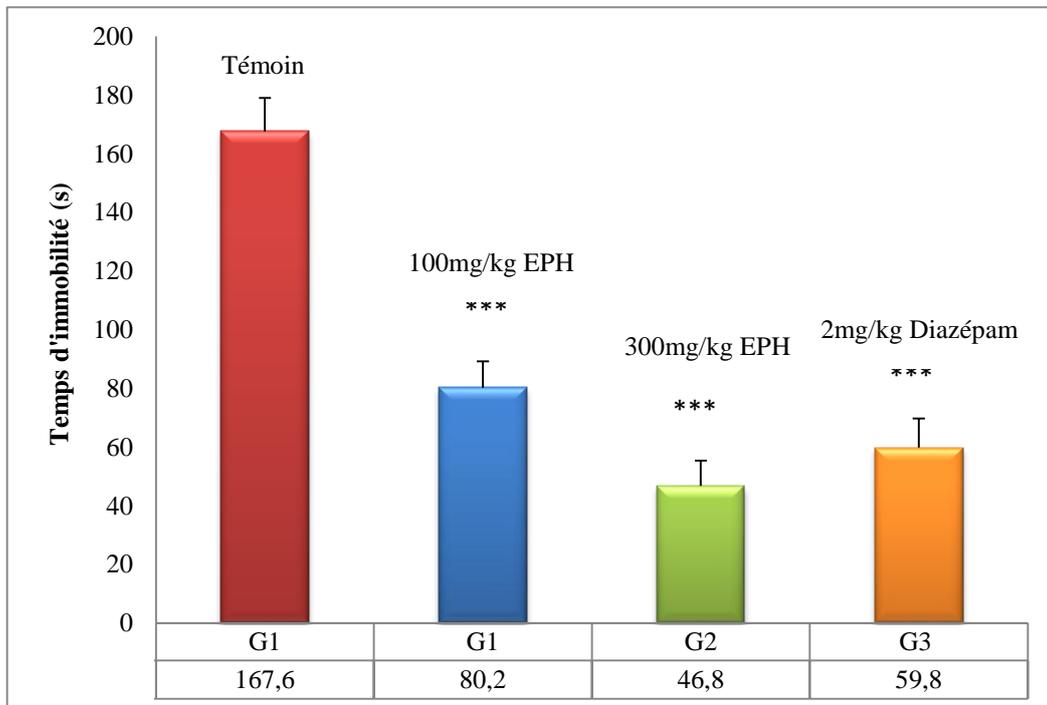


Figure 36 : Effet de l'EPH et de diazépam sur le temps d'immobilité des rats. *** $P < 0,001$ par rapport au témoin. « Test Dunnet »

Le test Tukey (tableau 24) montre que les rats du G3 ($\bar{x}_3 = 46.8s$) et G4 ($\bar{x}_4 = 59.8s$) abordent le même comportement, ainsi que l'extrait de *Peganum harmala* L. agit de façon similaire au diazépam.

Tableau 24 : Temps d'immobilité de (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4).
 *** P <0,001 par rapport au témoin \bar{x}_1 . « Test Tukey »

Variable	Moyennes par traitement et groupes de moyennes				Nombre de traitement homogènes
	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_4	\bar{x}_3	
Temps d'immobilité (s)	167.6	80.2	59.8	46.8	02

9.1.2 Analyse de l'ACTH (AdrenoCorticoTropin Hormone)

La figure (37) montre l'effet de l'EPH et de diazépam sur les teneurs en ACTH (test Dunnet). Les résultats révèlent que les teneurs en ACTH sont faibles, chez les rats du G2 et G3 ($131.33 \pm 12.72 \text{ pg/mg}$ et $49.72 \pm 13.03 \text{ pg/mg}$, $p < 0.001$) et (G4) ($75.93 \pm 17.11 \text{ pg/mg}$, $p < 0.001$), avec une différence très hautement significative en comparaison avec le témoin ($457.10 \pm 29.14 \text{ pg/mg}$).

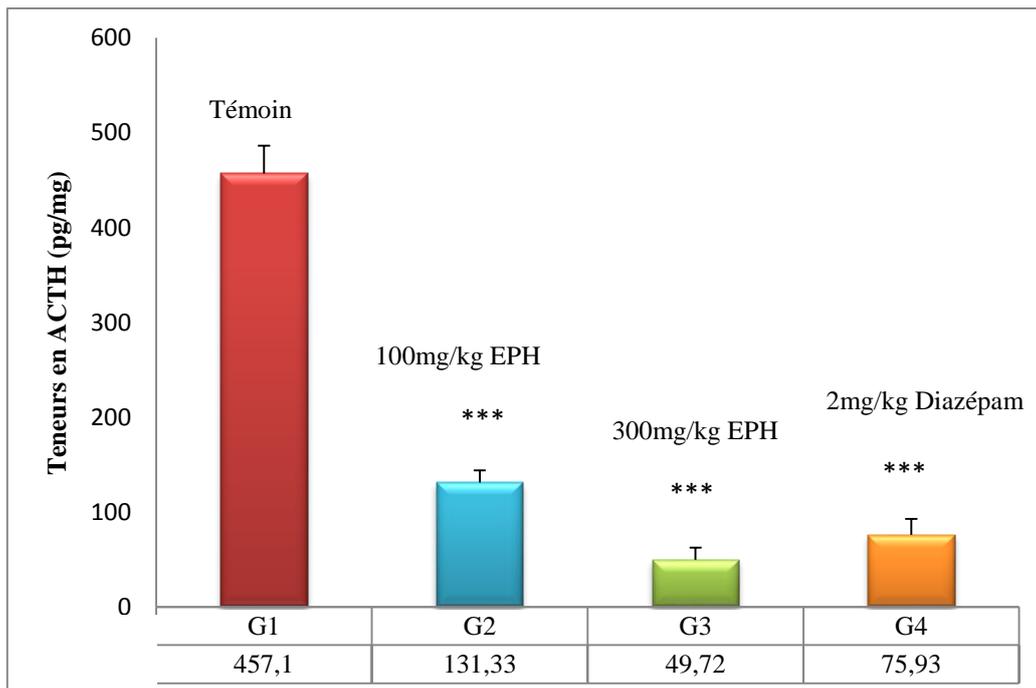


Figure 37 : Effets de l'EPH et de diazépam sur la teneur en ACTH (pg/ml). *** P <0,001 par rapport au témoin. « Test Dunnet »

Le test Tukey (tableau 25) a montré que les teneurs en ACTH du G3 ($\bar{x}_3 = 49.72 \text{ pg/mg}$) et G4 ($\bar{x}_4 = 75.93 \text{ pg/mg}$) font un seul groupe. Cela veut dire que le traitement par l'EPH et celui du diazépam agissent de la même manière.

Tableau 25 : Homogénéité des teneurs en ACTH de (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4).
 *** P <0,001 par rapport au témoin « Test Tukey»

Variable	Moyennes par traitement et groupes de moyennes				Nombre de traitement homogènes
Teneur en ACTH (pg/mg)	\bar{x}_1 457.1	\bar{x}_2 131.33	\bar{x}_4 75.93	\bar{x}_3 49.72	02

9.1.3 Quantité de défécation :

Les rats du G2 et G3 traités par l'EPH (100 mg/kg et 300 mg/kg), présentent des quantités de défécations faibles (tableau 26), avec une différence hautement significative (1.400 ± 1.342 u/G, 0.600 ± 0.548 u/G, respectivement, $p < 0.01$) comparées à celles du témoin (G1) (4.600 ± 3.035 u/G). De même, la quantité de défécation est significativement faible (0.600 ± 0.533 u/G, $p < 0.01$) pour les rats traités avec le diazépam (G4).

Tableau 26: Quantité de défécation des rats. ** P <0.01 par rapport au témoin "Dunnet test."

Groupes	Defecation (u/G)
G1	4.600 ± 3.035
G2	$1.400 \pm 1.342^{**}$
G3	$0.600 \pm 0.548^{**}$
G4	$0.600 \pm 0.533^{**}$

9.1.4 Evaluation de l'état pondéral des organes des groupes de PH

Le poids relatif des surrénales et du cerveau sont exprimés en gramme chez les quatre groupes (G1, G2, G3 et G4) et sont rassemblés dans le (tableau 27).

Tableau 27: Variation du poids relatif des organes des groupes de PH (g/100g), "Dunnet test."

Organe (g/100g)	G1	G2	G3	G4
Glandes surrénales	0.017 ± 0.0002	0.0165 ± 0.0005 Ns	0.0139 ± 0.0005 *	0.0135 ± 0.0008 *
Cerveau	0.69 ± 0.04	0.70 ± 0.03 Ns	0.709 ± 0.043 Ns	0.691 ± 0.052 Ns

Ns : non significatif. * P ≤ 0.05 ; ** p ≤ 0.01 ; *** p ≤ 0.001 par rapport au témoin.

➤ Discussion :

Nous avons trouvé que l'administration des différentes doses de l'extrait des graines de *Peganum harmala* L. chez les rats, pourrait être en mesure de réduire leurs temps d'immobilité et induire des effets antidépresseurs.

L'analyse chromatographique des extraits des graines de *Peganum harmala* L. a prouvé la présence des β -carbolines tels que : l'harmaline, l'harmine et le tétrahydroharmine (THH). De nombreuses études ont montré leurs propriétés antidépressives et sédatives (Goel et al., 2009). De ce fait, l'effet antidépressif de ces extraits pourrait s'expliquer par leurs richesses en alcaloïdes indoliques (β -carbolines). Ces derniers sont connus par leurs effets neuropharmacologiques : analgésiques, antidépresseurs, narcotiques et hallucinogènes (Sökmen, 2001).

Les β -carbolines représentent un vaste groupe d'alcaloïdes indoliques naturels et synthétiques tels que : l'harmine, l'harmaline, la tétrahydroharmine, l'harmalol, l'harmol, l'harmane et la norharmane (Pfau et Skog, 2004). Les β -carbolines sont isolées, à l'origine, de *Peganum harmala* L. (syrian rue) ; on les trouve aussi dans d'autres plantes, comme le tabac (*Nicotiana rustica*), l'iboga (*Tabernanthe iboga*), la liane *Banisteropsis caapi* (ayahuasca) et la passiflore (*Passiflora incarnata*) (Cao et al., 2007). Cette dernière, est riche en alcaloïdes harminiques qui jouent un rôle d'inhibiteur de la MAO. Ils ont par ailleurs une interférence avec les récepteurs des benzodiazépines (Ghedira et Goetz, 2013). Les mêmes β -carbolines sont présents dans la *Passiflora foetida* L., ayant des propriétés neurosédatifs (Lim, 2013). Les β -carbolines seraient également impliquées dans certaines pathologies comme la maladie de Parkinson, les tremblements, l'addiction et le cancer (Pfau et Skog, 2004)

En outre, l'harmaline est une β -carboline la plus puissante, présente dans le *Peganum harmala* L.. C'est une substance psychostimulante à doses modérées et hallucinogène à fortes doses. Elle joue un rôle d'inhibiteur réversible de la monoamine oxydase (MAO) (Mirzaie et al., 2007). Les MAO sont un groupe d'enzymes intervenant dans le catabolisme des monoamines (sérotonine, noradrénaline et dopamine), en résultant un déficit dans le cerveau (Debry, 1993). Les monoamines sont des substances qui ont la propriété de transmettre l'influx nerveux d'une cellule nerveuse à une autre.

Une perturbation des monoamines est susceptible d'avoir des conséquences profondes sur le système nerveux, notamment la dépression qui est considérée comme un mauvais fonctionnement global de cet ensemble processus neurochimique (Consuelo, 2001).

On peut citer aussi l'ibogaine, alcaloïde indolique de type harmane, provenant de l'iboga (*Tabernanthe iboga*), plante africaine, classée en France comme stupéfiant. Elle a une activité IMAO, mais agit aussi sur les systèmes dopaminergiques et opiacés. L'ibogaine à doses modérées, a un effet psychostimulant et à doses élevées devient hallucinatoire.

Le traitement par les extraits de la graine de *P. harmala* L. et par le diazépam a pu réduire le temps d'immobilité des rats durant la nage forcée. Il a été démontré que le raccourcissement du temps d'immobilité dans le FST dépend principalement de l'amélioration des neurotransmetteurs centraux, la sérotonine et la catécholamine (Kumar et al., 2015). Par contre, les rats du groupe témoin étaient immobiles, ce qui affirme leur état dépressif. Les rats sont considérés comme immobiles quand ils cessent toutes activités (Moghaddam et al., 2011). La durée de l'immobilité élevée du groupe témoin, indique que les rats présentent un comportement de désespoir et de pression. Le stress représente la réaction de l'organisme aux stimuli qui perturbe l'homéostasie normale avec souvent des effets néfastes (Khansari et al., 1990).

D'autre part, la dépression est associée aux changements et à l'hyperactivité de l'axe (HPA) "hypothalamic-pituitary-adrenal". Il provoque une augmentation des glucocorticoïdes dans le sang. Ceux-ci provoquent, par l'intermédiaire des récepteurs spécifiques situés dans l'hippocampe, une activation de l'hypothalamus qui sécrète l'hormone CRH "corticotropin-releasing hormone".

Cette hormone apporte à son tour l'hypophyse de produire l'hormone ACTH «adrenocorticotropin» qui circule dans le sang (Miller, 2013). Nos résultats montrent un taux élevé de l'ACTH chez le groupe témoin par rapport à ceux traités par l'EPH et le médicament de référence. Cela pourrait être dû à l'effet de l'EPH qui a permis d'équilibrer préalablement l'ACTH dans le sang. Des études animales ont montré que les antidépresseurs pouvaient avoir une action sur la réponse de l'axe corticotrope au stress chronique, en diminuant la libération d'ACTH et de cortisol (Brunelin et al., 2009).

Ces résultats pourraient être dû à la présence des alcaloïdes qui sont stockés, selon l'étude histologique, dans les cellules de *Peganum harmala* L. sous forme de taches noires. L'activité observée des graines de *Peganum harmala* L. pourrait être en accord avec les indications des tradithérapeutes pour soigner le stress aigu et chronique, qui prescrivent principalement des graines en infusion ou en fumigation.

Nos résultats montrent que le nombre de défécation décroissent significativement chez les rats traités par les extraits des graines et ceux par le diazépam comparativement aux témoins. Le nombre de défécation, couramment interprété comme un signe d'une plus grande anxiété (Prut et Belzung, 2003). L'influence de stress sur les fonctions digestifs (contractions, la sécrétion et la sensibilité viscérale) est grâce à la libération du CRH (Corticolibérine) qui agit sur les récepteurs coliques. Le cerveau a un rôle essentiel dans le déclenchement de la défécation (Careri *al.*, 2002)

Les résultats montrent qu'aucune différence significative du poids relatif du cerveau des rats des quatre groupes G1, G2, G3 et G4 (0.69 ± 0.04 , 0.70 ± 0.03 , 0.709 ± 0.043 et 0.691 ± 0.052 , respectivement). Alors que le poids relatif des surrénales des rats du groupe témoin (0.017 ± 0.0002) est supérieur à celui des rats traités par l'extrait de *Peganum harmala* L. et par le diazépam, (0.0165 ± 0.0005 , 0.0139 ± 0.0005 , 0.0135 ± 0.0008 , respectivement). Les résultats ont révélé une diminution significative (* $p < 0.05$) du poids relatif des surrénales du G3 et G4 par rapport au témoin. Ceci s'expliquerait par l'effet du stress qui entraîne une sécrétion accrue de la CRH et engendre une hyper-sécrétion d'ACTH et du cortisol. Par conséquence, les surrénales vont donc s'hypertrophier (Konne, 2012).

9.2 *Portulaca oleracea* L.

9.2.1 La nage forcée

La figure (38) représente l'effet de l'EPO et de diazépam sur le temps d'immobilité des rats durant la nage forcée (test Dunnet). Les groupes 2 et 3 traités avec les doses (200 et 400 mg/kg) de l'EPO, ont montré une diminution de leurs temps d'immobilité, avec une différence très hautement significative ($78\pm 11.94s$, $53.4\pm 5.98s$ respectivement; $p < 0,001$) en comparaison avec le témoin ($167.6\pm 11.46s$). L'effet de l'EPO (400 mg/kg) est comparable à celui du diazépam (G4) ($59.8\pm 9,98s$, $p < 0,001$), qui a montré une diminution très hautement significative du temps d'immobilité des rats.

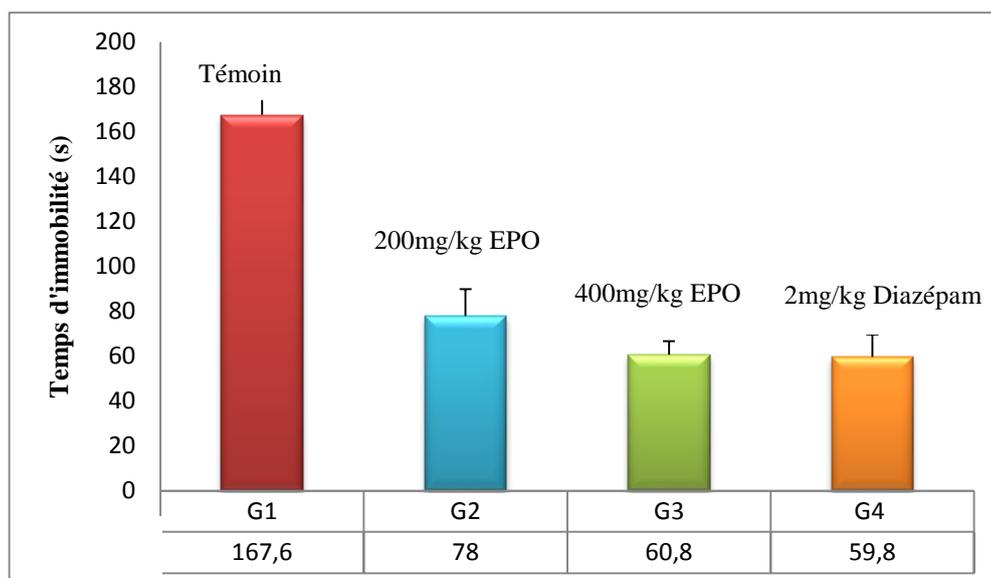


Figure 38 : Effet de l'EPO et du diazépam sur le temps d'immobilité des rats. *** P <0,001 par rapport au témoin. « Test Dunnet »

Le test Tukey (tableau 28) a montré que les rats des trois groupes (G2, G3 et G4) réagissent de la même façon aux traitements.

Tableau 28 : Temps d'immobilité des rats de (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4). *** P <0,001 par rapport au témoin \bar{x}_1 . « Test Tukey »

Variable	Moyennes des groupes				Nombre de traitement homogènes
Temps de l'immobilité (s)	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_4	\bar{x}_3	03
	<u>167.6</u>	<u>78</u>	<u>59.8</u>	<u>53.4</u>	

9.2.2 Analyse de l'ACTH (adrénocorticotropine)

La figure (39) représente l'effet de l'EPO et du diazépam sur l'hormone (ACTH) des rats (test Dunnet). Les sujets traités avec les doses de l'EPO (120.93 ± 18.32 pg/mg, 54.52 ± 16.77 pg/mg, $p < 0,001$) et ceux avec du diazépam (75.93 ± 17.11 pg/mg, $p < 0,001$), présentent des teneurs faibles en ACTH, avec une différence très hautement significative en comparaison avec le témoin (457.10 ± 29.14).

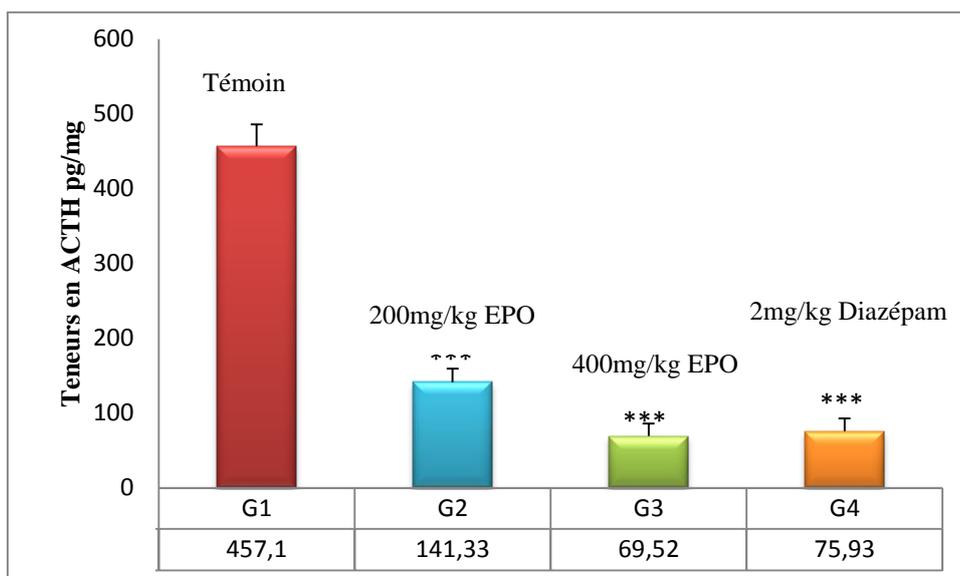


Figure 39 : Effets de l'EPO et du diazépam sur la teneur en ACTH (pg/ml) des rats. *** P <0,001 par rapport au témoin. « Test Dunnet »

Le test Tukey (tableau 29), a montré que les rats traités avec la dose 400mg/kg de l'EPO et ceux avec 2mg/kg de diazépam se comportent de la même manière aux traitements.

Tableau 29 : Homogénéité des teneurs en ACTH de (G1 \bar{x}_1), (G2 \bar{x}_2), (G3 \bar{x}_3) et (G4 \bar{x}_4)
*** P <0,001 par rapport au témoin « Test Tukey»

Variable	Moyennes des groupes				Nombre de traitement homogènes
	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_4	\bar{x}_3	
Teneur en ACTH (pg/ml)	<u>457.1</u>	<u>141.33</u>	<u>75.93</u>	<u>69.52</u>	02

9.2.3 Quantité de défécation

Le tableau (30) représente la quantité de défécation des rats estimée lors du test de la nage forcée. Les rats traités avec les doses de l'EPO (200 et 400 mg / kg) montrent une diminution de la quantité de défécation, avec une différence hautement significative ($1.200 \pm 1.117 \text{u/G}$, $0.800 \pm 0.627 \text{u/G}$ respectivement; $p < 0,01$) en comparaison avec le témoin ($4.600 \pm 3.0350 \text{u/G}$). De même, le traitement avec le diazépam ($0.600 \pm 0.533 \text{u/G}$, $p < 0,01$) a réduit significativement la défécation des rats du G4.

Tableau 30 : Quantité de défécation des rats. ** P <0,01 par rapport au témoin « Test Dunnet »

Lots	Défécation (u/G)
G1	4.600 ± 3.035
G2	1.200 ± 1.117**
G3	0.800 ± 0.627**
G4	0.600 ± 0.533**

9.2.4 Evaluation de l'état pondéral des organes des groupes de PO :

Les poids relatif des surrénales et du cerveau des quatre groupes sont exprimés en gramme chez les quatre groupes (G1, G2, G3 et G4) et sont rassemblés dans le (tableau 31).

Tableau 31: Variation du poids relatif des organes des groupes de PO (g/100g), " test Dunnet."

Organe (g/100g)	G1	G2	G3	G4
Glandes surrénales	0.017±0.0002	0.0160±0.0005 Ns	0.0144±0.0003 *	0.0135±0.0008 *
Cerveau	0.69±0.04	0.66±0.05 Ns	0.71±0.02 Ns	0.691± 0.052 Ns

Ns: non significatif. * P ≤ 0.05 ; ** p ≤ 0.01 ; *** p ≤ 0.001 par rapport au témoin.

➤ Discussion

Les résultats montrent que l'administration des doses de l'extrait de *Portulaca oleracea* L. a pu réduire la durée de l'immobilité au cours du test de la nage forcée. Par contre, l'immobilité des rats est significativement élevée chez le groupe témoin, ce qui indique qu'ils présentent un comportement de désespoir et de pression. Les rats sont considérés immobiles quand ils cessent toutes activités (Hammad et Bushra, 2015). L'augmentation du temps de l'immobilité est un indicateur de l'état dépressif de l'animal (Jeffrey et Herbert, 2012).

Une diminution du temps d'immobilité est enregistrée, principalement avec la dose 400mg/kg, ceci laisse supposer que l'extrait de la plante a pu relever l'état dépressif des rats. Des recherches ont montré que le *Portulaca oleracea* L. présente un intérêt nutritionnel en terme d'apport en acide alpha-linolénique ayant un impact positif dans le traitement de plusieurs maladies (Oliveira et al., 2009) tels que les rhumatismes, les maladies gynécologiques, et comme sédatif, analgésique et cardiotonique (Grubben et Denton., 2004).

On trouve de l'ALA en proportion importante dans des végétaux verts (Trautwein, 2001). Le chou, le cresson, les épinards, le persil, la laitue, le brocoli, le navet, les haricots, les pois ou pois cassés, le citron, l'orange et la pamplemousse... font partie de ces catégories de produits

végétaux présentant une teneur relative en ALA élevée. Les plantes produisent naturellement des acides gras oméga-3 en particulier de l'acide α -linoléique. On le retrouve accumulé dans les triglycérides des graines de certaines espèces telles que le colza, le soja et la noix. Les plus grandes quantités sont présentes dans l'huile de lin, de cameline et du pourpier (Overeem, 1999).

Cent grammes de feuilles de pourpier frais (environ 1 tasse) peuvent contenir jusqu'à 300 à 400mg d'acide alpha-linolénique (oméga-3) (Chowdhary et al., 2012). Les oméga-3 tels que l'acide docosahexaénoïque (DHA), l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide alpha-linolénique (ALA) sont essentiels pour la croissance des neurones et le développement chez les mammifères (Mazza, 2007 in Saraswati, 2014). Ces derniers pourraient exercer des effets antidépresseurs et donc une fonction neuronale normale (Laino et al., 2010). Les acides gras (oméga-3) sont essentiels pour les fonctions cérébrales en empêchant la recapture de la sérotonine (un neurotransmetteur permet de transmettre l'influe nerveux entre les neurones) (Andrew, 2002). De ce fait, la diminution du temps d'immobilité des rats du G2 et G3 pourrait être due à l'activité antidépressive des oméga-3 contenus dans l'extrait du pourpier. Ainsi, l'administration des différentes doses de l'extrait de *Portulaca oleracea* L., pourrait être capable de diminuer le temps d'immobilité et induire des effets antidépresseurs.

Le traitement par l'EPO 400mg/kg réduit significativement le taux d'ACTH dans le sang jusqu'à 69.52pg/ml, mais qui est beaucoup plus élevé chez les rats du groupe témoin (457.1pg/ml). Selon Dumont et Plancherel (2001), l'augmentation de l'ACTH dans le sang présente un signe de trouble dépressif. La dépression est associée à une hyperactivité de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA) qui implique d'abord l'activation des noyaux hypothalamiques et libèrent la corticolibérine (CRH) dans le sang. Cette dernière, stimule par la suite l'aire hypophysaire qui, par l'action de la glande pituitaire, va sécréter l'ACTH (l'hormone corticotrope). Cette hormone active et contrôle la libération des hormones des corticosurrénales notamment le cortisol (Peter, 2013). Les antidépresseurs déclenchent une commande contraire à celle provoquée par le stimulus initial en ordonnant l'inhibition de l'activité de l'hypothalamus et de l'hypophyse, et par conséquent, de la production de CRH et d'ACTH (Dumont et Plancherel, 2001). L'ensemble de ces résultats pourraient confirmer l'activité antidépressive de l'extrait de *Portulaca oleracea* L..

Le stress influence la plupart des fonctions digestives (contractions, sécrétion, sensibilité viscérale) par le biais de la libération de la CRH qui agit sur des récepteurs coliques. Le cerveau a un rôle déclenchant essentiel dans la défécation (Nelson, 2012). A cet effet, l'administration par voie orale des extraits de *Portulaca oleracea* L. aux rats pourrait être capable de diminuer la quantité de défécation et donc réduire le taux d'anxiété.

Les résultats montrent que la moyenne du poids relatif du cerveau des rats des quatre groupes G1, G2, G3 et G4 est similaire (0.69 ± 0.04 , 0.66 ± 0.05 , 0.71 ± 0.02 et 0.691 ± 0.052 , respectivement). L'analyse statistique a révélé une diminution significative du poids relatif des surrénales des rats traités par l'extrait de *Portulaca oleracea* L. et par le diazépam, (0.0160 ± 0.0005 , 0.0144 ± 0.0003 , 0.0135 ± 0.0008 , respectivement) par rapport au témoin (0.017 ± 0.0002). Ceci pourrait être dû au stress qui entraîne une sécrétion accrue de la CRH et provoque une hyper-sécrétion d'ACTH et de cortisol, et donc une hypertrophie des surrénales (Konne, 2012).

Conclusion :

Il faut souligner qu'une activité antidépressive réelle des extraits des deux plantes a été bien observée. Il pourrait être intéressant lors d'études ultérieures de réaliser les protocoles prescrits par les tradithérapeutes et les personnes interrogées et d'engager des tests comparatifs.

Conclusion générale

Conclusion générale

Peganum harmala L., est *Portulaca oleracea* L. sont des plantes médicinales très utilisées en médecine traditionnelle. Malgré leurs utilisations dans la région méditerranéenne et le Moyen-Orient, elles demeurent encore relativement peu utilisées en médecine conventionnelle.

L'enquête ethnobotanique réalisée au niveau de la région Djelfa, nous a permis de connaître l'usage fréquent des deux plantes par les populations rurales afin de remédier durablement aux nombreuses maladies et infections. Cette enquête a révélé plusieurs usages non décrits à ce jour dans la littérature comme l'utilisation d'un mélange des graines de *P. harmala* L. et les racines du jujubier, pour traiter la dystrophie ovarienne.

Après avoir récolté le matériel végétal des deux espèces (feuilles, tiges, graines, et fruits) à plusieurs stades de développement en termes de nature du sol, de climat ou de maturité des plantes. Nous avons effectué un screening phytochimique afin d'identifier la nature des principaux métabolites secondaires présents. Ainsi, nous avons identifié la présence d'alcaloïdes, de composés poly-phénolique (flavonoïdes, tanins), de stérols et terpènes, de saponosides, de composés réducteurs (coumarines). Ces composés possèdent pour la plupart des activités biologiques intéressantes qui justifieraient l'utilisation abondante et variée des deux espèces dans la médecine traditionnelle.

A l'issue du screening phytochimique, nous avons axé notre étude sur les alcaloïdes de *Peganum harmala* L. en réalisant les extraits d'alcaloïdes totaux de tous les organes, ainsi que les lipides totaux des organes de *Portulaca oleracea* L.. Les teneurs en alcaloïdes totaux de *Peganum harmala* L. sont plus importantes au stade de maturation des fruits et les graines semblent être l'organe le plus riche en alcaloïde. En outre, les teneurs en lipides totaux des organes de *Portulaca oleracea* L. sont plus élevées aux stades de végétation et de maturation des fruits. L'évaluation des teneurs en AT et LT des deux espèces, a révélé que leur variation dépend des paramètres climatiques (température humidité) et édaphiques (salinité, richesse en matière organique et en calcium).

Le suivi qualitatif et quantitatif par analyse chromatographique des organes des deux espèces végétales, durant plusieurs stades de développement a révélé que les teneurs de l'acide linoléique (oméga-3) de *Portulaca oleracea* L. varient en fonction des conditions climatiques et du stade de développement de la plante. C'est le stade végétatif qui manifeste une plus grande richesse en acide linoléique où les températures sont les plus basses.

Les teneurs en alcaloïdes de *Peganum harmala* L. varient d'un stade à un autre, mais qui sont en abondance au stade de maturation des fruits tels que : l'harmaline (55,631%) et l'harminine (91,775%).

Par ailleurs, la DL50 a permis de classer l'extrait de *Peganum harmala* L. (383.33mg/kg) dans la catégorie des substances modérément toxique et l'extrait de *Portulaca oleracea* L. (525mg/kg) comme substance légèrement toxique selon l'échelle de Hodge et Sterner.

Nous avons testé l'activité antidépressive de ces extraits sur les rats via un test comportementale «test de la nage forcée» et l'analyse de l'hormone ACTH. Les extraits 300mg/kg de *Peganum harmala* L. et 400mg/kg de *Portulaca oleracea* L., montrent une diminution du temps d'immobilité et du taux de l'ACTH des rats, avec une différence très hautement significative au groupe témoin.

Ces extraits présenteraient des avantages thérapeutiques dans le traitement de la dépression. Une réponse significative est notée avec une amélioration des comportements des animaux ayant reçu l'extrait de *Portulaca oleracea* L., de celui de *Peganum harmala* L. ceci pourrait témoigner de l'effet antidépressif de ces extraits.

Cette étude mériterait d'être poursuivie afin de répondre à des questions essentielles pour leur exploitation industrielle à savoir :

- Des essais culturaux à l'air libre des deux espèces et l'évaluation de leur capacité productive en principes actifs,
- Des tests d'applications des molécules étudiées (alcaloïdes indoliques et oméga-3) dans le domaine pharmaceutique,
- Etude approfondie sur la production des molécules d'intérêt médical telles que les β -carbolines et les omégas-3.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abbassi K, Mergaoui L, Atay Z, Stambouli A, Ghaout S**, 2003. Effets des extraits de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zool. baetica*, 13/14 : 203-217.
2. **Aboura R**, 2006. Comparaison phytoécologiques des atriplexaies situées au Nord et au sud de Tlemcen. Thèse de Magister en Ecologie Végétale, Université Abou baker Belkaid, Tlemcen, Algérie. 157p.
3. **Aberoumand A**, 2009. Nutritional Evaluation of edible *Portulaca oleracea* L. as plant food. *Food anal-methods*, 2: 204-207.
4. **Adams R**, 2001. Veterinary pharmacology and therapeutics. Ames, Iowa State University Press, 130 – 131.
5. **Adell A, Biggs TA, Myers RD**, 1996. Action of harman (1-methyl- β -carboline) on the brain: body temperature and in vivo efflux of 5-HT from hippocampus of the rat. *Neuropharmacology*, 35: 1101–1107.
6. **Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV**, 2013. Salt stress in plants: signalling, omics and adaptations. Springer, New York, 301p.
7. **Aimé S**, 1988. Aspects écologiques de la présence de quelques espèces steppiques (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, *Artemisia herba-alba*, *Noaea mucronata*) en Oranie littorale. *Biocénoses. Bull. Ecol. Terr.*, 3(12): 16-24
8. **Akobundu O**, 1989. Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. Agyakwa, ITAP 522p.
9. **Alario F**, 2011. Toutes les questions que vous vous posez sur votre cerveau. Oxford University Press, 366p.
10. **Alonso J, Angermeyer MC, Bernert S, Bruffaerts R, Brugha TS, Bryson H, de Girolamo G, Graaf R, Demyttenaere K, Gasquet I, Haro JM, Katz SJ, Kessler RC, Kovess V, Lepine JP, Ormel J, Polidori G, Russo LJ, et al.**, 2004. Results from the European study of the epidemiology of mental disorders (ESEMeD) project. *Acta Psychiatr Scand Suppl*, 420: 21-27.
11. **Andersen OM, Markham KR**, 2006. Flavonoids: chemistry biochemistry and application. CRC Press, Boca Raton, 1256p.
12. **Andrew LS**, 2002. The omega-3 connection: how you can restore your mental wellbeing and treat memory loss and depression. Simon and Schuster, New York, London, 304p.

13. **Aouadhi S**, 2010. Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle. Etude de 57 plantes recommandées par les herboristes. Mémoire de Master spécialisé en toxicologie, Faculté de médecine, Tunis, 191p.
14. **Aronson JA**, 1989. Haloph: A database of salt tolerance plants of the world. Office of Arid Land Studies, University of Arizona, Tucson, 77p.
15. **Ardle W, Katch V**, 2004. Nutrition et performances sportives. De Boeck Supérieur, 700p.
16. **Ashton AQ**, 2012. Mixed function oxygenases: ScholarlyBrief: advances in research and application. Scholarly, Georgia, Atlanta, 55p.
17. **Ashton AQ**, 2013, Terpenes, advances in research and application. Scholarly, 414p.
18. **Asgarpanah J, Ramezanloo F**, 2012. Chemistry, pharmacology and medicinal properties of *Peganum harmala* L. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6(22): 1573-1580.
19. **Atzei AD**, 2003. Le piante nella tradizione popolare della Sardegna. Sassari, C. Delfino, 595p.
20. **Audigie C, Zonszain F**, 1991. Biochimie structurale. Wolters Kluwer, France, 266p.
21. **Badiaga M**, 2011. Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia smith* une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de Doctorat en Chimie Organique, Mali.
22. **Baeckeroot F**, 2005. Influence des acides gras essentiels ou poly-insaturés (oméga-3 et oméga-6) sur l'évolution de l'insuffisance rénale chronique du chien. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Creteil, 131p.
23. **Baghiani A, Djarmouni M, Boumerfeg S, Trabsa H, Charef N, Khennouf S, Arrar L**, 2012. Xanthine oxidase inhibition and antioxidant effects *Peganum harmala* L. seed extracts. *European Journal of Medicinal Plants*, 1, 42-56.
24. **Bailey LH, Bailey EZ**, 1976. Hortus third: a concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. MacMillan, New York, 1290 p
25. **Belmaker RH, Agam G**, 2008. Major depressive disorder. *N Engl J Med*, 358: 55-68.
26. **Bellakhdar J**, 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle, médecine arabe ancienne et savoir populaires. Ibis press, Paris, 321p.
27. **Beloued A**, 2009. Plante médicinales d'Algérie. Masson, Elsevier Masson, Alger. 174p.

- 28. Benbott A, Bahri L, Boubendir, Yahia A**, 2013. Study of the chemical components of *Peganum harmala* and evaluation of acute toxicity of alkaloids extracted in the Wistar albino mice. *J. MATER. ENVIRON. SCI*, 4 (4): 558-565.
- 29. Benkhalfa F**, 2011. Etude phytochimique et histologique du *Datura stramonium* L.. Thèse de Master, Université de Blida, 53p.
- 30. Benhizia Z**, 1989. Contribution à l'étude d'une plante médicinale algérienne : *Datura stramonium* L. Thèse magister, Sci. Agr. Alger, 62 p.
- 31. Benzara A, Ben Abdelkrim A, Khalfi-Habes O**, 2011. Effets des extraits aqueux des graines de *Peganum harmala* L. (*zygophyllaceae*) sur les larves de 5^{ème} stade de *Locusta migratoria cinerascens* (fabricius, 1781). (orthoptera : oedipodinae). AFPP – neuvième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier.
- 32. Bermejo JEH, Leon J**, 1994. Cultures marginalisées 1492 : une autre perspective. Food & Agriculture Org, 354p.
- 33. Berge G, Diallo D, Hveem B**, 2005. Les plantes sauvages du Sahel malien: les stratégies d'adaptation à la sécheresse des Sahéliens. Paris, Karthala, 330 p.
- 34. Berto P, D'Ilario D, Ruffo P, Di Virgilio R, Rizzo F**, 2000. Depression: cost-of-illness studies in the international literature. *Journal of Mental Health Policy and Economics*, 3(1): 3-10.
- 35. Bosi G, Guarrera MP, Rinaldi R, Bandini M**, 2008. Ethnobotany of purslane (*Portulaca oleracea* L.) in Italy and morphobiometric analyses of seeds from archaeological sites in the Emilia Romagna Region (Northern Italy). University of Modena and Reggio Emilia, Plant and culture: seed of cultural heritage of Europe, 136p.
- 36. Boufaied H, Chouinard PY, Tremblay GF, Petit HV, Michaud R, Belanger G**, 2003. Fatty acids in forages. Factors affecting concentrations. *Canadian journal of Animal Science* 83: 501-511
- 37. Boukhatem MN, Hamaidi MS, Hakim Y, Saidi F**, 2010. Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). *Nature et technologie*, 3 : 37-45.
- 38. Boullard B**, 1997. Plantes and champignons: dictionnaire. De Boeck Secundair, 875p
- 39. Bourgeois Th**, 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique) - Amplitude d'habitat et degré d'infestation - Cycle de développement. Thèse USTL Montpellier II, Montpellier, France, 241p.

- 40. Bouziane N**, 2012. Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Thèse Magister en Sciences Agronomiques Ouregla, 72p.
- 41. Briffault X, Caria A, finkelstein C, Herique A, Terra JL, Wooley S**, 2007. La dépression en savoir plus pour en sortir. Ed Inpes. 92p
- 42. Bruneton J**. 1993. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Technique et Documentation Lavoisier, 915 p.
- 43. Bruneton J**, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Edit. TEC & DOC, 1120p.
- 44. Bruneton J**, 2009. Pharmacognosie, phytochimie, Plantes Médicinales. Paris, 4^{ème} Ed. Lavoisier, 1268p.
- 45. Burke HM, Davis MC, Otte C, Mohr DC**, 2005. Depression and cortisol responses to psychological stress: a meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 30: 846-856.
- 46. Bystritsky A, Kerwin L, Feusner JD**, 2008. Une étude pilote de *Rhodiola rosea* pour le trouble d'anxiété généralisée (TAG). *Journal de la médecine alternative et complémentaire*, 14 (2): 175-180.
- 47. Cao R, Peng W, Wang Z, Xu A**, 2007. Beta carboline alkaloids: biochemical and pharmacological functions. *Curr Med Chem*, 14: 479-500
- 48. Caspi A, Sugden K, Moffitt TE, Taylor A, Craig IW, Harrington H, McClay J, Mill J, Martin J, Braithwaite A, Poulton R**, 2003. Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science*, 301: 386-389.
- 49. Careri M, Bianchi F, Corradini C**, 2002. Recent advances in the application of mass spectrometry in food-related analysis. *Journal of Chromatography A*, 970 : 3-64.
- 50. Chemnet N**, 2013. Harmalol. Disponible en format (URL) sur le site: <http://www.chemnet.com/cas/en/525-57-5/HARMALOL.html>
- 51. Chen L, Dai J, Wang Z, Zhang H, Huang Y, Zhao Y**, 2014. Les effets antidépresseurs de ginseng saponines totales chez les souris mâles C57BL/6N en améliorant la phosphorylation inhibitrice de l'hippocampe de la GSK-3 β . *Phytother Res.*, 28(7): 1102-6.
- 52. Chesworth JM, Stuchbury T, Scaife JR**, 2012. An introduction to Agricultural Biochemistry. Springer Science and Business Media, New York, 512 p.

- 53. Chittaranjan K, Chandrashekhar PJ, David RS, 2012.** Handbook of Bioenergy Crop Plants. CRC Press, 874p.
- 54. Chopra IC, Abral BK, Handa KL, 1960.** Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique. UNESCO, 97p
- 55. Chowdhary CV, Meruva A, Naresh K, Kumar R, Elumalai A, 2012.** A review on phytochemical and pharmacological profile of *Portulaca oleracea* L. (PURSULANE). *IJRAP* 4: 34-37.
- 56. Claude Lotfi, 1967.** Contribution à l'étude du *Peganum harmala* L. (Hermel).Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université Saint-Joseph, Beyrouth, 74p.
- 57. Cougoul N, 1980.** La régulation endogène du métabolisme des alcaloïdes tropaniques chez *La Duboisia myoporoides* australien. These Doctorat, Université M. Curie, Paris, 122 p.
- 58. Consuelo PO, 2001.** La depression manuel à l'usage des déprimés et de leur entourage. Paris, publibook, 519p.
- 59. Couplan F, 2009.** Le régal végétal: plantes sauvages comestibles. Paris: Sang de la terre, 527p.
- 60. Cordell GA, 2010.** The Alkaloids: Chemistry and Biology. London, Burlington, Academic, 622p.
- 61. Cosson L, Chouard P, Paris R, 1966.** Influence de l'éclaircissement sur les variations ontogéniques de *Datura tatula*. *Lloydia* 29 (1) : 19 – 25.
- 62. Cosson L, Escudero Morales A, Cougoul N, 1978.** La régulation écophysiological du métabolisme alcaloïdes tropaniques (hyoscyamine et scopolamine). *Plant. Med. Phyt.*, 12 (4): 319–326.
- 63. Cronquist A, 1981.** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. 1753p.
- 64. Daniel P, Barbara OR, Kerry R, 2015.** Primer on anxiety disorders: translational perspectives on diagnosis and treatment. Oxford university press, Oxford, New York, 407p.
- 65. Dagnelie P, 2007.** Statistique théorique et appliquée. Université de Boeck et Larcier, 734p.

- 66. Davood F, Nazanin M**, 2006. Antidepressant-like effect of harmaline and other B-carbolines in the mouse forced swim test. *European Neuropsychopharmacology* 16, 324-328.
- 67. Darabpour E, Poshtkouhian Bavi A, Motamedi H, Seyyed Nejad SM**, 2011. Antibacterial activity of different parts of *Peganum harmala* L. growing in Iran against multi-drug resistant bacteria. *Excl. J.*, 10: 252-263.
- 68. Debry G**, 1993. Le Café et la santé. Montrouge, France: John LibbeyEurotext, 555p.
- 69. Delini-Stula A, Lorenz J, Holsboer-Trachsler E**, 2002. Antidépresseurs végétaux. *Med Suisse*, 2(48): 1146-1154.
- 70. Derek BJ, Michael B, Halmer P**, 2005. The encyclopedia of seeds: science, technology and uses. CABI, Wallingford, 679p.
- 71. Djedioui A**, 2009. Evaluation de l'activité hypoglycémisante et antihyperglycémisante de l'extrait aqueux d'*Inula viscosa* ; une plante de l'Est Algérien chez le rat avec un diabète induit. Thèse magister, Université d'Annaba, 55p.
- 72. Diallo FB, Begin D, Gerin M**, 2010. La substitution : Solvant par des esters méthyliques d'acides gras d'huiles végétales. *Substances chimiques et agents biologiques*, Rapport B-079, 90p.
- 73. Dolecek TA**, 1992. Epidemiologic evidence of relationships between dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 200:177-182.
- 74. Dräger B**, 2002. Analysis of tropane and related alkaloids. *Journal of Chromatography*, 978: 1-35
- 75. Dragstedt A, Lang B**, 1957. Etude de la toxicité par administration unique d'un nouveau médicament. *Annales Pharmaceutiques françaises*, 11p.
- 76. Dymock C, Warden CJH, Hooper D**, 1976. Pharmacographica Indica – A history of the principal drugs of vegetable origin. Bishen Singh Mahindra Pal Singh, Dehra Dun, 274p.
- 77. Dweck AC**, 2001. Purslane (*Portulaca oleracea*), the global panacea. *Personal Care Magazine*, 2 (4): 7-15.
- 78. ElAallaoui A, Rhazi Filali F, Oumokhtar B, Ibijbijen J**, 2011. Evaluation de la toxicité aiguë du colorant (rhodamine b) utilisé dans la fabrication des saucisses traditionnelles dans la ville de Meknes au Maroc. *Science Lib*, 3: 1-15.

- 79. Etiévant A, 2012.** Stimulation du cortex préfrontal: Mécanismes neurobiologiques de son effet antidépresseur. Thèse de doctorat, Lyon, 222 p
- 80. Farouk L, Laroubi A, Aboufatima R, Benharref A, Chait A, 2007.** Evaluation of the analgesic effect of alkaloid extract of *Peganum harmala* L.: Possible mechanisms involved. *Journal of Ethnopharmacology*, 115: 449–454.
- 81. Farouk L, Laroubi A, Aboufatima R, Benharref A, Chait A. 2009.** Study on antinociceptive activity of different extracts of *Peganum harmala* L. and possible mechanism of action. *Iranian Journal of Pharmacology & Therapeutics*, 8: 29-35.
- 82. Farzin D, Mansouri N, 2005.** Antidepressant-like effect of harmaline and other B-carbolines in the mouse forced swim test. *European Neuropsychopharmacology*, 16: 324-328
- 83. Feighner JP, 1999.** Mechanism of action of antidepressant medications. *J Clin Psychiatry 60 Suppl*, 4: 4-11.
- 84. Fenton WS, 2000.** Evolving perspectives on individual psychotherapy for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 26: 47-72.
- 85. Foster CO, 1980.** Purslane *Portulaca oleracea*. Herb-Q. Wilmington, Vt., Uphill Press. Autumn 2: 7-22.
- 86. Frank CLU, 1992.** Toxicologie, Données générales, procédures d'évaluation, organes cibles, évaluation du risque. Paris, 202p.
- 87. Frenot M, Vierling É, 2002.** Biochimie des aliments: diététique du sujet bien portant. Wolters Kluwer France, 297p.
- 88. Frye A, Haustein C, 2007.** Extraction, identification, and quantification of Harmala alkaloids in three species of Passiflora. *American Journal of Undergraduate Research*, 6: 19-26.
- 89. Gallino B, 2001.** Aggiornamento Phytoalimurgia Pedemontana, in O. Mattiolo Phytoalimurgia Pedemontana. Peveragno, Blu, 232p.
- 90. Garrett RH, Grisham CM, 2000.** Biochimie. Paris, De Boeck Université, 1292 p.
- 91. Ghedira K, Goetz P, 2013.** *Passiflora incarnata* L.: la passiflore officinale (*Passifloraceae*). *Phytothérapie*, 11: 252-257
- 92. Goel N, Singh N, Saini R, 2009.** Efficace dans la multiplication in vitro de la rue syrienne (*Peganum harmala* L.) en utilisant 6-benzylaminopurine pré-conditionnés explants de semis. *Nat Sci*, 7 (7), 129-34.
- 93. Goetz P, 2010.** Phytothérapie de la dépression. *Phytothérapie*, 8: 245–8

- 94. Gontier E, Gougeon S, Guillot X, Thomasset B, Méjean L, Trân TLM, Bourgaud F**, 2004. Les plantes, sources d'acides gras essentiels oméga-3. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 11 (2) : 106-11.
- 95. Gourley SL, Wu FJ, Kiraly DD, Ploski JE, Kedves AT, Duman RS, Taylor JR**, 2008. Regionally specific regulation of ERK MAP kinase in a model of antidepressant-sensitive chronic depression. *Biol Psychiatry*, 63: 353-359.
- 96. Gorman M**, 1988. Purslane goes American. *Org.Gard*, 35 (6): 68-69.
- 97. Gorwood P**, 2009. Severe depression: genes and the environment. *Encephale*, 35 (7): 306-309.**Gotlib IH, Joormann J**, 2010. Cognition and depression: current status and future directions. *Annu Rev Clin Psychol*, 6: 285-312.
- 98. Greenberg PE, Kessler RC, Birnbaum HG, Leong SA, Lowe SW, Berglund PA, Corey-Lisle PK**, 2003. The economic burden of depression in the United States: how did it change between 1990 and 2000? *Journal of Clinical Psychiatry*, 64: 1465-1475.
- 99. Grubben GJH, Denton OA**, 2004. Légumes. Wageningen, Fondation PROTA, 737p.
- 100. Gupta BD, Banerjee SK, Handa KL**, 1976. Alkaloids and coumarins of *Heracleum wallichii*. *Phytochemistry*, 15: 576-578.
- 101. Gutterman Y**, 1974. The influence of the photoperiodic regime and red-far red light treatments of *Portulaca oleracea* L. plants on the germinability of their seeds. *Oecologia*, 17: 27-38. Ici
- 102. Hammiche V, Merad R**, 1997. *Peganum harmala* L.. (PIM 402F, French) – ipcs inchem, disponible en format (URL) sur le site: <http://www.inchem.org/documents/pims/plant/pim402fr.htm>
- 103. Hayes AW, Kruger CL**, 2014. Hayes principles and methods of toxicology. CRC Press, London, 967p.
- 104. Hammad I, Bushra M**, 2015. Evaluation of analgesic, anti-inflammatory, anti-depressant and anti-coagulant properties of *Lactuca sativa* (CV. Grand Rapids) plant tissues and cell suspension in rats. *BMC Complement Altern Med* 15: 199
- 105. Häflinger E, Brun-Holl J**, 1981. Tavole delle malerbe. Basil, CIBA-GEIGY, 623p
- 106. Harborne JB**, 1998. Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis. Chapman et Hall Thomson Science (UK), 234p
- 107. Hassan FU, Ali H, Cheema MA, Man A**, 2005. Effects of environmental variation on oil content and fatty acid composition of canola cultivars. *J. Res. Sci.* 16: 65-72.

- 108. Haudricourt AG, Hedin L**, 1993. L'uomo e le piante coltivate. Palermo, Flaccovio, 228p.
- 109. Hodge HC, Sterner JH**, 1943. Determination of substances acute toxicity by LDB50B. *Amer. Industrial Hyg. Assoc.* 10: 93
- 110. Holm LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP**, 1977. The world's worst weeds: Distribution and biology. East-West Center, University Press of Hawaii, Honolulu.
- 111. Holmes HL**, 1990. Alkaloids: chemistry and pharmacology. San Diego, Academic Press, 512p
- 112. Hopen HJ**, 1972. Growth of common purslane as influencing control and importance as a weed. *Weed Sci.*, 20:20–23.
- 113. Hopkins W**, 2003. Physiologie végétale. Bruxelles, De Boeck. 532 p.
- 114. Hongbin Z, Yuzhi W, Yuxuan L, Yalin X, Tian T**, 2010. Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV- Vis Spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies. *Food anal. Methods*, 3: 90-97
- 115. Houmani Z**, 1999. Quelques plantes algériennes à alcaloïdes tropaniques, effets du stress salin et hydrique sur la production d'alcaloïdes variation de leurs teneurs au cours du stockage. Thèse doctorat, Sci. Agr. Alger, 86 p.
- 116. Houmani Z, Cosson L, Corbineau F, Come D**, 1994. Etude de la teneur en hyoscyamine et scopolamine d'une population sauvage de *Datura stramonium* L. en Algérie. *Acta bot. Gallica*, 141 (1): 61 – 66.
- 117. Ian PS**, 2010. Encyclopedia of Psychopharmacology. Springer, Berlin, London, 1392 p.
- 118. Idrissi Hassani LM, Hermas J**, 2008. Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. baetica*: 19, 71-84.
- 119. Ikegami F, Sumino M, Fujii Y**, 2006. Pharmacology and toxicology of *Bupleurum* root- containing Kampo medicines in clinical use. *Hum.Exp.Toxicol*, 25: 481-494.
- 120. Ingale AG, Hivrale AU**, 2010. Pharmacological studies of *Passiflora* sp. and their bioactive compounds. *African Journal of Plant Science*, 4(10): 417-426.
- 121. Jahandiez E, Maire R**, 1932. Catalogues des plantes du Maroc: Vol. II Minerva, Alger. 557 pp.

- 122. JD (Journal djazaïress)**, 2016. L'industrie algérienne en force. Disponible en format (URL) sur le site: <http://www.djazaïress.com/fr/lnr/251125>
- 123. Jeffrey LN, Herbert HJ, 2012.** Jasper's basic mechanisms of the epilepsies. Oxford University Press, New York, 953p.
- 124. Jérôme B, André G, Dominique J, 2009.** Stimulation magnétique transcrânienne: principes et applications en psychiatrie. Marseille, Collection Psychopathologie, Groupe de Boeck, 282p.
- 125. Jérôme P, 2012.** Aidez vos proches à surmonter la dépression. Mon petit éditeur, France, 147p.
- 126. Jones BS, Luchsinger EA, 1987.** Plant Systematics. New York: McGraw-Hill Book Company, 512p
- 127. Kapahi BK, Sarin YK, 1978.** Natural factors governing the growth and alkaloid in *Datura innoxia* Mill. *Indian J. Pharm*, 7: 14 – 15.
- 128. Kar Ashutosh, 2003.** Pharmacognosy and Pharmacobiotechnology. New Delhi, New Age International, 900p.
- 129. Keys JD, 1976.** Chinese Herbs: Their Botanical Chemistry and Pharmacodynamics. E.Tuttle Co., Tutland, VT, USA, 374p.
- 130. Kessler RC, Berglund P, Demler O, Jin R, Merikangas KR, Walters EE, 2005.** Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Arch Gen Psychiatry*, 62:593-602.
- 131. Kevin RG, 2008.** The Science of Dune: An Unauthorized Exploration into the Real Science Behind Frank Herbert's Fictional Universe. Dallas, TX, BenBella Books, 232p
- 132. Khansari DN, Murgo AJ, Faith RE, 1990.** Effects of stress on the immune system. *Immunol Today*, 11: 170–175
- 133. Kitamura Y, Yamashita R, Miura H, Watanabe M, 1993.** Phloem transport of tropane and pyridine alkaloids in *Duboisia myoporoides*. *Journal of Plant Physiology*, 142: 635-637.
- 134. Kovadevii J, Bukovac P, 1974.** The weed flora of tobacco fields in the Drava River valley. *Agron. Glasnik*, 36: 419-426.
- 135. Konne C, 2012.** La dépression : physiopathologie, prise en charge, rôle du pharmacien d'officine dans le suivi du patient dépressif. Thèse de doctorat, Université de lorraine, 105 p.

- 136. Koyuncu O, Öztürk D, Potoğlu Erkara I, Kaplan A,** 2008. Anatomical and palynological studies on economically important *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*). *Biological Diversity and Conservation*, 1 (1): 108-115
- 137. Kumar BS, Prabhakarn A, Lakshman V, Nandeesh K, Subramanyam R, Khan P, Ranganayakalu S, Krishna D,** 2008. Pharmacognostical studies of *Portulaca oleracea* Linn. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 18(4): 527-531.
- 138. Kumar A, Sharama A, Shingh AK, Virmani OP,** 1984. Cultivation *Hyoscyamus* as source of tropan alkaloids. *A review Cromap*, 6 (4): 195 – 211.
- 139. Kumar MPR., Joshi SD, Kulkarni VH, Savant C,** 2015. Phytochemical screening and evaluation of analgesic, anti-inflammatory activities of *Peganum harmala* Linn., seeds in rodents. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(5): 52-55.
- 140. Kurian A, Sankar MA,** 2007. Medicinal Plants. New India Publishing Agency, New Delhi, 72 p.
- 141. Lacoste S,** 2014. Ma bible de la phytothérapie: Le guide de référence pour se soigner avec les plantes. Leducs, 648p
- 142. Laino CH, Fonseca C, Sterin-Speziale N, Slobodianik N, Reinés A,** 2010. Potentiation of omega-3 fatty acid antidepressant-like effects with low non-antidepressant doses of fluoxetine and mirtazapine. *European journal of pharmacology*, 648: 117–26.
- 143. Lakhdar Ezzine DJ, Houmani Z,** 2007. Evaluation de la composition en alcaloïdes tropaniques chez *Datura ferox* et *Datura innoxia* poussant a l'état sauvage. *Jam*, 15 (1/2) : 31-35.
- 144. Lamchouri F, Settaf A, Cherrah Y, El Hamidi M, Tligui NS, Lyoussi B, Hassar Mn** 2002. Experimental toxicity of *Peganum harmala* seeds. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 60: 123-129.
- 145. Lamendin H,** 2007. Soignez votre bouche par les plantes: Remèdes d'hier et d'aujourd'hui. L'Harmattan, 213p **Lim TK,** 2013. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. New York, Springer, 1022p.
- 146. Lapointe G,** 2004. Notions de Toxicologie. Commission de la santé et de la sécurité du travail. Québec, Canada, 67p.

- 147. Lavergne**, 2013. Zygothylacées. Disponible en format (URL) sur le site: <http://www.universalis.fr/encyclopedie/zygothylacees>
- 148. Le Bourgeois T, Merlier H**, 1995. Adventrop: les adventicés d'Afrique soudano-sahélienne. Montpellier, CIRAD-CA, 640 p.
- 149. Leger A**, 2010. Analyse fonctionnelle d'AtMYB30, un régulateur transcriptionnel impliqué dans la mort cellulaire hypersensible chez *Arabidopsis thaliana*. Université de Toulouse. Thèse de doctorat, 200p.
- 150. Lemmens R**, 2006. *Cerbera manghas* L. *Prota* 11 (1) : 15-27.
- 151. Leung AY, Foster S**, 1996. Encyclopedia of Common Natural Ingredients used in food, drugs and cosmetics. Hoboken, John Wiley, 688p.
- 152. Lim YY, Quah EPL**, 2007. Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea* L.. *Food Chemistry*, 103: 734-740.
- 153. Lindon G, Lorient D**, 1994. Biochimie agro-indusrielle. Masson, Paris, 360 p.
- 154. Logas D, Beale KM, Bauer JE**, 1991. Potential clinical benefits of dietary supplementation with marine-life oil. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 199: 1631–1636.
- 155. Louis C, Cohen C, Depoortere R, Griebel G**, 2006. Antidepressant-like effects of the corticotropinreleasing factor 1 receptor antagonist, SSR125543, and the vasopressin 1b receptor antagonist, SSR149415, in a DRL-72 s schedule in the rat. *Neuropsychopharmacology*, 31: 2180-2187.
- 156. Lucas M**, 2008. Effets d'une supplémentation en acides gras oméga-3 enrichie en éthyle-acide eicosapentanoïque sur la détresse psychologique, les symptômes dépressifs et vasomoteurs chez des femmes d'âge moyen : un essai comparatif randomisé à double insu contrôlé par placebo. Thèse doctorat, Université laval Québec, 343p.
- 157. Lucyna AM, Hans R**, 2012. Isoquinolines and Beta-Carbolines as Neurotoxins and Neuroprotectants: New Vistas in Parkinson's Disease Therapy. New York, Springer, 178 p.
- 158. Madjene A, Madani F**, 2010. Contribution à la mise en évidence de L'effet anti-inflammatoire et analgésique de l'huile essentielle des feuilles et du péricarpe du fruit

du citron. Thèse d'ingénieur en biotechnologie végétale, Université de Blida, Algérie, 69p.

- 159. Mahmoudian M, Jalilpour H, Salehian P**, 2002. Toxicity of *Peganum harmala*: Review and a Case Report. *Iranian Journal Of Pharmacology & Therapeutics*, 1(1): 1-4.
- 160. Manta S**, 2012. Effets neurophysiologiques de la stimulation du nerf vague : implication dans le traitement de la dépression résistante et optimisation des paramètres de stimulation. Thèse doctorat en sciences neurologiques, Université de Montréal, Canada.
- 161. Mcdonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA**, 1995. Animal nutrition. Longman Group Ltd, London, 607p.
- 162. Maire R**, 1933. Études sur la flore et la végétation du Sahara central, Vol 1 et 2 Impr. La Typo-litho, 272p
- 163. Mars Brigitte**, 2009. The Desktop Guide to Herbal Medicine. Publisher ReadHowYouWant, 492 p.
- 164. Mazza M, Pomponi M, Janiri L, Bria P, Mazza S**, 2007. Omega-3 fatty acids and antioxidants in neurological and psychiatric diseases: an overview. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 31: 1226.
- 165. Medjdoub H**, 2006. Etude Phytochimique et Activité Biologique de *Zygophyllum geslini* Coss. Mémoire de Magister en Biologie, Université Abou Bekr Belkaid Telemcen, 108p.
- 166. Merali Z, Du L, Hrdina P, Palkovits M, Faludi G, Poulter MO, Anisman H**, 2004. Dysregulation in the suicide brain: mRNA expression of corticotropin-releasing hormone receptors and GABA (A) receptor subunits in frontal cortical brain region. *J Neurosci* 24:1478-1485.
- 167. Mercier L**, 2012. Vécu de l'hospitalisation chez les patients dépressifs. *Etudes et Pratiques en Psychologie*, 1: 62-73
- 168. Michelle D, Bernard P**, 2001. Stress et adaptation chez l'enfant. Presse de l'Université du Québec, 201 p
- 169. Miller PM**, 2013. Principles of addiction: comprehensive addictive fv behaviors and disorders. San Diego, Academic Press, 960p.

- 170. Mirzaie M, Nosratabadi SJ, Derakhshanfar A, Sharifi I**, 2007. Antileishmanial activity of *Peganum harmala* extract on the in vitro growth of *Leishmania major* promastigotes in comparison to a trivalent antimony drug. *Vet. Arhiv*, 77(4), 365- 375.
- 171. Miyanishi K, Cavers PB**, 1980. The biology of Canadian weeds. *Portulaca oleracea* L. *Can. J. Plant Sci.* 60: 953-963
- 172. Moussaoui H**, 2013. Contribution à l'étude diachronique des Atriplexaies au Nord de Tlemcen. Thèse de magister, Université de Tlemcen.
- 173. Muhi-eldeen Z, Al-Shamma KJ, Al-Hussainy TM, Al- Kaissi EN, Al-Daraji AM, Ibrahim H**, 2008. Acute Toxicological Studies on the Extract of Iraqi *Peganum Harmala* in Rats. *European Journal of Scientific Research*, 22: 494-500.
- 174. Nedjimi B, Guit B**, 2012. Les steppes algeriennes : causes de desequilibre. *Revue*, 2 (2): 50–61.
- 175. Nelson C**, 2012. Epigenetic principles of evolution. Elsevier, London, 804p.
- 176. Nenaah G**, 2010. Antibacterial and antifungal activities of (beta)-carboline alkaloids of *Peganum harmala* L. seeds and their combination effects. *Fitoterapia*, 81: 779-782.
- 177. Netscher T**, 2007. Synthesis of Vitamin E. *Vitamins & Hormones*, 76: 155-202
- 178. Nestler EJ, Barrot M, DiLeone RJ, Eisch AJ, Gold SJ, Monteggia LM**, 2002. Neurobiology of depression. *Neuron*, 34: 13-25.
- 179. Noguchi K, Nakayama K, Ban CD**, 1975. Studies on ecological characteristics of common purslane [*Portulaca oleracea*]. *J.Cent.Agric.Exp.Stn.Konosu*, 22: 179-202.
- 180. Norell S, Ahlbom A, Feychling M, Pedersen NL**, 1986. Fish consumption and mortality from coronary heart disease. *Br Med J*, 293:426.
- 181. Oliveira I, Valentão P, Lopes R, Bento A**, 2009. Phytochemical characterization and radical scavenging activity of *Portulaca oleraceae* L. leaves and stems. *Microchemical Journal*, 92, 129–134.
- 182. Omid H, Tahmasebi, Z, Badi HAN, Torabi H, Miransari M**, 2010. Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. *C. R. Biol.* 33: 248-254.
- 183. OMS (Organisation mondiale de la santé)**, 2012. Mental Health - Depression. Disponible en format (URL) sur le site:
http://www.who.int/mental_health/management/depression/definition/en/.

- 184. Onemli F**, 2014. Fatty acid content of seed at different development stages in canola on different soil types with low organic matter. *Plant Production Science*, 17 (3) : 253-259.
- 185. Overeem A, Buisman GJH, Derksen JTP**, 1999. Seed oils rich in linolenic acid as renewable feedstock for environment-friendly crosslinkers in powder coatings. *Industrial Crop and Products*, 10: 157-65.
- 186. Ozenda P**, 1977. Flore du Sahara. CNRS, 322p
- 187. Pavlides C, Watanabe Y, Magarinos AM, McEwen BS**, 1995. Opposing roles of type I and type II adrenal steroid receptors in hippocampal long-term potentiation. *Neuroscience* 68: 387-394.
- 188. Parker KJ, Schatzberg AF, Lyons DM**, 2003. Neuroendocrine aspects of hypercortisolism in major depression. *Horm Behav* 43: 60-66.
- 189. Paris R, Moysse H**, 1981. Matière Médicale. Masson, Paris, 292 p.
- 190. Parsons WT, Cuthbertson EG**, 1992. Noxious Weeds of Australia. Inkata Press, Melbourne, 692p.
- 191. Paterson RRM**, 2006. A therapeutic fungal biofactory. *Phytochemistry*, 67: 1985-2001.
- 192. Peet M**, 2003. L'acide eicosapentaénoïque dans le traitement de la schizophrénie et la dépression: raison d'être et les résultats préliminaires cliniques en double aveugle essai. *Leukot Acides gras Essent prostaglandins*, 69 (6): 477-85.
- 193. Peter MM**, 2013. Principles of Addiction: Comprehensive Addictive Behaviors and Disorders. Academic Press, San Diego, 958 p
- 194. Pfau W, Skog K**, 2004. exposure to β -carbolinenorharman and harman. *Journal of chromatography B*, 802: 115-126.
- 195. Pritchard FM, Norton RM, Eagles HA**, 2000. The effect of environment on Victorian canola quality. *Australian Journal of experimental Agriculture*, 40: 679-685
- 196. Prashanth D, John S**, 1999. Antibacterial activity of *Peganum harmala* L. *Fitoterapia*, 70: 438-439.
- 197. Preedy VR, Watson RR, Patel VB**, 2011. Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention. Academic Press, 1226p.
- 198. Prut L, Belzung**, 2003. The open field as a paradigm to measure the effects of drugs on anxiety-like behaviors. *Eur. J. Pharmacol.* 463 (1-3): 3-33

- 199. Pickard JD, Akalan N, Di Rocco C, Dolenc VV, Lobo Antunes J, Mooij JJA, Schramm J, Sindou M, 2009.** Advances and technical standards in neurosurgery. Springer Science & Business Media, 209p.
- 200. Poisson JE, 2009.** Alcaloïdes. Encyclopædia Universalis [en ligne]. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/alcaloïdes/>
- 201. Psychonaut, 2006.** Conseil culture *Peganum harmala* L. Disponible en format (URL) sur le site: <http://www.psychonaut.com/salon-annonces-generales/23382-conseil-culture.html>
- 202. Quezel P, Santa C, 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris. Du C.N.R.S, 1170p
- 203. Quezel P, Santa S, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. du CNRS, 600p.
- 204. Rath BP, Pradhan D, 2012.** Antidepressant Activity of *Linum usitatissimum* Extract. *International Journal of Pharmacognostic and Phytochemical Research*, 1(2): 29-32.
- 205. Rahimi-Moghaddam P, Ebrahimi SA, Ourmazdi H, Selseleh M, Karjalian M, Haj-Hassani G, Alimohammadian MH, Mahmoudian M, Shafiei M, 2011.** In vitro and in vivo activities of *Peganum harmala* L. extract against *Leishmania major*. *J Res Med Sci*, 16(8): 1032-1039.
- 206. Raison CL, Miller AH, 2003.** When not enough is too much: the role of insufficient glucocorticoid signaling in the pathophysiology of stress-related disorders. *Am J Psychiatry* 160:1554-1565.
- 207. Ramos F, Sennfelt J, Amaral MJ, Valente P, 1996.** Economia da saúde e saúde mental: Os custos da depressão. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 14: 53-68.
- 208. Reaume, T., 2009.** 620 Wild Plants of North America: Fully Illustrated. CPRC Press. P 784.
- 209. Reinhart GA, 1996.** Review of Omega 3- fatty acid and dietary influences on tissue concentrations. Recent Advances in Canine and Feline Nutritional. Research. Proc, Int. Nutr. Symp. Iams. 244p.
- 210. Risch N, Herrell R, Lehner T, Liang KY, Eaves L, Hoh J, Griem A, Kovacs M, Ott J, Merikangas KR, 2009.** Interaction between the serotonin transporter gene (5-HTTLPR), stressful life events, and risk of depression: a meta-analysis. *Jama*, 301: 2462-2471.

- 211. Roberts MF, Wink M**, 1999. Alkaloids - Biochemistry, Ecology, and Medicinal Applications. Book Reviews / *Phytochemistry*, 52: 1177 – 1180.
- 212. Robert M**, 2004. Actions contre la dépression. *Direction général Santé et protection des consommateurs- Communautés européennes*. Disponible en format (PDF) sur le site:
http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/life_style/mental/docs/depression_fr.pdf
- 213. Roché C**, 1991. African rue (*Peganum harmala* L.). In Weeds, A Pacific Northwest Extension Publication, Washington State University Cooperative Extension, Oregon State University Extension Service, University of Idaho Cooperative Extension System, USDA, PNW369.
- 214. Roussel M**, 2003. Millepertuis antidépresseur naturel: tout sur la plante qui concurrence les antidépresseurs. Monaco, Alpen, 94 p.
- 215. Rosenbaum JF, Hylan TR**, 1999. Costs of depressive disorders. *Depressive Disorders*, 21: 401-449.
- 216. Saad B, Said O**, 2011. Greco-Arab and islamic herbal medicine: traditional system, ethics, safety, efficacy, and regulatory issues. John Wiley & Sons, 568p
- 217. Sallstrom-Baum S, Hill R, Rommelspacher H**, 1996. Harman-Induced changes of extracellular concentrations of neurotransmitters in the nucleus accumbens of rats. *Eur.J.Pharmacol.* 314: 75–82.
- 218. Saraswati Y, Mitha KV, Mamatha TS, Santhosh M, Ganaraja B**, 2014. Beneficial effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acids on neurosensorial impairments and oxidative status in Streptozotocin induced diabetic rats. *Indian J physiol Pharmacol*, 58 (4), 346-353.
- 219. Sassoui D**, 2011. Contribution à l'étude du genre *Hyoscyamus* en Algérie. Thèse de Master, Université de Blida, 65p.
- 220. Schoch WH, Pawlik B, Schaveigruber FH**. 1988. Botanische Makroreste. Berne, Paul Haupt, 653p.
- 221. Schweitzer-Stenner R, Uversky V**, 2012. Peptide Folding, Misfolding, and Nonfolding. Hoboken. John Wiley & Sons, 500p.
- 222. Sekini A**, 2011. Etude phytochimique et histologique du *Datura innoxia* M. Thèse de Master, Université de Blida, 56p.
- 223. Sergei B, Valya B**, 2008. Fresh: the ultimate live-food cookbook. Berkeley, CA, North Atlantic Books, 216p.

- 224. Shekelle RB, Missell L, Paul O, Shryock AM, Stamler J**, 1985. Fish consumption and mortality from coronary heart disease. *N Eng J Med*, 313:820.
- 225. Simopoulos AP**, 1996. Epidemiological aspects of omega-3 fatty acids in disease states. Omega-3 fatty acids part II. Handbook of Lipids in Human Nutrition. CRC Press Inc, 448p
- 226. Simopoulos AP, Robinson J**, 1998. The Omega plan. New York, Harper Collins, 1-55.
- 227. Solfo RR**, 1973. Etude d'une plante médicinale malgache *Buxus madagascariensis* Bail et ses variétés. O.R.S.T.O.M.
- 228. Sökmen A**, 2001. Antiviral and cytotoxic activities of extracts from the cell cultures and respective parts of some Turkish Medicinal Plants. *Turk J Biol*, 25: 343-350.
- 229. Stahl SM**, 2000. Blue genes and the monoamine hypothesis of depression. *J Clin Psychiatry*, 61:77-78.
- 230. Stora D**, 2010. Pharmacologie BP. Wolters Kluwer France, 425p.
- 231. Tahraoui A, Israili ZH, Lyoussi B**, 2010. Acute and sub-chronic toxicity of a lyophilised aqueous extract of *Centaurium erythraea* in rodents. *Journal of Ethnopharmacology*, 132: 48-55.
- 232. Tahri N, Rhalem N, Soulaymani R**, 2004. L'intoxication au Harmel, *Peganum harmala*. *Esperance Med*, 10(5) :1-6
- 233. Tammaro F**, 1984. Flora officinale d'Abruzzo Chieti. Regione Abruzzo, 362p.
- 234. Toufexis D, Hammack SE, Triggle DJ**, 2006. Anti-anxiety drugs. New York, Chelsea House Publishers, 124p.
- 235. Trautwein EA**, 2001. N-3 fatty acids – physiological and technical aspects for their use in food. *Eur J Lipid Sci Technol*, 103: 45-55.
- 236. Tutin TG**, 1993. Flora Europaea. Cambridge, England, Cambridge University Press, 629p.
- 237. Valdez GR**, 2009. CRF receptors as a potential target in the development of novel pharmacotherapies for depression. *Curr Pharm Des*, 15:1587-1594.
- 238. Vengris J, Dunn S, Stacewicz-Sapuncakis M**, 1972. Life history studies as related to weed control in the northeast. Res. Bull. Agric. Exp. Sta. University of Massachusetts, 44 p.
- 239. Verma VC, Gange AC**, 2014. Advances in endophytic research. Springer, New Delhi, 345p.

- 240. Wang J, Mazza G**, 2002. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IF N-Y activates Raw 264.7 Macrophages. *J Agric. Food chem.* 50: 4183–4189.
- 241. Ware S**, 1967. A new *Talinum* (*Portulacaceae*) from the cedar glades of middle Tennessee. *Rhodora*, 69: 466–475.
- 242. Watson RR, Patel VB, Preedy VR**, 2011. Nuts and seeds in health and disease prevention. Elsevier, Burlington, 597p.
- 243. Watson RR, Meester F**, 2014. Omega-3 Fatty Acids in Brain and Neurological Health. London, Elsevier, 496 p.
- 244. Wijsekera ROB**, 1991. The Medicinal Plant Industry. CRC Press, 280p.
- 245. Williams MM**, 1997. Foods: Experimental perspectives. Pub. New Jersey (US): *Merrill*, 7: 141-154.
- 246. Wyk BEV**, 2005. Food Plants of the World. Portland, Timber Press, 480p.
- 247. Xie J, Zhu L, Xu X**, 2002. Affinitive Separation and On-Line Identification of Antitumor Components from *Peganum nigellastrum* by Coupling a Chromatographic Column of Target Analogue Imprinted Polymer with Mass Spectrometry. *Anal Chem*, 74: 2352-2360.
- 248. Yagasaki Y, Numakawa T, Kumamaru E, Hayashi T, Su T, Kunugi H**, 2006. Chronic antidepressants Potentiate via sigma-1receptors the brain-derived neurotrophic factor-induced signaling for glutamate release. *J Biol Chem*, 281: 12941-9.
- 249. Yingjian L**, 2011. Antibacterial and antiviral activities of thymol against Salmonella and coliphage ms₂ on grape tomatoes, both Alone and in combination with organic acids and surfactants. These de doctorat, Université du Delaware, 131p.
- 250. Zakzanis KK, Leach L, Kaplan E**, 1998. On the nature and pattern of neurocognitive function in major depressive disorder. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol*, 11:111-119.
- 251. Zeghichi Hamri S**, 2009. Effets des acides gras Oméga-3 sur la Cardioprotection: Etude des acides gras oméga-3 chez le rat et chez des patients porteurs d'un défibrillateur automatique implantable. Ecole Doctorale Chimie et Sciences du Vivant. Thèse doctorat, 235p.
- 252. Zidane L, Salhi S, Fadli M, El Antri M, Taleb A, Douira A**, 2009. Etude des groupements d'adventices dans le Maroc occidental. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.base*, 14 (1) : 153-166.

- 253. Zhang H, Shi C, Wu J, Rena Y, Li C, Zhang D, Zhang Y, 2004.** Analysis of genetic and genotype x environment interaction effects from embryo, cytoplasm and maternal plant for oleic acid content of *Brassica napus* L.. *Plant Sci*, 167: 43-48.
- 254. Zimmerman CA, 1976.** Growth characteristics of weediness in *Portulaca oleracea* L.. *Ecology*, 57: 964-974.

Annexes

Fiche n°:

date: / /

Fiche d'enquête ethnobotanique

Région :

Sexe : Féminin Masculin

Age : ans

Profession :

Connaissez-vous un autre nom de cette plante ?

Est-ce que vous l'utiliser ? Oui Non

D'où est ce que vous vous procurez la plante ? Herboriste culture Récolte spontanée

Vous récoltez la plante en : Hiver Printemps Eté Automne Toute l'année

Comment vous récoltez la plante ?

Comment vous séchez la plante ?

Quelles sont les parties que vous utilisez ? Feuille Fleur Tige Racine

Usage : Thérapeutique Culinaire Cosmétologie Décoratif

Usage : Après séchage Fraîche

Usage : Interne Externe

Mode d'utilisation:

Mastication Comprese Infusion Tisane Décoction Sirop

Pommade (crème) Vaporisation Inhalation Bouillant Cautérisation

Poudre Suppositoire Lotion

Maladies traitées :

.....

La plante est utilisée : Seule en recette (mélangée)

Comment se fait la préparation ?.....

.....

Quelle quantité de drogue faut-il prendre et dans quel volume d'eau?.....

.....

En cas de décoction ou d'infusion quelle est la durée correspondante ?.....

.....

L'utilisation pour : Adulte Enfant Homme Femme

Administration : Avant repas Après repas Matin Soir

Le résultat obtenu est : Rapide Lent

La plante est utilisée à titre : Préventif Curatif

Annexe : 02

Tableau: Teneurs en alcaloïdes totaux des organes de *Peganum harmala* L.

Mois	Feuille	Tige	Fruit	Graine
Juin	1,03	0,871	0	0
Juillet	1,781	2,531	3,67	5,507
Aout	5,74	0,94	4,462	6,2304

Annexe : 03

Tableau: Teneurs en lipides totaux des organes de *Portulaca oleracea* L.

Mois	Feuille	Tige	Graine	Fruit
Juin	37,51	15,77	0	0
Juillet	16,25	8,42	14,9	11,3
Août	30,7	10,54	26,3	21,75