



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BEKADDOUR BENATTIA Hyam et BELHADJ CHIKH Aicha

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN BIOLOGIE

Spécialité : Biochimie Appliquée

THÈME

Étude de l'activité antioxydante des
extraits de plantes utilisées en médecines
traditionnelles.

DEVANT LE JURY

Président	Mr.Chibani Abdelwaheb	Prof.	Université de Mostaganem
Examineur	Mr.Mekhaldi Abdelkader	Prof.	Université de Mostaganem
Encadreur	Mr.Benamar Houari	M.C.A.	Université de Mostaganem

Remerciements

Le travail a été réalisé au sein du laboratoire de Biochimie Végétale et des Substances Naturelles, Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Oran1. Pendant une période allant du 12 Février jusqu'au 05 Mars 2020.

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement Prof. **Bennaceur Malika** responsable du laboratoire Biochimie Végétale à l'Université Oran1 pour l'accueil dans son laboratoire avec toute générosité, sympathie et liberté de travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre promoteur **Mr. Benamar Houari** qui nous a permis de bénéficier de son encadrement, ses conseils et sa correction minutieuse de ce manuscrit ; Nos sincères reconnaissances pour ses encouragements et ses conseils constructifs durant le stage pratique.

Ce fut un grand honneur pour nous d'être encadrée par vous tant pour vos qualités professionnelles incontestables que pour votre soutien. Votre professionnalisme dans ce que vous faites est un exemple à suivre et une source de motivation pour nous.

Nous voudrions également remercier les membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail :

Prof. Chibani Abdelwaheb, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury. Merci également d'être toujours à l'écoute de nos questions durant le parcours du master II.

Prof. Mekhaldi Abdelkader, qui a accepté d'examiner ce travail. Nous sommes très reconnaissantes de votre aide pour l'engagement dans ce travail.

Toutes nos gratitude et un profond merci au technicienne du laboratoire, **M^{lle} Ghemri Karima** pour son accueil, son aide technique et ses encouragements durant la période du stage.

Toute la gratitude et reconnaissances à tous nos enseignants qui nous ont aidés et encouragés depuis le primaire jusqu'à l'université.

Dédicaces

À qui je m'exprime mon profond amour et ma gratitude mes très chers parents. Merci pour l'ampleur des sacrifices et des souffrances que vous avez endurés pour mon éducation et pour mon bien être.

À Yaya tes prières et ta présence à mes côtés ont été pour moi d'un grand soutien que dieu t'accorde santé.

À mes chers frères que dieu vous réserve le meilleur avenir.

À mes très chers cousins Sabrina et Abderrahmane votre soutien a été pour moi une source de courage et de confiance.

À mes très chères copines: Fethia, Nada, Amina, Touatia et Hyam merci pour votre sincère amitié.

Aicha.

Je dédie ce humble travail à:

** l'âme de mon grand-père Allah yerh mou.*

** mes très chers parents.*

** ma chère sœur Chaïmaa et chers frères Sadek et Ali Abderrahmene.*

** ma chère tante Amel.*

** mes chères amies Amina, Fatiha et Aicha.*

Pour leur présence, aide, soutien, encouragement et compréhension durant mes études.

Hyam.

Liste des abréviations, acronymes et symboles chimiques

Ach: L'activité de chélation Fe^{2+}

AcOEt : Acétate d'éthyle

ADN : Acide désoxyribonucléique

BHT : 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxytoluène

CCM : Chromatographie sur couche mince

CE1 : Concentration équivalente à 1 mM de FeSO_4

CE50 : Concentration équivalente à une absorbance de 0,50

Cd : Cadmium

CI₅₀: Concentration inhibitrice à laquelle l'extrait provoque 50% de chélation de fer

Cu : Cuivre

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

DHA : Acide docosahexaénoïque

EDTA : Acide éthylène diamine tétraacétique

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

FeCl₂: Chlorure ferreux

FeCl₃: Chlorure ferrique

FeSO₄ : Sulfate ferreux

FRAP : pouvoir antioxydant de réduction ferrique

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

GSH: Glutathion

GSSG: Disulfure de glutathion

H₂O₂: Peroxyde d'hydrogène

H₂SO₄: Acide sulfurique

HCl: Acide chlorhydrique

HDL-C: Lipoprotéine de haute densité

MeOH: Méthanol

mg EAA/g ES: mg d'équivalent d'acide ascorbique par g d'extrait sec

mg EAT / g ES: mg d'équivalent d'acide tannique par g d'extrait sec

mg EC/g ES: mg d'équivalent de catéchine par g d'extrait sec

NADPH: Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

NaH₂PO₄: Dihydrogénophosphate de sodium

Na₂HPO₄: Disodium hydrogène phosphate

RMN : Résonance magnétique nucléaire

TPTZ: 2,4,6-Tri(2-pyridyl)-s-triazine

UV: Ultraviolet

Table des matières

Liste des abréviations, acronymes et symboles chimiques.....	i
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	x
Liste des tableaux.....	xi
Résumé.....	xii
Abstract.....	xiii
ملخص.....	xiv
Introduction générale.....	1

Partie1 : Rappels bibliographiques

1. Rappel botanique.....	3
1.1 La famille des Boraginaceae	3
1.1.1 Présentation	3
1.1.2 Le genre <i>Nonea</i> Medik.....	3
1.1.2.1 Présentation	3
1.1.2.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	4
1.1.2.2.1 Usages en médecine traditionnelle.....	4
1.1.2.2.2 Activité biologiques et pharmacologiques reconnues....	4
1.1.2.3 Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	4
1.1.3 <i>Nonea vesicaria</i> (L.) Rchb	5
1.1.3.1 Classification.....	5
1.1.3.2 Description botanique	5
1.1.3.3 Distribution et habitat.....	6
1.1.3.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	6
1.1.3.4.1 Usages en médecine traditionnelle.....	6
1.1.3.4.2 Activité biologiques et pharmacologiques reconnues....	6

1.1.3.5 Études phytochimiques antérieures et les principaux métabolites secondaires isolés	7
1.1.4 Le genre <i>Cynoglossum</i> L.....	7
1.1.4.1 Présentation	7
1.1.4.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	7
1.1.4.2.1 Usages en médecine traditionnelle.....	7
1.1.4.2.2 Activité biologiques et pharmacologiques reconnues....	8
1.1.4.3 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	9
1.1.5 <i>Cynoglossum cheirifolium</i> L.	9
1.1.5.1 Classification.....	9
1.1.5.2 Description botanique	10
1.1.5.3 Distribution et habitat.....	10
1.1.5.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	11
1.1.5.4.1 Usages en médecine traditionnelle.....	11
1.1.5.4.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	11
1.1.5.5 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	11
1.1.6 Le genre <i>Solenanthus</i> Ledeb	12
1.1.6.1 Présentation	12
1.1.6.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	12
1.1.6.2.1 Usages en médecine traditionnelle.....	12
1.1.6.2.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	12
1.1.6.3 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	12
1.1.7 <i>Solenanthus lanatus</i> DC.....	12
1.1.7.1 Classification.....	12
1.1.7.2 Description botanique	13

1.1.7.3	Distribution et habitat.....	13
1.1.7.4	Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	14
1.1.7.4.1	Usages en médecine traditionnelle.....	14
1.1.7.4.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	14
1.1.7.5	Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	14
1.2	La famille des Anacardiaceae	15
1.2.1	Présentation	15
1.2.2	Le genre <i>Rhus</i> L.	15
1.2.2.1	Présentation	15
1.2.2.2	Propriétés pharmacologiques et biologiques.....	16
1.2.2.2.1	Usages en médecine traditionnelle.....	16
1.2.2.2.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	16
1.2.2.3	Toxicité.....	16
1.2.2.4	Études phytochimiques antérieures et principaux métabolismes secondaire isolés	17
1.2.3	<i>Rhus pentaphylla</i> Desf.	17
1.2.3.1	Classification.....	17
1.2.3.2	Description botanique	18
1.2.3.3	Distribution et habitat.....	18
1.2.3.4	Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	19
1.2.3.4.1	Usages en médecine traditionnelle.....	19
1.2.3.4.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	19
1.2.3.5	Toxicité.....	19
1.2.3.6	Études phytochimiques antérieurs et principaux métabolites secondaires isolés	19
1.3	La famille des Oleaceae	20
1.3.1	Présentation	20

1.3.2	Le genre <i>Olea</i> L.....	20
1.3.2.1	Présentation	20
1.3.2.2	Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	21
1.3.2.2.1	Usages en médecine traditionnelle.....	21
1.3.2.2.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	21
1.3.2.3	Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	22
1.3.3	<i>Olea europaea subsp. laperrinei</i> Batt. et Trab.....	22
1.3.3.1	Classification.....	22
1.3.3.2	Description botanique	23
1.3.3.3	Distribution et habitat.....	23
1.3.3.4	Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	24
1.3.3.4.1	Usages en médecine traditionnelle.....	24
1.3.3.4.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	24
1.3.3.5	Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	25
1.4	La famille Ranunculaceae	25
1.4.1	Présentation	25
1.4.2	Le genre <i>Clematis</i> L.	26
1.4.2.1	Présentation	26
1.4.2.2	Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	26
1.4.2.2.1	Usages en médecine traditionnelle.....	26
1.4.2.2.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	27
1.4.2.3	Toxicité.....	27
1.4.2.4	Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	27
1.4.3	<i>Clematis cirrhosa</i> L.....	28
1.4.3.1	Classification.....	28

1.4.3.2	Description botanique	28
1.4.3.3	Distribution et habitat.....	28
1.4.3.4	Propriétés biologiques et pharmacologiques.....	29
1.4.3.4.1	Usages en médecine traditionnelle.....	29
1.4.3.4.2	Activités biologiques et pharmacologiques reconnues	29
1.4.3.5	Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés	29
2	Le stress oxydant et antioxydants.....	30
2.1	Le stress oxydant.....	30
2.1.1	Espèces réactives de l'oxygène	30
2.1.1.1	Définition	30
2.1.1.2	Origine.....	30
2.1.1.3	Principales	30
2.1.2	Maladies provoquées par le stress oxydant	31
2.1.2.1	Chez l'homme	31
2.1.2.2	Chez la plante	31
2.1.3	Mécanismes de défense.....	32
2.1.3.1	Chez l'homme	32
2.1.3.2	Chez la plante	32
2.2	Antioxydants	33
2.2.1	Définition	33
2.2.2	Classification.....	33
2.2.2.1	Protéiques.....	34
2.2.2.1.1	Enzymatiques.....	34
2.2.2.1.2	Non-enzymatiques	35
2.2.2.2	Liposolubles et hydrosolubles.....	35
2.2.2.2.1	Caroténoïdes	35

2.2.2.2.2	Vitamines	36
2.2.2.2.3	Acide lipoique	37
2.2.2.3	Polyphénols	37
2.2.3	Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante	38

Partie2: Matériel et méthodes

1	Rappel sur le matériel végétal	40
1.1	Rappel sur la récolte	40
1.2	Rappel sur l'extraction	40
N.B : L'hexane et le chloroforme ont été utilisés pour la délipidation et l'élimination des substances indésirables comme les pigments. Ces deux extraits ne seront pas étudiés par la suite.		
1.3	Préparation des échantillons	41
2	Dosages des tannins	42
2.1	Dosage des tannins hydrolysables	42
2.2	Dosage des tannins condensés.....	43
3	Tests de l'activité antioxydante.....	44
3.1	Evaluation de la capacité antioxydante totale par la méthode de Phosphomolybdène	44
3.2	Test de l'activité antioxydante par chélation de fer	44
3.3	Test de l'activité antioxydante par réduction du fer FRAP (Ferric reducing antioxidant power)	45
3.4	Test du pouvoir réducteur du fer	46
4	Analyse statistique.....	46

Partie3: Résultats et discussion

1	Dosage des tannins	47
1.1	Tannins hydrolysables.....	47
1.2	Tannins condensés.....	49

2	Tests des activités antioxydantes.....	50
2.1	Activité antioxydante total	50
2.2	Activité de chélation de fer	52
2.3	Activité antioxydante par réduction du fer (FRAP).....	53
2.4	Pouvoir réducteur du fer.....	55
	Conclusion et perspectives	57
	Références bibliographiques	58
	Annexes	76

Liste des figures

Figure 1 : Photo de <i>Nonea vesicaria</i>	6
Figure 2 : Photo de <i>Cynoglossum cheirifolium</i>	10
Figure 3 : Photo de <i>Solenanthus lanatus</i>	13
Figure 4: Photo de <i>Rhus pentaphylla</i>	18
Figure 5: Photo d' <i>Olea europaea subsp.laperrinei</i>	24
Figure 6: Photo de <i>Clematis cirrhosa</i>	29
Figure 7: Dérivation chimique des principales espèces réactives de l'oxygène.....	31
Figure 8: Feuille de chêne montrant (a) les symptômes d'oxydation de la chlorophylle et (b) les nécroses liées à la mort des cellules (Parent et <i>al.</i> , 2008).....	32
Figure 9: Classification des antioxydants selon leur mécanisme d'action (Niki, 2010).....	33
Figure 10: Structure de l'acide α -lipoïque.....	37
Figure 11: Piégeage des ERO par les flavonoïdes.....	38
Figure 12 : Teneurs des tannins hydrolysables dans les extraits bruts des plantes étudiées exprimée en mg d'équivalent d'acide tannique par g d'extrait sec (mg EAT / g ES).....	47
Figure 13 : Teneurs des tannins condensés dans les extraits bruts des plantes étudiées exprimée en mg d'équivalent de catéchine par g d'extrait sec (mg EC / g ES).....	49
Figure 14 : Capacité antioxydante totale des extraits bruts des espèces étudiées exprimée en mg d'équivalent d'acide ascorbique par g d'extrait sec (mg EAA/g ES).....	51
Figure 15: Capacité de chélation des ions ferreux des extraits bruts des espèces étudiées et l'EDTA exprimée en CI_{50} (concentration inhibitrice à laquelle l'extrait provoque 50% de chélation de fer).....	52
Figure 16 : Activité antioxydante par méthode FRAP des extraits bruts des espèces étudiées et des témoins. CE1 (concentration équivalente à 1 mM de $FeSO_4$).....	54
Figure 17 : Pouvoir réducteur des extraits bruts des espèces étudiées représenté en CE50 (concentration effective à une absorbance de 0,50).....	55

Liste des tableaux

Tableau 1 : Usage traditionnel des plantes du genre <i>Cynoglossum</i> L. (Quattrocchi, 2012 ; Roeder et Wiedenfeld, 2009).	8
Tableau 2: Antioxydants enzymatiques selon Gill et Tuteja (2010).....	34
Tableau 3: Les vitamines ayant les propriétés antioxydantes selon Descamps et <i>al.</i> (2006).....	36
Tableau 4: Les différents tests basés sur la réaction de transfert d'atome d'hydrogène (HAT) et tests basés sur la réaction du transfert d'électrons (ET).....	39
Tableau 5: Récolte des espèces et données géographiques	40
Tableau 6: Méthodes d'extraction.....	41
Tableau 7: Préparation des extrais.....	42

Résumé

Dans le cadre de la valorisation des espèces végétales Algériennes, et compte tenu de ses vertus thérapeutiques qui représentent une source abondante de substances à activités biologiques et pharmacologiques, le présent travail est dans l'optique de continuer le dosage des métabolites secondaires et l'évaluation des activités antioxydantes, nous nous sommes intéressés à la quantification des tannins (hydrolysables et condensés) et à la détermination du pouvoir antioxydant par les méthodes suivantes : activité antioxydante total, chélation de fer, et le pouvoir réducteur du fer par deux méthodes des extraits : acétate d'éthyle et méthanolique de six espèces Algériennes : *Nonea vesicaria*, *Solenanthus lanatus*, *Cynoglossum cheirifolium*, *Olea europaea subsp. laperrinei*, *Rhus pentaphylla* et *Clematis cirrhosa*.

Les résultats obtenus montrent que *R. pentaphylla* présente une teneur élevée en tannins hydrolysables pour l'extrait acétate d'éthyle avec une valeur de $898,64 \pm 46,01$ mg d'équivalent d'acide tannique / g d'extrait sec et en tannins condensés pour l'extrait méthanol avec une valeur de $32,69 \pm 2,63$ mg d'équivalent de catéchine /g d'extrait sec.

En outre les résultats de l'étude de l'activité antioxydante ont montré que l'extrait acétate d'éthyle et méthanol d'*O. europaea subsp. laperrinei* possèdent la capacité antioxydante totale la plus élevée ($780,81 \pm 27,72$ et $478,92 \pm 19,66$ mg d'équivalent d'acide ascorbique /g d'extrait sec, respectivement). L'extrait acétate d'éthyle de *C.cirrhosa* a montré une forte capacité de chélation de fer avec une CI_{50} de $762,45 \pm 175,31$ $\mu\text{g/ml}$, dont l'EDTA possède le plus fort pouvoir chélateur de fer du à ça faible CI_{50} ($3,92 \pm 0,05$ $\mu\text{g/ml}$). Les deux tests FRAP et pouvoir réducteur du fer ont confirmé que les extraits d'*O. europaea subsp. laperrinei* possèdent une excellente activité réductrice de fer. Pour le test FRAP l'extrait méthanol présente une faible CE1 ($67,93 \pm 1,46$ $\mu\text{g/ml}$) et pour le test pouvoir réducteur l'extrait acétate d'éthyle d'*O. europaea subsp. laperrinei* présente une CE50 ($85,84 \pm 6,68$ $\mu\text{g/ml}$) inférieure à celle du témoin positif le trolox ($110,10 \pm 3,03$ $\mu\text{g/ml}$). Enfin, les extraits possédant une forte teneur en tannins et activité antioxydante peuvent trouver des applications dans le domaine pharmaceutique et agroalimentaire.

Mots clés : *N.vesicaria*, *S.lanatus*, *C.cheirifolium*, *O. europaea subsp. laperrinei*, *R.pentaphylla*, *C.cirrhosa*, plantes médicinales, tannins, activités antioxydantes.

Abstract

Within the framework of the valorization of Algerian plant species, and their therapeutic virtues. This work as follow-up of the determination of secondary metabolites and bioactivities, aims to quantify tannins (hydrolysable and condensed) and assess the antioxidant power by the following methods: total antioxidant activity, metal chelation, and iron reducing power by two methods for ethyl acetate and methanolic extracts of six Algerian species: *Nonea vesicaria*, *Solenanthus lanatus*, *Cynoglossum cheirifolium*, *Olea europaea subsp. laperrinei*, *Rhus pentaphylla* and *Clematis cirrhosa*.

The results obtained show that *R. pentaphylla* has a high content of hydrolysable tannins for the ethyl acetate extract with a value of $898,64 \pm 46,01$ mg tannic acid equivalent / g dry extract and condensed tannins for the methanol extract with a value of $32,69 \pm 2,63$ mg catechin equivalent / g dry extract.

In addition, the results of the antioxidant activity study showed that ethyl acetate and methanol extracts from *O. europaea subsp. laperrinei* had the highest total antioxidant capacity ($780,81 \pm 27,72$ and $478,92 \pm 19,66$ mg ascorbic acid equivalent/g dry extract respectively). The ethyl acetate extract from *C.cirrhosa* showed a high iron chelation capacity with an IC_{50} of $762,45 \pm 175,31$ $\mu\text{g/ml}$, of which EDTA has the highest iron chelation capacity due to its low IC_{50} ($3,92 \pm 0,05$ $\mu\text{g/ml}$). The two tests FRAP and reducing power activity confirmed that extracts of *O. europaea subsp. laperrinei* have excellent iron-reducing activity. For the FRAP test the methanol extract has a low EC1 ($67,93 \pm 1,46$ $\mu\text{g/ml}$) and for the reducing power activity test the ethyl acetate extract of *O. europaea subsp. laperrinei* has a lower EC50 ($85,84 \pm 6,68$ $\mu\text{g/ml}$) than the positive control trolox ($110,10 \pm 3,03$ $\mu\text{g/ml}$). Finally, extracts with a high tannin contents and antioxidant activities can find applications in the pharmaceutical and food industry.

Keywords: *N.vesicaria*, *S.lanatus*, *C.cheirifolium*, *O. europaea subsp. laperrinei*, *R.pentaphylla*, *C.cirrhosa*, medicinal plants, tannins, antioxidant activities.

ملخص

في إطار تقييم النباتات الجزائرية، ومراعاة خصائصها العلاجية التي تمثل مصدراً و فيراً للمواد ذات الأنشطة البيولوجية والصيدلانية، يهدف العمل الحالي إلى مواصلة تحديد كميات المستقلبات الثانوية وتقييم الأنشطة المضادة للأكسدة، نحن مهتمون بتحديد كمية التانينات (القابلة للتحلل والمكثف) وتحديد القدرة المضادة للأكسدة بالطرق التالية: نشاط مضادات الأكسدة الإجمالي، و خلب الحديد، وقوة ارجاع الحديد بطريقتين في مستخلصات أسيتات الإيثيل والميثانولية لسنة نباتات جزائرية: *Cynoglossum cheirifolium*, *Solenanthes lanatus*, *Nonea vesicari* . *Clematis cirrhosa* و *Rhus pentaphylla*, *Olea europaea subsp. laperrinei*

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن *R. pentaphylla* يحتوي على نسبة عالية من التانينات القابلة للتحلل بالماء لمستخلص أسيتات الإيثيل بقيمة $898,64 \pm 46,01$ ملغ من مكافئ حمض التانيك / غ من المستخلص الجاف و من التانينات المكثفة لمستخلص الميثانوليك بقيمة $32,69 \pm 2,63$ ملغ من مكافئ الكاتشين / غ من المستخلص الجاف.

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت نتائج دراسة نشاط مضادات الأكسدة أن مستخلص أسيتات الإيثيل و الميثانوليك ل *O.europaea subsp .laperrinei* لديه أعلى قدرة مضادة للأكسدة ($780,81 \pm 27,72$ و $478,92 \pm 19,66$ ملغ من مكافئ حمض الاسكوربيك / غ من المستخلص جاف، على التوالي). أظهر مستخلص أسيتات الإيثيل ل *C.cirrhosa* قدرة خلب حديد قوية مع $762,45 \pm 175,31$ CI₅₀ ميكروغرام/مل، حيث تتمتع EDTA بأقوى قوة خلب للحديد بسبب CI₅₀ منخفض ($0,05 \pm 3,92$ ميكروغرام / مل). أكد الاختباران FRAP وقوة ارجاع الحديد أن مستخلصات *O. europaea subsp. laperrinei* لديها نشاط ممتاز في ارجاع الحديد. بالنسبة لاختبار FRAP، يحتوي مستخلص الميثانوليك على CE1 منخفض (1.46 ± 67.93 ميكروغرام / مل) ولاختبار الطاقة المختزلة للحديد، مستخلص أسيتات الإيثيل ل *O. europaea subsp. laperrinei* يحتوي على CE50 ($85,84 \pm 6,68$ ميكروغرام / مل) أقل من الشاهد الإيجابي trolox ($110,10 \pm 3,03$ ميكروغرام / مل).

أخيراً، يمكن للمستخلصات التي تحتوي على نسبة عالية من التانينات والنشاط المضاد للأكسدة أن تجد تطبيقات في صناعة الأدوية والغذاء.

الكلمات المفتاحية: *O.europaea subsp. laperrinei*, *C.cheirifolium*, *S.lanatus*, *N.vesicaria*, *C.cirrhosa*, *R.pentaphylla*, النباتات الطبية، التانينات، أنشطة مضادة للأكسدة.

Introduction générale

L'Algérie possède une flore riche et peu valorisée du point de vue de ses potentiels chimiques sensoriels ou biologiques. Certaines espèces possèdent des propriétés pharmacologiques qui leur confèrent un intérêt médical. Ces plantes ont l'aptitude de synthétiser de nombreux composés appelés métabolites secondaires et constituent donc un immense réservoir de composés d'une grande diversité chimique, possédant un large éventail d'activités biologiques (**Haddouchi et al., 2016**). Actuellement les chercheurs favorisent d'incorporer ces molécules actives dans différents domaines : pharmacologiques, dermatologiques, agroalimentaires et industriels. À cet effet, des études scientifiques s'intéressent à la phytochimie et aux activités biologiques des extraits de plantes, dans le but d'élargir les perspectives de valorisation des produits naturels (**Chaouche, 2014**).

Il faut toutefois noter que de nos jours, en Afrique, nous sommes de plus en plus confrontés à la résurgence de nouvelles maladies. Entre autres, nous pouvons citer : les maladies liées au stress oxydant. Ce dernier est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications. Vu la diversité et la gravité de ces maladies, plusieurs équipes de chercheurs se sont investies dans la recherche de nouveaux antioxydants naturels, en vue que l'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause en raison des risques toxicologiques potentiels, pour lutter contre le stress oxydant et ses pathologies associées (**Bidie et al., 2011**). En effet, certains extraits de plantes se sont montrés efficaces pour faire face au stress oxydatif, cela est dû à leur richesse en polyphénols, vitamines et oligo-éléments.

Pour cela, l'objectif de notre travail est de faire suite à la recherche de la composition en métabolites secondaires et déterminer les activités antioxydantes chez les plantes Algériennes suivantes : *Nonea vesicaria* L., *Solenanthes lanatus* DC, *Cynoglossum cheirifolium* L., *Rhus pentaphylla* Desf., *Olea europaea* subsp. *laperrinei* Batt et Trab et *Clematis cirrhosa* L.

La présente étude comporte trois parties :

- la première est consacrée à une synthèse bibliographique sur les plantes mises en étude : la description botanique et distribution, usages en médecine traditionnelle, les activités biologiques et les études phytochimiques. Ainsi un rappel sur le stress oxydant et les antioxydants.

Introduction générale

- la deuxième concerne la partie expérimentale : les rappels sur la récolte et l'extraction à partir du matériel végétal, la description des dosages spectrophotométriques de métabolites secondaires et des activités antioxydantes.
- la troisième consiste à interpréter et discuter les résultats obtenus.

Ce travail s'achève par une conclusion générale et les perspectives.

Partie 1 : Rappels bibliographiques

1. Rappel botanique

1.1 La famille des Boraginaceae

1.1.1 Présentation

Le nom de cette famille est issu du genre *Borago*, la Bourracha, qui provient de l'expression arabe "aburach", signifie "père de la sueur" (**Botineau, 2010**).

Les Boraginaceae possèdent 2 650 espèces, rassemblées en 135 genres et distribuées dans les régions tempérées et tropicales. Les principaux sont *Cordia*, avec 320 espèces tropicales, *Heliotropium*, avec 260 espèces tropicales et tempérées, *Tournefortia*, avec 150 espèces distribuées dans les régions tropicales et chaudes, *Onosma*, avec 150 espèces réparties depuis la Méditerranée jusqu'à la Chine et l'Himalaya, *Phacelia*, avec 150 espèces originaires d'Amérique, *Cryptantha*, avec 150 espèces également américaines, *Myosotis*, avec 100 espèces tempérées, *Cynoglossum*, avec 75 espèces distribuées dans les régions tempérées et chaudes, *Ehretia*, avec 75 espèces (**Botineau, 2010**).

Ce sont surtout des herbes annuelles (*Borago*) ou vivaces par un rhizome (*Symphytum*), mais aussi des arbrisseaux ou des arbres (*Cordia*), parfois des lianes. Les feuilles, sans stipules, sont en générales alternes, simples ou exceptionnellement composées, entières à dentées (**Botineau, 2010**).

1.1.2 Le genre *Nonea* Medik

1.1.2.1 Présentation

Ce sont des plantes herbacées, à feuilles alternes et à fleurs axillaires. Ses caractères essentiels sont les suivants : calice à cinq lobes, persistant et renflé après la floraison ; corolle dont le limbe est divisé en cinq lobes réguliers ; cinq étamines insérées au sommet du tube de la corolle, et non saillantes ; ovaire quadrilobé, du milieu duquel s'élève un style simple ; quatre akènes soudés, marqués sur les bords de stries parallèles. (**Audouin, 1827**).

Nonea Medik est l'un des principaux genres de la tribu Boragineae des Boraginacées, avec environ 35 espèces réparties du centre-ouest de l'Asie aux zones atlantiques de l'Europe du Sud et de l'Afrique du Nord. Le principal centre de diversité s'étend sur les systèmes montagneux du Caucase pontique et les hautes terres Irano-turaniennes-

Anatoliennes, tandis que moins d'espèces sont présentes en Europe et en Méditerranée, en particulier dans les parties semi-arides de la région du Maghreb, de la Libye au Maroc (Selvi et al., 2006). Ce genre est représenté en Algérie par deux espèces : *N.vesicaria* et *N.micrantha* (Quezel et Santa, 1963b).

1.1.2.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.1.2.2.1 Usages en médecine traditionnelle

N.edgeworthii est utilisée en médecine pour le traitement de la toux, la croissance des poumons, les troubles respiratoires et les infections microbiennes (Rehman et al., 2017).

N. persica est utilisée comme un sédatif, le mode d'emploi de cette plante consiste à porter les feuilles en décoction, l'administration est par voie orale (Sadat-Hosseini et al., 2017).

1.1.2.2.2 Activité biologiques et pharmacologiques reconnues

Les espèces de ce genre sont connues pour leurs propriétés pharmacologiques intéressantes liées à leur composition chimique, notamment les activités antioxydantes, anticholinestérasiques, anticoagulantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires (Gharib et Godraze, 2016).

Selon Babakhani et al. (2018), les parties aériennes de *N.lutea* ont révélé une activité antioxydante significative prouvée par le test du DDPH et du pouvoir antioxydant réducteur du fer, ainsi qu'une activité antibactérienne contre : *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

1.1.2.3 Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Dans l'objectif de la recherche des flavonoïdes d'exsudat dans la famille des Boraginaceae, l'étude de Wollenwerber et al. (2002) a indiqué que *N.lutea*, *N.pulla* et *N.rosea* présentaient exclusivement des flavones.

L'analyse chromatographique couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) d'extrait dichlorométhane de *N.setosa* a révélé la présence de grandes quantités d'acides gras polyinsaturés, en particulier : acide myristique (2,11%), acide palmitique (32,80%), acide α -linoléique (6,13%), acide stéaridonique (6,40%), acide linoléique (20,54%), acide γ -linoléique (27,90%) et acide oléique (4,12%) (Curini et al., 2006).

Une étude phytochimique sur quelques espèces de *Nonea* qui poussent en Iran a montré qu'elles contiennent des composés phénoliques, en particulier les anthocyanes en grande quantité (**Gharib et Godraze, 2016**).

Le travail d'**Imran et al. (2017)** sur *N.micrantha* a révélé par une analyse GC-MS la présence et l'identification de 37 composés, certaines des molécules identifiées comprennent le phytol, le néophytadiène, le dibromure de décacétylène, le crodicide, le stigmat-5-en-3-ol, l'isoheptadécanoate de méthyle, l'hexahydrofarnesyly acétone, l'acide pentadécyclique, la chrysarobine, le vanicol, le myristaldéhyde, et le méthyl eicosanoate.

1.1.3 *Nonea vesicaria* (L.) Rchb

1.1.3.1 Classification

Règne : Plantae

Division : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Boraginales

Famille : Boraginaceae

Sous-famille : Boraginoideae

Genre : *Nonea* Medik

Espèce : *Nonea vesicaria* (L.) Rchb

(<https://www.gbif.org/fr/species/2926043>).

1.1.3.2 Description botanique

Plantes vivaces, 10-40 cm de hauteur; corolles brun cramoisi foncé, de 10 à 15 mm de diamètre; feuilles linéaires à lancéolées, de 3 à 10 cm de long (**Allen et Kershaw, 2019**). Feuilles supérieures plus ou moins amplexicaules. Etamines insérées en haut du tube. Corolle à lobe noirâtre fermée complètement par anneau de poils hyalins également ou plus longue que le calice (**Quézal et santa, 1963b**).

1.1.3.3 Distribution et habitat

Cette plante se trouve dans toute l'Algérie et dans l'ouest Méditerranéen (**Quézal et Santa, 1963b**).



Figure 1 : Photo de *Nonea vesicaria* prise par Dr. Houari Benamar.

- **Les noms vernaculaires**

- En Arabe : Sofe abiadh.

- En Français : Laineux blanc (**Koyanga-Mbalissa, 2016**).

1.1.3.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.1.3.4.1 Usages en médecine traditionnelle

Cette espèce est utilisée comme cataplasme pour la cicatrisation des plaies et comme agent analgésique pour les maladies urinaires (**Mouffouk et al., 2020**).

1.1.3.4.2 Activité biologiques et pharmacologiques reconnues

Selon une évaluation biologique de **Mouffouk et al.(2020)**, l'extrait méthanolique de *N.vesicaria* a révélé une activité antioxydante importante et une activité cytotoxique prometteuse, ainsi qu'une propriété hémolytique prouvée par le modèle érythrocytaire.

Le travail de **Draou et Ameur (2019)** sur l'évaluation des bioactivités par la bioautographie et le dosage spectrophotométrique des extraits de *N. vesicaria* a révélé une activité antioxydante et anti-acétylcholinestérase remarquable.

1.1.3.5 Études phytochimiques antérieures et les principaux métabolites secondaires isolés

Une analyse chromatographique des graines de 20 espèces de la famille Boraginaceae au Maroc **Guil-Guerrero et al.(2006)** a révélé la présence de : l'acide linoléique, l'acide oléique et l'acide alpha et gamma linoléique.

Le criblage phytochimique de l'extrait méthanolique *N.vesicaria a* révélé la présence de plusieurs classes de métabolites secondaires à savoir les tannins, les flavonoïdes, les triterpénoïdes, les stéroïdes, les saponines, les caroténoïdes et les acides gras (**Mouffouk et al., 2020**), ainsi le travail de **Koyanga-Mbalissa (2016)** a signalé la présence d'alcaloïdes en faible quantité.

L'analyse phytochimique par chromatographie sur couche mince (CCM) a permis d'identifier de nombreux composés phénoliques tels que : anthraquinones, acide *p*-coumarique, acide gallique et les dérivés d'acides phénoliques (**Darou et Aneur, 2019**).

1.1.4 Le genre *Cynoglossum* L.

1.1.4.1 Présentation

Le genre *Cynoglossum* L. contient environ 75 espèces réparties en Asie, en Afrique et en Amérique latine. La distribution est comme suit : 12 espèces en Chine (**Shu, 1995**), environ 50 à 60 espèces dans des régions plus chaudes et régions tempérées des deux hémisphères, 3 espèces à Taïwan (**Kalpana, 2016**), 8 espèces en Turquie (**Oznur et al.,2012**), 4 espèces en Algérie *C.cheirifolium*, *C.Creticum*, *C.dioscoridis* et *C.clandestinum* (**Quezel et Santa, 1963b**), mais les révisions récentes ont augmenté le nombre d'espèces dans ce genre à plus de 86 espèces (**Kalpana, 2016**).

Le nom *Cynoglossum* a été donné à des plantes dont les feuilles sont rudes au toucher comme la langue d'un chien (**Botineau, 2010**).

1.1.4.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.1.4.2.1 Usages en médecine traditionnelle

Les plantes du genre *Cynoglossum* L. sont utilisées traditionnellement pour le traitement de diverses maladies (**Kalpana, 2016**) (tableau1).

Partie1 : Rappels bibliographiques

Tableau 1 : Usage traditionnel des plantes du genre *Cynoglossum* L. (Quattrocchi, 2012 ; Roeder et Wiedenfeld, 2009).

Espèces	Usages traditionnels
<i>C.amabile</i>	Toux, scrofule, saignement des plaies, réparation digestif interne, en externe en cas de fracture, blessure chronique et gonflement des extrémités.
<i>C. amplifolium</i>	Infection de l'oreille, arthrite.
<i>C. lanceolatum</i>	Diarrhée infantile, les plaies, les blessures, les articulations fissurées et des os fracturés et soulage les membres enflés et traite l'accumulation de fluides séreux dans les articulations. Diminue la fièvre, la toux, les difficultés à uriner dues à la rétention de l'eau et régule le débit adéquat des cycles menstruels. Également comme aphrodisiaque, sédatif, problèmes mentaux.
<i>C. grande</i>	Racines pour traiter les maux d'estomac, les troubles gastro-intestinaux, les maladies vénériennes, les brûlures et les échaudures.
<i>C. javanicum</i>	Feuilles fraîches pour traiter les ulcères topiques.
<i>C. virginianum</i>	Racines pour traiter les plaies, démangeaisons, cancer, infections respiratoires.

1.1.4.2.2 Activité biologiques et pharmacologiques reconnues

Une étude a montré que l'extrait éthanolique de la plante entière de *C.zeylanicum* a provoqué une réduction significative de la glycémie, des paramètres lipidiques à l'exception du HDL-C, des enzymes sériques et une augmentation significative du HDL-C et des enzymes antioxydants, ainsi une augmentation significative de l'insuline plasmatique chez des rats diabétiques. Ces résultats montrent que l'extrait éthanolique de *C.zeylanicum* présente des propriétés antihyperlipidémiques et effets antidiabétiques chez des rats Wistar albinos diabétiques (Anitha et al., 2012a).

Anitha et al. (2012b) ont évalué les effets hépatoprotecteurs de l'extrait éthanolique de la plante entière de *C.zeylanicum*, en utilisant le tétrachlorométhane comme agent d'induction de l'hépto-toxicité. À une dose orale (50, 100 et 150mg/kg), l'extrait de cette plante a montré des diminutions des bilirubines hépatiques conjuguées et non conjuguées, ce qui confirme son effet hépto-protecteur.

Partie1 : Rappels bibliographiques

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait éthanolique de *C.zeylanicum* a été évaluée à l'aide de la méthode de l'œdème induit par la carragénine, après 3 heures d'administration de l'extrait de la plante à une dose de 150 mg/kg, une diminution significative de l'œdème de la patte a été observée lorsqu'elle a été comparée au médicament indométhacine (Anitha et al., 2013).

1.1.4.3 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Les espèces de *Cynoglossum* sont connues pour synthétiser des alcaloïdes de type pyrrolizidine comme moyen de défense chimique. La résonance magnétique nucléaire a été utilisée pour déterminer les alcaloïdes pyrrolizidiniques, bases libres et N-oxydes dans les feuilles, les tiges, les bourgeons, les fleurs et les gousses de *C.officinale* (Kalpana, 2016).

Les fleurs et fruits de *C.officinale* et *C.amabile* ont été utilisées pour la détermination des alcaloïdes. Sur la base des analyses par la spectroscopie de masse et la RMN du ¹H et du ¹³C, l'acétylhéliosupine, l'héliosupine N-oxyde, le 3'-acétylhéliosupine, la viridiflorine, l'amabiline, la rinderine, l'échinatine et le 3'-O-acétylechinate ont été isolés (El-Shazly et al., 1996a). Les parties aériennes et les racines de *C. furcatum* ont été analysées pour les alcaloïdes de type pyrrolizidine et certains constituants sont identifiées comme étant la néocoramandaline, l'échinatine, l'ester viriflorylique et la laburnine (Ravi et al., 2000).

L'étude des parties aériennes de *C. creticum* par GC-MS a révélé la présence de 13 alcaloïdes : 3'-acétylerinderine, 3'-acétylechinate, heliosupine, 3'-acétylhéliosupine, 7-angeloylhéliotridine, rinderine, supinine, 7-seneciolyhéliotridine, échinatine, trachelanthamine, isomère de trachelanthamine, 7 α -angeloyl-1-chlorométhyl-1,2-déshydropyrrrolizidine, 7-angoyl-9-méthyl butyryl-héliotridine (El-Shazly et al., 1996b).

L'analyse GC-MS de l'extrait d'éthanol de *C. zeylanicum* a révélé la présence de 9, 12-oetadecachlorure d'octadécadiénoyle, éthanamine, N éthyl-N-nitro, 2-furanne carboxaldéhyde, phyto 1,5-(hydroxyle méthyle) (Anitha et al., 2012c).

1.1.5 *Cynoglossum cheirifolium* L.

Actuellement connue sous le nom de *Pardoglossum cheirifolium* L. (The Plant List, 2013).

1.1.5.1 Classification

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Boraginales

Famille : Boraginaceae

Sous-famille: Boraginoideae

Genre : *Cynoglossum* L.

Espèce : *Cynoglossum cheirifolium* (L).

(<https://www.gbif.org/fr/species/7387488>).

1.1.5.2 Description botanique

L'espèce *Cynoglossum cheirifolium*, est une plante bisannuelle, entièrement velue blanchâtre, possède des fleurs roses ou violacées, petites, portées par des pédoncules souvent déplacés par rapport aux bractées (**Quezel et santa, 1963b**). Cette plante s'élève jusqu'à 30-40 centimètres (**Lamarck et Candolle, 1815**).

1.1.5.3 Distribution et habitat

Elle se développe dans les régions arides et rocailleuses, au niveau des garrigues, dans l'Ouest méditerranéen et dans toutes l'Algérie (**Quezel et santa, 1963b**). Elle se trouve aussi dans les lieux stériles en Provence (**Lamarck et Candolle, 1815**). Elle est commune aux environs de Blida et ailleurs (**Giles, 1847**).



Figure 2 : Photo de *Cynoglossum cheirifolium* prise par Dr.Houari Benamar.

- **Les noms vernaculaires**

- En Arabe : Oudnine el djediane (**Quezel et santa, 1963b**).

- En Français : Cynoglosse à feuilles de giroflée.

1.1.5.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.1.5.4.1 Usages en médecine traditionnelle

C.cheirifolium est une plante d'usage populaire dont les parties utilisées sont les feuilles, les fleurs et les branches pour traiter l'acné, diarrhée, blessure et ulcère (**Belda et al., 2013**).

1.1.5.4.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

L'extrait aqueux possède une activité antioxydante modérée et une bonne activité antimicrobienne (**Achour Aoul, 2014**).

D'après l'étude faite par **Bensaid et al. (2017)**, *C.cheirifolium* possède une activité antioxydante.

Le résultat obtenu par la bioautographie et la spectrophotométrie des extraits de *C.cheirifolium* indique qu'elle possède une activité antioxydante et une activité anti-acétylcholinestérase (**Darou et Ameer, 2019**).

1.1.5.5 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

L'extrait aqueux des feuilles de *C.cheirifolium* possèdent une teneur en phénols égale à $48,38 \pm 1,24$ mg d'équivalent d'acide gallique /g d'extrait lyophilisé et en flavonoïdes équivalente à $17,47 \pm 0,90$ mg de catéchine /g d'extrait lyophilisé (**Rached, 2009**).

L'extrait méthanolique et acétate d'éthyle de cette plante contiennent d'importante quantité de flavonoïdes (**Darou et Ameer, 2019**).

L'analyse phytochimique par CCM des extraits (hexanique, chloroformique, acétate d'éthyle, méthanolique et aqueux) a permis de mettre en évidence les polyphénols tel que la rutine, flavane, acide *p*-coumarique, acide gallique, acide caféique, et anthrones et anthranols (**Darou et Ameer, 2019**).

L'analyse phytochimique des alcaloïdes de type pyrrolizidine de cette plante a mis en évidence la présence de neuf composés volatils de cette classe : 7-angeloylheliotridine; 7-seneciolyheliotridine; viridiflorine; 7-angeloyl-9-(2,3-dihydroxybutyryl) heliotridine; isomère de (7-angeloyl-9-(2,3-dihydroxybutyryl) heliotridine; 7-angeloylechinate; 7-angeloylrinderine; 9-angeloyltrachelanthamidine et 7-tigloylheliotridine (**Benamar et al., 2020**).

1.1.6 Le genre *Solenanthus* Ledeb

1.1.6.1 Présentation

Ce sont des plantes vivaces en général veloutées, sur tout dans l'inflorescence. Un genre d'environ 17 espèces présentes en Europe du Sud-Ouest et l'Asie centrale, une espèce en Chine centrale (**Benamar, 2016**). En Algérie le genre *Solenanthus* est représenté par deux espèces *S.lanatus* DC et *S.tubiflorus* Murb (**Quezel et santa, 1963b**).

1.1.6.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.1.6.2.1 Usages en médecine traditionnelle

Dans la médecine traditionnelle Iranienne, *S.circinnatus* a été utilisée pour soulager la douleur et l'inflammation (**Ranjbar, 2010**).

1.1.6.2.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

S.circinnatus possède une activité analgésique, qui supprime ou inhibe la douleur aiguë et chronique (**Ranjbar, 2010**).

1.1.6.3 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Les composés phénoliques identifiés dans les extraits méthanoliques de *S.circinnatus* sont l'acide coumarique, l'eugénol, le 2-6-diméthyl phénol, et l'acide salicylique. *S. stamineus* contient l'acide caféique, l'acide coumarique, l'eugénol, l'estragole (4-Allylanisole), 2-6-diméthyl phénol, l'acide salicylique, et *p*-crésol (**Adel, 2017**).

1.1.7 *Solenanthus lanatus* DC.

1.1.7.1 Classification

Règne : Plantae

Dévision : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Boraginales

Famille : Boraginaceae

Sous-famille : Boraginoideae

Genre : *Solananthus* Ledeb

Espèce : *Solananthus lanatus* DC.

(<https://www.gbif.org/fr/species/7713757>).

1.1.7.2 Description botanique

C'est une plante vivace de 20 à 30 cm de hauteur, rameuse, à feuilles alternes lancéolées, entièrement couvertes de poiles d'un blanc argenté, particulièrement denses dans l'inflorescence. Fleurit aux premiers jours du printemps (**Bensiston et Bensiston, 1984**).

1.1.7.3 Distribution et habitat

Solananthus lanatus est endémique de la région Maroc-Algérie (**Bensiston et Bensiston, 1984**). Elle se trouve dans les lieux herbeux (**Alph, 1866**). Très commune au bord des chemins, dans les environs d'Alger et Oran (**Giles, 1847**).



Figure 3 : Photo de *Solananthus lanatus* prise par Dr. Houari Benamar.

- **Le nom vernaculaire**

- En Arabe : Taba el aoud et Tiz el kelba (**Quezel et santa, 1963b**).

1.1.7.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.1.7.4.1 Usages en médecine traditionnelle

Les feuilles sont utilisées dans la médecine traditionnelle pour le traitement des maladies des yeux et de la peau, des brûlures et des plaies (**Ranjbar, 2010**).

1.1.7.4.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

L'extrait éthanolique de la plante entière de *S.lanatus* a été utilisé pour l'isolement d'inhibiteurs de l'acétylcholinestérase. Un nouvel alcaloïde de type pyrrolizidine, 7-O-angéloyléchinatine N-oxyde, a été isolé avec trois composés connus de la même classe (3-O-acétylhéliosupine N-oxyde, héliosupineN-oxyde, et héliosupine), par une approche guidée par essai biologique. Leurs structures ont été élucidées par des méthodes spectroscopiques. Tous les composés isolés ont montré une activité d'inhibition de l'acétylcholinestérase (**Benamar et al., 2016**).

S.lanatus possède une activité inhibitrice d'acétylcholinestérase et une activité antioxydante (**Darou et Ameur, 2019**).

1.1.7.5 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Le criblage phytochimique de l'extrait éthanolique de la plante entière de *S.lanatus* a permis de déterminer les phytoconstituants suivants: alcaloïdes, lignanes, saponines, terpénoides, flavonoïdes, acides phénoliques, coumarines, glycosides cardiotoniques, sesquiterpènes lactones et tannins (ellagiques et galliques) (**Benamar, 2016**).

L'analyse phytochimique par CCM des extraits (hexanique, chloroformique, acétate d'éthyle, méthanolique et aqueux) a permis de mettre en évidence les polyphénols tel que l'acide caféique, acide gallique, acide *p*-coumarique, anthrones et anthranols, rutine, et flavane (**Darou et Ameur, 2019**).

L'extrait méthanolique de *S.lanatus* montre une teneur élevée en flavonoïdes avec 57.73 mg équivalent de catéchine/ g extrait sec (**Darou et Ameur, 2019**).

1.2 La famille des Anacardiaceae

1.2.1 Présentation

Cette famille possède environ 800 espèces tropicales et subtropicales, avec quelques représentants sur le pourtour méditerranéen et dans les régions tempérées de l'Amérique du Nord. Elles sont rassemblées en 70 genres. Les principaux sont : *Rhus* [=Toxicodendron], avec 200 espèces des régions tempérées et chaudes, *Semecarpus*, avec 60 espèces d'Indo-Malaisie et Nouvelle-Calédonie, *Mangifera*, avec 50 espèces originaires d'Indo-Malaisie, *Sorindeia*, avec 50 espèces d'Afrique tropicale et Madagascar, *Trichoscypha*, avec 50 espèces, d'Afrique tropicale, et *Anacardium*, avec 11 espèces d'Amérique tropicale (Botineau, 2010).

Arbres, arbustes, ou lianes ; généralement à tannins ; à canaux résinifères verticaux présents dans l'écorce et associés aux principales nervures des feuilles, souvent aussi dans d'autres parenchymateux, la résine transparente à l'état frais mais noire à la dessiccation, causant fréquemment l'inflammation de la peau. Poils variables. Feuilles généralement alternes et composées pennées, mais parfois trifoliolées ou unifoliolées, folioles entières ou dentées-serrées à nervation pennée ; stipules \pm absentes. Inflorescences déterminées, terminales ou axillaires. Fleurs presque toujours unisexuées (plantes généralement dioïques), actionomorphes, petites, souvent à staminodes ou pistilodes bien développés. Sépales généralement 5, libres ou légèrement soudés. Pétales généralement 5, libres ou légèrement soudés \pm imbriqués. Etamines 5-10, parfois plus nombreuses ou réduites à une seule étamine fertile ; à filets généralement libres et glabres ; grains de pollen généralement tricolporés. Carpelles normalement 3, parfois 5, diversement soudés ; ovaire généralement supère, parfois à carpelles tous fertiles et à gynécée pluriloculaire à placentation axile, plus souvent à un seul carpelle bien développé et fertile (les autres représentés typiquement par leur seul style) et à gynécée \pm asymétrique et uniloculaire à placentation apicale ; stigmates généralement capités. Ovules 1 par loge, ou 1 dans le seul carpelle fertile. Disque nectarifère intrastaminal présent. Fruit une drupe souvent aplatie et asymétrique ; albumen fugace ou absent (Botineau, 2010).

1.2.2 Le genre *Rhus* L.

1.2.2.1 Présentation

Sumac est le nom commun d'un genre (*Rhus*) qui contient plus de 250 espèces individuelles de plantes à fleurs de la famille des Anacardiaceae (Lahsissee et al., 2009).

Les plantes du genre sont des arbustes ou de petits arbres, formant souvent des fourrés, avec des feuilles composées 1-pennées et des drupes rouges flasques (**Burrows et Tyrl, 2013**).

Ce genre se trouve dans les régions tempérées et régions tropicales du monde entier, avec des membres représentatifs par emplacement géographique. En général, le sumac peut pousser dans des régions non agricoles viables (**Pourhamad et al., 2010**). En Algérie on trouve principalement trois espèces de *Rhus* : *R.coriaria* L., *R.pentaphylla* L., *R.tripartitum* (Ucria) Grande (**Quezel et santa, 1963b**).

1.2.2.2 Propriétés pharmacologiques et biologiques

1.2.2.2.1 Usages en médecine traditionnelle

Le sumac (*R.coriaria* L.) est traditionnellement utilisé en Asie et en Europe comme aliment ou herbe médicinale pour le traitement de la diarrhée, des hémorroïdes et de la goutte (**Kossah et al., 2010**). Diverses espèces ont été utilisées par les cultures indigènes à des fins médicinales et autres effets athéroprotecteurs et sont consommées dans certains plats Persans (**Pourhamad et al., 2010**).

1.2.2.2.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

Selon la littérature, le fruit de Sumac possède plusieurs activités biologiques dont des effets bénéfiques *in vivo* contre le diabète induit par la streptozotocine, des effets hypolipidémiques chez le rat hypercholestérolémique, des effets cardioprotecteurs chez les patients hyperlipidémiques, des effets de la prévention de l'entérocolite nécrosante, des effets neuroprotecteurs dans un modèle murin de neuropathie optique ischémique et un modèle *in vitro* de dégénérescence rétinienne (**Nozza et al., 2020**). Les recherches scientifiques récentes ont révélé que les composés de *R.chinensis* possèdent de fortes activités antivirales, antibactériennes, anticancéreuses, hépatoprotectrices, antidiarrhéiques et antioxydantes, ainsi les composés de cette plante se sont également révélés inhibiteurs de la déminéralisation de l'émail *in vitro* et améliorateurs de la reminéralisation de l'émail dentaire avec du fluorure (**Djakpo et Yao, 2010**).

1.2.2.3 Toxicité

Les plantes de la famille des Anacardiaceae sont de véritables fléaux, notamment aux Etats-Unis. Plusieurs espèces du genre *Rhus* sont particulièrement renommées pour leurs méfaits sur la peau (**Sell et al., 2002**).

Certaines études réalisées sur *R.toxicodendron*, *R.radicans* et *R.diversiloba* ont démontré que la résine sécrétée par ces plantes peut générer une dermatite de contact lorsqu'elle est appliquée sur la peau en raison de la présence du composé urushiol. Ce dernier peut provoquer la mort chez les personnes très sensibles à ses effets toxiques (Botineau, 2010).

1.2.2.4 Études phytochimiques antérieures et principaux métabolismes secondaire isolés

Le Sumac a des propriétés antioxydantes et antidiabétiques en raison de leur teneur élevée en polyphénols (Majd Soleymani et al., 2017).

Les résultats obtenus par différents groupes de recherche ont démontré la présence de l'acide protocatechuique, fustine, fisetine, sulfurétine et butéine dans *R.verniciflua* (Kun-Young et al., 2004).

En outre, d'autres polyphénols ayant une activité antioxydante ont été identifiés, tel que le garbanzol, la quercétine, l'acide gallique et l'ementoflavone. Ces molécules se sont avérées avoir de wlarges applications en santé en arrêtant les processus associés au stress oxydatif, qui cause les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives et le cancer (Varela-Rodríguez et al., 2019).

1.2.3 *Rhus pentaphylla* Desf.

1.2.3.1 Classification

Règne : Plantae

Division : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Sapindales

Famille : Anacardiaceae

Sous-famille : Anacardioidies

Genre : *Rhus* L.

Espèces : *Rhus pentaphylla* (Jacq.) Desf.

(<https://www.gbif.org/fr/species/3662193>).

1.2.3.2 Description botanique

C'est un arbre ou arbuste qui peut atteindre de 5 à 6m, mais il se présente souvent comme un buisson de 2 à 3m. Son enracinement est puissant. Ses rameaux sont épineux. Ses feuilles, caduques, ne tombent pas qu'à la saison d'été (**Seigue, 1985**). Cunéiformes 5-7 fois plus longues que larges, entières ou dentées au sommet. Rameaux grisâtres. Fruit jaune rougeatre globuleu 6-8 mm (**Quezel et Santa, 1963b**).

1.2.3.3 Distribution et habitat

Cette espèce se trouve en Afrique du Nord : elle est rare en Tunisie et fréquente dans l'Ouest d'Algérie et au Maroc. On la trouve également sous diverses variétés : en Espagne, dans la région de Malaga (**Ouriemchi, 2017**). Elle est commune à Arzew et dans la plaine du Sig, à Oran. Elle ne se trouve pas à Alger (**Giles, 1847**). En Oranie, cet arbuste n'excède jamais 4,5mètres de hauteur et ne se trouve que dans les Sahels littoraux dans les plus dégradées (**Alcarz, 1991**)



Figure 4: Photo de *Rhus pentaphylla* prise par Prof. Abderrazak Marouf.

- **Les noms vernaculaires**

-En Berbère : Taza ou Tizrha, Jdari.

-En Français : Sumac.

- En Anglais : Sumach.

-En Arabe : Sumaq, سماق.

1.2.3.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.2.3.4.1 Usages en médecine traditionnelle

Les feuilles, les racines et les écorces, en décoction, sont employées pour combattre les troubles gastro-intestinaux (**Bellakhdar, 1997**). Les feuilles fraîches écrasées, en cataplasme, sont utilisées contre les blessures (**Bammi et Douira, 2002**). Les fruits, frais ou secs, sont utilisés dans le traitement des diarrhées (**Lahsissee et al., 2009**).

1.2.3.4.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

Les études réalisées sur *R.pentaphylla* ont prouvé un potentiel pour certaines activités biologiques. L'étude de **Rached (2009)** a montré une activité antioxydante dans les extraits de feuilles et une faible activité dans les extraits des fruits et des graines.

Selon les essais *in vitro* de **Fadhil et al. (2018)**, les extraits de fruits de *R.pentaphylla* ont présenté un bon effet antibactérien contre *Echerischia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, aussi sur *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus*.

Le travail de **Mesaoudi et al. (2019)** a révélé que les extraits aqueux de *R.pentaphylla* induisent un effet antihypertenseur, améliorent la diurèse et la réactivité vasculaire chez des rats hypertendus.

Le travail de **Hamadouche et Sardi Lakdja (2019)** a montré que l'extrait alcaloïdique de *R.pentaphylla* possède un bon effet inhibiteur de l'acétylcholinestérase par deux méthodes employées : bioautographie et spectrophotométrie. Ainsi il a été détecté une capacité antiradicalaire du DPPH chez l'extrait hexane, méthanol et alcaloïde par la spectrophotométrie et la bioautographie.

1.2.3.5 Toxicité

Selon **Mesaoudi et al. (2019)** l'administration orale des extraits aqueux de *R.pentaphylla* n'a révélé aucune mortalité, ni toxicité sur son modèle expérimental.

1.2.3.6 Études phytochimiques antérieurs et principaux métabolites secondaires isolés

Une analyse phytochimique des différentes parties de *R.pentaphylla* réalisée par **Ben Mansour et al. (2011)** a montré la présence des tannins, des flavonoïdes et des coumarines.

Une analyse CCM a indiqué la présence de quercétine, l'acide *p*-coumarique et l'acide chlorogénique dans les extraits de feuilles de *R. pentaphylla* (**Hamadouche et Sardi Lakdja, 2019**).

1.3 La famille des Oleaceae

1.3.1 Présentation

Cette famille comprend 25 genres et environ 500 à 600 espèces qui sont séparées en deux sous-familles: Jasminoideae et Oleideae (**Besnard et al., 2002**).

Arbres ou arbustes; à feuilles caduques ou à feuilles persistantes; dioïques ou polygamodioïques ou portant des fleurs parfaites. Feuilles simples ou composées 1-pennées; opposées ou rarement sous-opposées; nervation pennée; stipules absentes. Inflorescences cymes ou glomérules paniculées ou racémeuses; terminales ou axillaires. Fleurs parfaites ou imparfaites, staminées et pistillées semblables; périanthes absents ou en série 1 ou 2. Calices radialement symétriques. Sépales 4 ou 6–12 ou absents; persistants ou caduques; fusionnés. Corolles radialement symétriques. Pétales 4 ou 6–12 ou absents; fusionnés ou libres. Étamines 2–5. Pistils 1; composés, carpelles 2; stipités ou sessiles; stigmates 1, 2 lobés; styles 1; ovaires supérieurs; locules 1 ou 2; placentation axile; ovules 1 ou 2 par locule. Fruits drupes ou samares ou baies ou capsules. Graines 1–4 (**Hoffmanns et Link, 2013**).

Les Oleaceae comprennent 29 genres et 600 espèces largement distribuées dans les régions tropicales et tempérées, mais particulièrement dans le Sud-Est Asiatique et en Australie (**Botineau, 2010**).

Les Oleaceae ont une importance économique et esthétique et fournissent de nombreux produits commerciaux tels que la nourriture, le bois d'œuvre, les cosmétiques et l'huile d'olive. Certaines présentent des caractéristiques ornementales, comme *Forsythia spp* et *Fraxinus spp* (les cendres), qui ainsi que leur couleur automnale sont également connues pour leur bois de feuillus (**Obeid et al., 2008**).

1.3.2 Le genre *Olea* L.

1.3.2.1 Présentation

Arbres ou arbustes; feuilles opposées, généralement assez entières; fleurs hermaphrodites ou polygames, en panicules trichotomiques. Calice cupulaire ou

brièvement campanulé, à 4 dents. Tube de corolle court; lobes 4, étalés, valvés indupliqués. Étamines 2, insérées dans le tube de la corolle; filaments courts; anthères ovales, dorsifixées. Ovaire à 2 cellules; style court; stigmate capité ou brièvement bifide; ovules 2 dans chaque cellule, pendants de la paroi interne. Drupe ovoïde, oblongue ou globuleuse; endocarpe osseux ou crustacé. Graines généralement solitaires; cotylédons plats; albumine charnu, parfois ruminé (**Thiselton-Dyer et Hill, 2014**).

Le genre *Olea* se divise en trois sous-genres, *Tetrapilus*, *Paniculatae* et *Olea* (**Rugini et al., 2011**). Le sous-genre *Olea* est séparé en deux sections: *Olea* (comprenant les oliviers cultivés et ses espèces sauvages apparentées) et *Ligustroides*. Les principaux caractères utilisés pour distinguer ces deux sections sont l'indumentum et la position de la panicule (**Besnard et al., 2002**). Les espèces sont d'environ 40 ; distribuées en Asie centrale ou tropicale, en Méditerranée, en Afrique tropicale, aux îles Mascareignes et en Nouvelle-Zélande (**Thiselton-Dyer et Hill, 2014**). En Algérie il existe environ 150 variétés d'olivier (**Abdessemed et al., 2018**).

1.3.2.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.3.2.2.1 Usages en médecine traditionnelle

Olea lancea lam. est utilisée par les herboristes comme remède (souvent combinée avec d'autres espèces végétales) pour traiter la constipation, le diabète, la poliomyélite, la tuberculose pulmonaire, l'inflammation mésentérique, les éruptions cutanées, comme aphrodisiaque, un emménagogue et un abortif, contre la fièvre, pour soulager les symptômes de l'asthme chez les enfants, pour améliorer la mémoire et pour traiter l'hypertension (**Hansen et al., 1996**).

Une enquête ethnobotanique des plantes médicinales dans la région Rabat (Maroc) a indiqué l'utilisation d'*Olea europaea* L. par la population locale, pour le traitement des maux de l'appareil auditif, en instillant l'huile légèrement chauffé dans les oreilles spécialement dans le cas des otites douloureuses, et pour les troubles digestives (**Hseini et Kahouadji, 2007**).

1.3.2.2.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

L'huile d'olive présente essentiellement des propriétés antioxydantes, antihypertensives et antiagrégantes plaquettaires, elle est responsable d'effets préventifs contre des maladies cardiovasculaires. La feuille d'olive exerce des activités antioxydantes,

hypotensives, spasmolytiques, hypoglycémiantes, hypocholestérolémiantes et antiseptiques, outre les propriétés diurétiques (**Ghedira, 2008**).

Selon **Vogel et al. (2015)** les composés phénoliques présents dans les feuilles d'olivier, en particulier l'oleuropéine, sont associés à une activité antioxydante, antihypertensive, hypoglycémique, hypocholestérolémique et cardioprotectrice, il a mentionné aussi que de nombreuses études associent à l'oleuropéine un effet anti-inflammatoire dans les traumatismes de la moelle osseuse et comme support dans le traitement de l'obésité.

L'inclusion d'un extrait de grignons d'olive d'*Olea europaea* dans l'alimentation des poulets de chair a amélioré la croissance animale probablement en raison de ses propriétés anti-inflammatoires, ainsi ajouté dans les régimes alimentaires de la dorade, il a montré un effet positif sur les performances de croissance en améliorant le métabolisme des lipides hépatiques et la fonction immunitaire innée intestinale (**Herrero-Encinas et al., 2020**).

1.3.2.3 Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Les olives sont une riche source de triterpènes pentacycliques tels que les acides oléanoliques et masliniques. L'acide maslinique est également le principal composant des revêtements protecteurs d'olives de type cire (**Reyes et al., 2006**).

Une expérience réalisée par **Pereira et al. (2007)** sur les feuilles d'olivier pour le but de déterminer les composées phénoliques et d'évaluer l'activité antimicrobienne, a menée à l'identification de sept composés phénoliques à faible concentrations : acide caféique, verbascoside, oleuropéine, lutéoline 7-O-glucoside, rutine, apigénine 7-O-glucoside et lutéoline 4'-O-glucoside. Ainsi le travail de **Ghedira (2008)** a indiqué la richesse de ces feuilles en triterpènes, flavonoïdes, sécoiridoïdes dont l'oleuropéoside et en acides phénoliques.

1.3.3 *Olea europaea subsp. laperrinei* Batt. et Trab.

1.3.3.1 Classification

Règne : Plantae

Division : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Oleaceae

Sous-famille : Oleoideae

Genre : *Olea* L.

Espèce : *Olea europaea* L.

Sous-espèce : *Olea europaea* subsp. *laperrinei* Batt. et Trab.

(<https://www.gbif.org/species/5830159>).

1.3.3.2 Description botanique

Espèce de souche septentrionale endémique des massifs montagneux, habituellement arbuste rabougris dans les stations rupicoles, il peut atteindre 4 m dans les stations favorables proches des nappes phréatiques. Arbuste à feuilles lancéolées-linéaires et à fruits plus petits que l'olive et à noyau à peine coriace. Diffère de l'oléastre par ses feuilles lancéolées-linéaires avec un mucron très développé, par ses inflorescences toujours axillaires, par son noyau à endocarpe mince et fragile. Il peut atteindre une taille arborescente remarquable, souvent en forme de buissons (**Benkheira, 2012**).

1.3.3.3 Distribution et habitat

C'est un olivier sauvage qui vit sur les montagnes du Sahara (de 1000 à 2000 m) ainsi que dans les îles de Macaronésie, tantôt sur les montagnes, tantôt presque au niveau de la mer (**Chevalier, 1948**). Elle n'est observée en Algérie qu'au Sahara central (Ahaggar, Taessa, Abeleheg, Hoggar, Tefedest, Tassili et Mouyedir), essentiellement dans les régions montagneuses dont l'altitude atteint 2800 m, avec de faibles précipitations inférieures à 100 mm (**Baali-Cherif et Besnard, 2005**).

Elle abrite les fissures des rochers, failles des falaises, gorges, gueltas, oueds des plateaux de hautes montagnes sahariennes, lits caillouteux des oueds; ravins encaissés des massifs montagneux du Sahara central Algérien (**Benkheira, 2012**).



Figure 5: Photo d'*Olea europaea subsp. laperrinei* prise par Prof. Malika Bennaceur.

- **Les noms vernaculaires**

- En Targui : Aléo (**Quezel et Santa, 1963b**).
- En Français : Olivier de Laperrine ou Olivier du Sahara.
- En Arabe : Zaitoun, زيتون.

1.3.3.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.3.3.4.1 Usages en médecine traditionnelle

Les feuilles et les écorces ont des propriétés : diurétiques, fébrifuges, hypotensives, et toniques (**Baba Aissa, 2000**).

1.3.3.4.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

Les feuilles d'*Olea. europaea subsp. laperrinei* ont révélé un effet insecticide sur le développement de l'espèce d'insecte étudiée, ce qui les qualifié d'être une source de bio-insecticides (**Lahcene et al., 2018**). Dans le travail de **Benamar (2008)**, une activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase a été indiquée chez l'extrait aqueux des feuilles.

L'évaluation des activités biologiques par la bioautographie et la spectrophotométrie a montré une bonne activité antioxydante sur le radicale libre DPPH et un bon effet inhibiteur d'acétylcholinestérase chez les extraits des feuilles d'*Olea. europaea subsp. laperrinei* (**Hamadouche et Sardi Lakdja, 2019**).

1.3.3.5 Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Les résultats de **Rached (2009)** ont montré la richesse des feuilles d'*Olea. europaea* subsp. *laperrinei* en composés phénoliques et en flavonoïdes.

L'étude analytique du profil chimique des parties aériennes de cet olivier a déterminé leur composition en : hydroxytyrosol, tyrosol, oleuropéine, acide férulique, quercétine et hespérétine (**Lahcene et al., 2018**).

L'analyse phytochimique par CCM de **Hamadouche et Sardi Lakdja (2019)** a montré la présence de l'acide caféique, la quercétine, et la rutine dans les extraits de feuilles d'*O. europaea* subsp. *laperrinei*. Il a été aussi signalé dans leur étude la richesse de ces extraits en composés phénoliques et flavonoïdes.

1.4 La famille Ranunculaceae

1.4.1 Présentation

Les Ranunculaceae sont une famille de plantes dont la répartition mondiale comprend 59 genres et plus de 2200 espèces, communément appelées boutons d'or. La famille de la renoncule est l'un des taxons les plus basiques des angiospermes, et en particulier des eudicots (**APG II, 2003**).

Les boutons d'or ont également une morphologie très variable, qui se reflète principalement dans la diversité des modèles de développement des fleurs et la variabilité de la structure des fleurs au sein de cette famille (**Yang et al., 2019**). Une grande différence existe entre les espèces, mais de nombreux intermédiaires les relient les unes aux autres. Il y a une exception, ligneuse, grimpante et à feuilles opposées, avec le genre *Clematis*. Mais généralement, les Ranunculaceae sont des plantes herbacées, souvent vivaces par un bulbe, un rhizome ou des racines tubérisées, mais parfois annuelles. Les Ranunculaceae sont réparties surtout dans les régions tempérées et froides. Les plus importants *Ranunculus* avec 400 espèces et qui a donné le nom à la famille, *Aconitum*, *Clematis*, *Delphinium*, chacun avec 250 espèces, *Anemone*, avec 150 espèces, et *Thalictrum*, avec 100 espèces (**Botineau, 2010**).

1.4.2 Le genre *Clematis* L.

1.4.2.1 Présentation

Les clématites sont bien présentes dans les jardins. Cependant, ce sont surtout les hybrides à grandes fleurs qui sont plantées. Les clématites sauvages restant confidentielles. Pourtant, elles ne manquent pas d'atouts : vigueur, floribondité, résistance, durée de vie, variabilité des formes et coloris des fleurs, plantes petites ou grandes, grimpantes ou non, ligneuses ou herbacées, fleurissant au printemps, en été, en automne ou en hiver (**Cédrite, 2013**).

Le genre *Clematis* est un grand genre au sein des Dicotylédones. La Flore de Chine répertorie 147 espèces (93 sont endémiques à la Chine) (**Wu et al., 2010**), 110 espèces sont réparties dans le Sud-Ouest de la Chine et 3 espèces en Algérie *C.vitalba*, *C.cirrrosa* et *C.flammula* (**Quezel et Santa, 1962a**).

Les espèces de *Clematis* sont très répandues dans l'hémisphère nord et ont été largement utilisées comme médicaments traditionnels dans le monde entier. Le mot est dérivé du terme grec et signifie " vigne ". La plupart des espèces sont connues sous le nom de clématite en français, tandis que certaines sont également connues sous les noms de joie du voyageur, de fleur de cuir, de vigne vase et de tonnelle de la Vierge, les trois derniers étant des noms utilisés pour les espèces Nord-Américaines (**Chawla et al., 2012**).

1.4.2.2 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.4.2.2.1 Usages en médecine traditionnelle

Vingt-six espèces du genre *Clematis* ont été traditionnellement utilisées en médecine pour le traitement des maladies telles que les troubles nerveux, la syphilis, la goutte, le paludisme, la dysenterie, les rhumatismes, l'asthme, comme analgésiques, anti-inflammatoires, diurétiques, anti-tumorales, antibactériennes, anticancéreuses et contre les ampoules et comme cataplasme pour les plaies et les ulcères en phase de cicatrisation (**Chawla et al., 2012**).

Les parties aériennes de diverses espèces de *Clematis* sont particulièrement utilisées en Europe et en Asie orientale comme antidotes contre les morsures de serpent, et dans le traitement de la fièvre, des infections oculaires, des symptômes de la gonorrhée, des maladies osseuses, des affections cutanées chroniques, et de la goutte et de la varicosité (**Chawla et al., 2012**).

1.4.2.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

Les clématites sont une source botanique de divers composants pharmaceutiquement actifs. L'intérêt médicinale croissant des clématites a conduit à la découverte des saponines triterpéniques, des flavonoïdes, des coumarines, des alcaloïdes et de nombreux autres composés (**Chawla et al., 2012**).

Les utilisations traditionnelles des espèces de *Clematis* dans le traitement du cancer et des maladies inflammatoires ont été validées par la pharmacologie moderne. Par exemple, *C.chinensis*, *C.mandshurica*, *C.microphylla*, *C.glycinoides*, *C.ligusticifolia* et *C.brachiata* ont démontré une activité anti-inflammatoire (**Jangwan et Dobhal, 2008 ; Peng et al., 2009**), tandis que *C.manshurica*, *C.montana* et *C.apifolia* ont montré des activités anticancéreuses (**Fu et al., 2010 ; Hsieh et al., 2011**).

Des études pharmacologiques ont été menées sur des espèces de *Clematis* où des principes bioactifs sont isolés. Par exemple, les glycosides triterpénoïdiques à base d'acide oléanolique et d'héredagénine de *C.ganpiniana* ont démontré une activité anti-inflammatoire, diurétique et anticancéreuse (**Ding et al., 2009**). Les montanosides A, B et la lectine de *C.montana* ont démontré une activité anticancéreuse *in vitro* (**Jangwan et Dobhal, 2008 ; Peng et al., 2009**).

Le glucoside d'héredagénine de *C.tangutica* a montré une activité antimicrobienne *in vitro* (**Zhizhi et al., 2003**).

L'isovitexine 6"-O-E-p-coumarate, un flavonoïde de *C.rehderiana*, a montré une activité antioxydante (**Du et al., 2010**).

1.4.2.3 Toxicité

Une étude approfondie a révélé que la protoanémonine et l'acide aristolochique présents chez les espèces de *Clematis* provoquent de graves effets toxiques, la protoanémonine est extrêmement irritante pour la peau et les muqueuses (**Tilford, 1997**).

1.4.2.4 Etudes phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Les espèces de *Clematis* ont une large gamme de constituants tels que les triterpènes, les flavonoïdes, les lignanes, les coumarines, les alcaloïdes, les huiles volatiles, les stéroïdes, les acides organiques, les composés macrocycliques, les polyphénols, etc. Parmi ceux-ci, les triterpènes, les saponines, les flavonoïdes et les lignanes constituent les

principales classes de constituants chimiques. Les recherches sont principalement portées sur *C.chinensis*, dont les racines et les rhizomes renferment plus de 40 saponines triterpéniques et lignanes (Shao et al., 1995, 1996 ; He et al., 2001 ; Mimaki et al., 2004).

Les flavonoïdes des espèces de *Clematis* sont principalement des flavonols, des flavones, des isoflavones, des flavanones, des xanthones et leurs glucosides. Les aglycones sont principalement l'apigénine, le kaempférol, la lutéoline et la quercétine (chawla et al., 2012).

1.4.3 *Clematis cirrhosa* L.

1.4.3.1 Classification

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Ranunculales

Famille : Ranunculaceae

Sous-famille : Clematideae

Genre : *Clematis* L.

Espèce : *Clematis cirrhosa* L.

(<https://www.gbif.org/fr/species/6374830>).

1.4.3.2 Description botanique

C.cirrhosa a été décrit en 1753 par Carl Linnaeus. Ces feuilles sont pendantes en cloches, assez grandes (2.5 à 3 cm), fasciculées, simples, trifides ou tripartites avec des bords entiers, lobés ou incisés-dentés solitaires (Quezel et Santa, 1962a).

1.4.3.3 Distribution et habitat

C.cirrhosa existe dans la péninsule ibérique, la péninsule des Apennins, la péninsule Balkanique, la Turquie, la Méditerranée orientale, le Nord-Ouest de l'Afrique et la Libye. En Algérie, elle existe dans toute la zone bien arrosée du littoral Méditerranéen et vie dans les broussailles et les forêts (Quezel et Santa, 1962a).



Figure 6: Photo de *Clematis cirrhosa* prise par Dr. Houari Benamar.

- **Les noms vernaculaires**

-En Arabe : Cheham el atrous (**Quezel et Santa, 1962a**).

-En Français : Clématite à vrilles.

1.4.3.4 Propriétés biologiques et pharmacologiques

1.4.3.4.1 Usages en médecine traditionnelle

Les racines, en cataplasme, sont vulnérables et utilisées pour soigner les brûlures. La plante fraîche est utilisée pour traiter la maladie dite búzelum (sorte de sciatique). La clématite est également indiquée dans les refroidissements, les maladies du foie et de la rate (**Alaoui et Laaribya, 2017**).

1.4.3.4.2 Activités biologiques et pharmacologiques reconnues

C.cirrhosa a présenté une activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase et une activité antioxydante (**Omar, 2019**).

1.4.3.5 Études phytochimiques antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

L'analyse phytochimique CCM des extraits (éthanolique, alcaloïdique, hexanique, chloroformique, acétate d'éthyle, méthanolique et aqueux) de cette plante a permis de mettre en évidence la présence d'alcaloïdes et de polyphénols tel que l'acide caféique,

l'acide trans-férulique, l'acide *p*-coumarique, l'acide ellagique, l'acide chlorogénique et la quercétine (Omar, 2019).

2 Le stress oxydant et antioxydants

2.1 Le stress oxydant

Le stress oxydant se définit par un déséquilibre entre les antioxydants et les prooxydants en faveur de ces derniers. Cette situation peut résulter d'une déficience ou défaillance en systèmes antioxydants, des troubles de production, de distribution ou d'une abondance accrue des prooxydants, les principaux éléments prooxydants sont les espèces dérivées de l'oxygène (Noichri, 2016).

2.1.1 Espèces réactives de l'oxygène

2.1.1.1 Définition

Les ERO sont des espèces chimiques oxygénées telles que les radicaux libres, ions oxygénés, peroxydes, rendues chimiquement très réactives par la présence d'électrons de valence non appariée dans l'orbitale la plus externe, elles font partie des systèmes ubiquitaires ayant une courte durée de vie (Bensakhria, 2015).

2.1.1.2 Origine

Les sources des ERO sont à la fois extracellulaires (polluants, xénobiotiques, médicaments et radiations) et intracellulaires. La majeure partie des ERO (généralement plus de 90%) est générée par réduction incomplète de l'oxygène au niveau de la mitochondrie (principalement lors de situation entraînant une suractivation de la chaîne respiratoire comme dans le cas de l'effort physique), ou par différents systèmes enzymatiques (NADPH oxydase membranaire, xanthine oxydase, lipo-oxygénase, cytochrome P450 et les enzymes du peroxydome) et par le système photosynthétique. (Nemniche, 2017 ; Durand et al., 2013). Il existe aussi des sources non enzymatiques qui produisent les ERO l'exemple de l'auto-oxydation de l'adrénaline, la dopamine, des flavines et l'hémoglobine (Bensakhria, 2015).

2.1.1.3 Principales

L'oxygène moléculaire sert d'accepteur d'électrons principal produisant l'anion superoxyde. Des étapes réductrices univalentes ultérieures peuvent conduire à la génération de toute une gamme des ERO (figure 7) (Kaikbad, 2010).

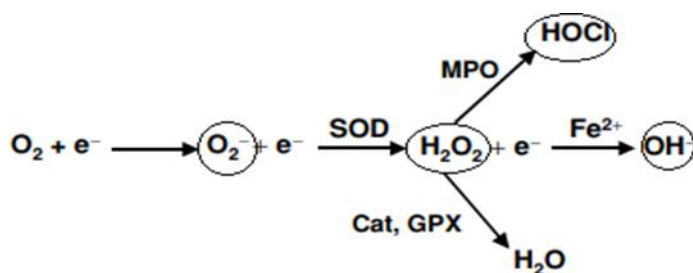


Figure 7: Dérivation chimique des principales espèces réactives de l'oxygène.

O_2 , molécule d'oxygène; e^- , électron libre ; O_2^- , superoxyde; H_2O_2 , peroxyde d'hydrogène; SOD, superoxyde dismutase; MPO, myeloperoxydase; Cat, catalase; GPX, glutathione peroxydase; H_2O , l'eau; $HOCl$, acide hypochlorous; Fe^{2+} , ions ferriques; OH^- , radical hydroxyl (Kaikbad, 2010).

2.1.2 Maladies provoquées par le stress oxydant

2.1.2.1 Chez l'homme

Les quantités plus élevées de ERO jouent un rôle dans un certain nombre de maladies humaines, notamment l'arthrite, le cancer, le diabète, l'athérosclérose, l'ischémie, les défaillances du système immunitaire (Rajendran *et al.*, 2014).

Le stress oxydatif est un phénomène bien établi qui survient dans les maladies neurodégénératives. Ceci, couplé à une augmentation de l'apoptose et de l'autophagie, contribue à la neurodégénérescence et à la perte de mémoire observées dans la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson et la sclérose latérale amyotrophique (Di Meo *et al.*, 2016).

2.1.2.2 Chez la plante

Comme chez les animaux, dès que la production d'ERO dépasse la capacité antioxydante des cellules végétales, plusieurs symptômes sont observés. Cette hyperaccumulation se traduit le plus souvent par un blanchiment des feuilles lié à une oxydation de chlorophylle ou, à terme, par une mort cellulaire de type nécrotique (Parent *et al.*, 2008) (Figure8).

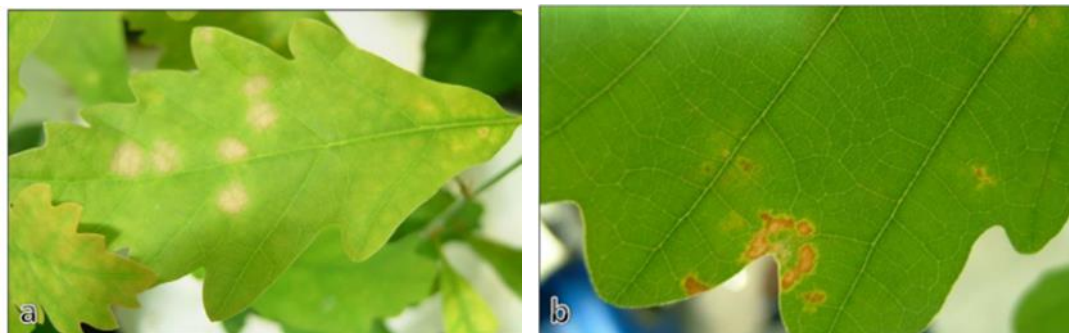


Figure 8: Feuille de chêne montrant (a) les symptômes d'oxydation de la chlorophylle et (b) les nécroses liées à la mort des cellules (**Parent et al., 2008**).

2.1.3 Mécanismes de défense

2.1.3.1 Chez l'homme

Pour combattre contre le stress oxydatif, l'organisme mobilise un vaste réseau d'antioxydants qu'il est capable de synthétiser, mais parfois les défenses endogènes et les mécanismes de réparation deviennent insuffisants. L'étude "Supplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants" « SUVIMAX » confirme la protection offerte par un cocktail d'antioxydants pris à des doses nutritionnelles lorsque le taux sanguin en antioxydants est naturellement bas (**Piat, 2019**). Un système secondaire de défense est composé de phospholipases, d'ADN endonucléases et ligases et de macroxyprotéinases empêche l'accumulation dans la cellule de lipides, d'ADN et de protéines oxydés et participe à l'élimination de leurs fragments toxiques (**Pincemail et al., 2002**).

2.1.3.2 Chez la plante

Face à des situations de stress qu'elles subissent les plantes par les facteurs abiotiques et biotiques, les plantes développent une stratégie de défense qui consiste à mettre en œuvre d'une part des processus physiologiques (fermeture des stomates, chute des feuilles...) et d'autre part des facteurs chimiques et biochimiques (fabrication de précipités insolubles, détoxification par émissions de formes réduites par les feuilles, dégradations enzymatique par les P450, rôles des systèmes antioxydants...) (**Calatayud et al., 2013**).

2.2 Antioxydants

2.2.1 Définition

Un antioxydant est toute substance qui, lorsqu'elle est présente à de faibles concentrations par rapport à celles d'un substrat oxydable, retarde ou empêche considérablement l'oxydation de ce substrat (**Halliwell,1990**). Les systèmes antioxydants captent ou réduisent les niveaux des ERO, en maintenant ainsi l'homéostasie d'oxydation-réduction (redox) dans les cellules et les tissus (**Kaikbad, 2010**).

2.2.2 Classification

Certains antioxydants sont des protéines et des enzymes, tandis que d'autres sont de petites molécules. Du point de vue des mécanismes de fonction, les antioxydants peuvent être classés en antioxydants de prévention, antioxydants de piégeage et antioxydants de réparation (**Niki, 2010**) (figure 9). Classiquement, on répertorie les antioxydants selon leur origine, les antioxydants endogènes de type enzymatique sont plutôt impliqués dans la neutralisation des ERO alors que les antioxydants non enzymatiques et ceux d'origine exogène sont des donneurs de proton ou d'électron (**Durand et al., 2013**).

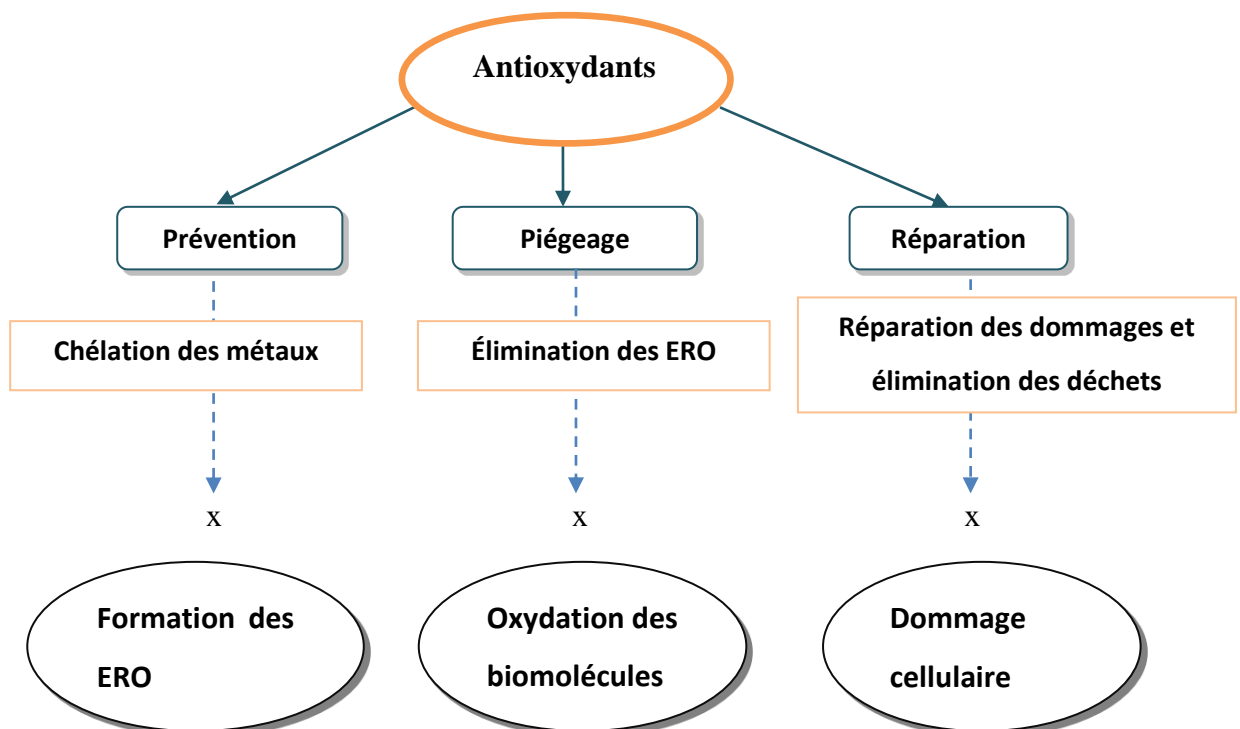


Figure 9: Classification des antioxydants selon leur mécanisme d'action (**Niki, 2010**).

2.2.2.1 Protéiques

2.2.2.1.1 Enzymatiques

La découverte du superoxyde dismutase (SOD) isolée à partir des hématies humaines en 1969 a mis le point de départ pour plusieurs recherches sur les antioxydants et le stress oxydant (**Haleng et al., 2007**). Le terme des enzymes antioxydantes se rapporte aux enzymes qui abaissent les niveaux d'espèces réactives, ou empêchent leurs effets cellulaires après une oxydation excessive (**Lei et al., 2016**). Le tableau 2 représente les enzymes métabolisant les ERO.

Tableau 2: Antioxydants enzymatiques selon **Gill et Tuteja (2010)**.

L'enzyme	Description et fonction	Réaction catalysée
Superoxyde dismutase EC 1.15.1.1	-la métalloenzyme SOD fournit la première ligne de défense contre les effets toxiques de stress oxydatif. -3 types : Cu/Zn-SOD, Mn-SOD, Fe-SOD.	$O_2^- + O_2^- + 2H^+ \longrightarrow 2H_2O_2 + O_2$
Catalase EC 1.11.1.6	-les CAT sont des Hèmes tétramériques contenant des enzymes. - Elle est importante pour l'élimination de l' H_2O_2 généré dans les peroxysomes par les oxydases impliqués dans la bêta-oxydation.	$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + 1/2O_2$
Ascorbate peroxydase EC 1.11.1.11	- APX joue le rôle le plus essentiel dans le piégeage des ERO et la protection des cellules végétales. - La famille APX comprend au moins 4 isoformes différentes dont thylacoïde, glyoxisomique, stromal du chloroplaste, cytosol.	$H_2O_2 + \text{Acide ascorbique} \longrightarrow 2H_2O + \text{DHA}$
Glutathion peroxydase EC 1.11.1.9	- Une grande famille d'isozymes diverses qui utilisent la GSH pour réduire l' H_2O_2 et les hydroperoxydes organiques et lipidiques, aident les	$H_2O_2 + GSH \longrightarrow H_2O + GSSG$

Partie1 : Rappels bibliographiques

	cellules végétales à lutter contre le stress oxydatif.
Glutathione réductase EC 1.6.4.2	-GR est une flavonoprotéine GSSG+NAD(P) → oxydoréductase joue un rôle essentiel H ₂ GSH+ NAD(P) dans le système de défense contre les ERO en maintenant le statut réduit de GSH.

2.2.2.1.2 Non-enzymatiques

- **Métallothionéines**

Les métallothionéines sont un groupe de protéines de bas poids moléculaire d'environ 6,5 KDa, ce sont des dérivés métalliques d'une protéine riche en soufre nommée thionéine, elles sont localisées dans le cytoplasme des cellules, notamment dans le foie, les reins et l'intestin. Elles sont considérées comme des antioxydants grâce à leur richesse en fonctions sulfhydryles (**Bensakhria, 2015**). Les métallothionéines jouent un rôle primordial dans la régulation des teneurs internes en métaux essentiels (Cu, Zn) et la détoxification des métaux non-essentiels (Ag, Cd, Hg) (**Geret et Cosson, 2000**).

- **Glutathion (GSH)**

Le glutathion réduit (GSH) est un tripeptide constitué de glutamine, glycine et cystéine. C'est l'antioxydant le plus important dans l'organisme, il peut réagir directement avec l'anion superoxyde, le radical hydroxyle, l'acide hypochloreux et le radical du monoxyde d'azote, aussi il sert de substrat à la glutathion S-transférase, enzyme de détoxification des agents xénobiotiques, et surtout à la séléno-glutathion peroxydase (GPX), qui assure la réduction des peroxydes lipidiques (ROOH) en molécules inoffensives (**Neve et Pincemail, 2008**).

2.2.2.2 Liposolubles et hydrosolubles

2.2.2.2.1 Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont un groupe de plusieurs centaines de substrats naturels de couleurs jaune à rouge présents dans beaucoup de fruits et de légumes. Leur longue structure polyénique permet d'absorber la lumière UV. Ils peuvent réduire ou piéger les ERO, en particulier ils désactivent de manière très efficace l'oxygène singulet (¹O₂) par un

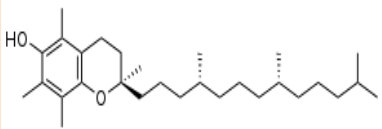
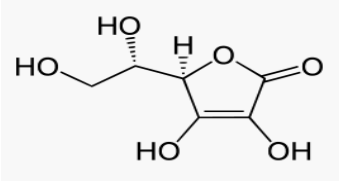
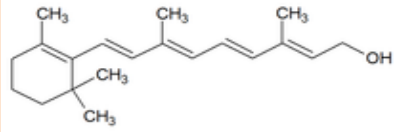
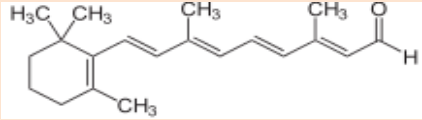
Partie1 : Rappels bibliographiques

phénomène de « quenching » physique. Ils peuvent ainsi bloquer ou limiter la peroxydation lipidique (Descamps *et al.*, 2006 ; Neve et Pincemail, 2008).

2.2.2.2.2 Vitamines

Il s'agit des substances qui proviennent de notre alimentation et qui jouent un rôle important dans le renforcement des systèmes antioxydants endogènes (Noichri, 2016) (tableau 3).

Tableau 3: Les vitamines ayant les propriétés antioxydantes selon Descamps *et al.* (2006).

Vitamine	Nom chimique	Formule Chimique	Mécanisme d'action
E	α -tocophérol		<p>Le groupe hydroxyle de cette molécule peut donner un proton pour saturer le radical libre.</p> <p>- Elle joue le rôle terminateur de la peroxydation lipidique.</p>
C	Acide ascorbique		<p>-Un groupe hydroxyle de cette molécule peut donner un proton pour saturer et donc piéger le radical libre.</p> <p>-Elle participe au recyclage de la vitamine E sous sa forme réduite.</p>
A	Rétinol Rétinal	 	<p>Le rétinol et la rétinol ne piègent que faiblement l'oxygène singulet, et leurs propriétés antiradicalaires restent limitées, à l'inverse du β-carotène dont ils dérivent.</p>

2.2.2.2.3 Acide lipoïque

L'acide lipoïque (acide 1,2-dithiolane-3-pentanoïque), ou α -lipoïque, voire acide thioctique, ou encore acide lipodominique est un composé organosulfuré dérivant de l'acide octanoïque, il est produit naturellement dans la plante, les animaux et chez l'homme en petites quantités, connu sous le nom d'antioxydant universel (**Ouled diaf, 2019**).

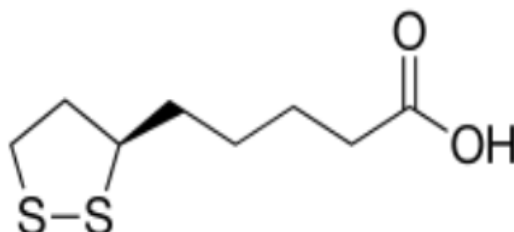


Figure 10: Structure de l'acide α -lipoïque.

Il a la particularité d'être hydro-liposoluble, ce qui lui donne la capacité d'agir dans ces deux milieux et donc de neutraliser plusieurs types de radicaux libres comme le peroxyde d'hydrogène, l'hypochlorite ainsi que l'oxygène singulet, il a en plus la propriété de chélater divers métaux incluant le fer et le cuivre (**Descamps et al., 2006**).

2.2.2.3 Polyphénols

Les polyphénols constituent une famille de composés qui sont omniprésents dans le règne végétal (**Balasundram et al., 2006**). Ils présentent tous un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonction hydroxyles (OH), parmi ces composés, on trouve les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tannins et d'autres (**Hennebelle et al., 2004**). De nombreuses propriétés de ces composés relatives à la santé sont principalement fondées sur leurs activités antioxydantes (**Halliwell, 1994**).

Les polyphénols, plus particulièrement les flavonoïdes, sont capables de réduire rapidement les radicaux superoxydes, peroxydes (ROO^\cdot), alkoxydes (RO^\cdot) et hydroxyles par transfert d'hydrogène (figure 11) (**Pietta, 2000**).

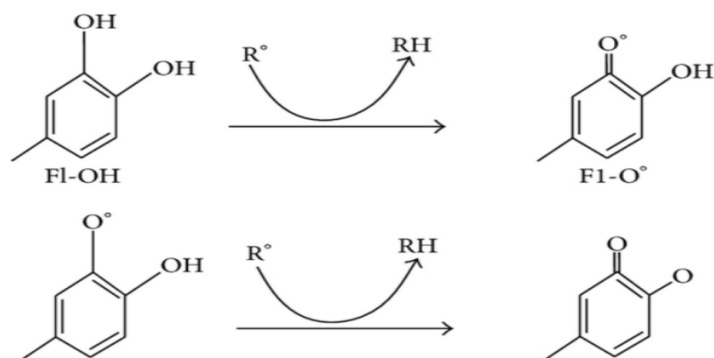


Figure 11: Piégeage des ERO par les flavonoïdes.

Ils peuvent inhiber la production des ERO par une inhibition enzymatique en formant un complexe inhibiteur-enzyme (de nombreux flavonoïdes sont de puissants inhibiteurs des métalloenzymes, lipoxygénase, myéloperoxydase et NADPH oxydase) (**Dangles et Dufour, 2008**), et/ou par piégeage direct des ERO (**Nkhili, 2009**). Ainsi les études menées par **Verdan et al. (2011)** montrent que la quercétine et la myricétine exercent l'action de chélation des métaux.

2.2.3 Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante n'est pas conclue sur la base d'un seul test de modèle antioxydant. Il existe plusieurs procédures de test *in vitro* pour évaluer les activités antioxydantes des échantillons d'intérêt. Un autre aspect est que les modèles de test des antioxydants varient à différents égards. Par conséquent, il est difficile de comparer pleinement une méthode à une autre. En général, les méthodes *in vitro* utilisant des pièges à radicaux libres sont relativement simples à exécuter. Parmi les méthodes de piégeage des radicaux libres, le 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) est rapide, simple et peu coûteux en comparaison à d'autres modèles de test (**Dontha, 2016**). En se basant sur la réaction chimique entre l'antioxydant et les radicaux libres, les tests de capacité antioxydante sont classés globalement en deux types (tableau 4) : tests basés sur la réaction de transfert d'atomes d'hydrogène (HAT) et tests basés sur la réaction de transfert d'électrons (ET) (**Deepshikha, 2015 ;Dontha, 2016**).

Partie1 : Rappels bibliographiques

Tableau 4: Les différents tests basés sur la réaction de transfert d'atome d'hydrogène (HAT) et tests basés sur la réaction du transfert d'électrons (ET) **Deepshikha, (2015) ;Dontha (2016).**

Tests basés sur la réaction de transfert d'électrons (ET)	Tests basés sur la réaction de transfert d'atomes d'hydrogène (HAT)
1. Test de piégeage des radicaux libres DPPH.	1. Test de la capacité d'absorption des radicaux d'oxygène (ORAC).
2. Test de piégeage des radicaux anioniques par les superoxydes.	2. Méthode ABTS de piégeage des radicaux libres.
3. Test de la réduction du fer FRAP (Ferric reducing-antioxidant power).	3. Test blanchiment-crocine (CBA).
4. Test de la capacité antioxydante de réduction des ions cuivriques (CUPRAC).	4. Activité de piégeage des radicaux hydroxyles.
5. Test des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS).	5. Test de piégeage des radicaux H ₂ O ₂ .

Partie2 : Matériel et méthodes

1 Rappel sur le matériel végétal

1.1 Rappel sur la récolte

La récolte et l'identification du matériel végétal ont été faites par : Dr. Houari Benamar, Prof. Abderrazak Marouf « Institut des Sciences et Technologies, Département des Sciences de la Nature et de la vie, Centre Universitaire de Naama, Algérie » et Prof. Malika Bennaceur « FSNV, Département de Biologie, Université Oran1, Algérie ». Le tableau suivant (tableau 5) présente l'origine géographique et la période de récolte du matériel végétal.

Tableau 5: Récolte des espèces et données géographiques .

Plantes	Parties	Lieux	Dates
<i>Nonea vesicaria</i>	Plante entière	Tamazoura/ Ain Temouchent	Février 2015
<i>Solenanthes lanatus</i>			Février 2014
<i>Cynoglossum cheirifolium</i>		Misserghin/ Oran	Mars 2015
<i>Rhus pentaphylla</i>	Feuilles	Oran	Juin 2012
<i>Olea europaea subsp laperrinei</i>	Feuilles	Tamanrasset	Mars 2014
<i>Clematis cirrhosa</i>	Plante entière	Misserghin / Oran	Décembre 2018

1.2 Rappel sur l'extraction

Les extraits utilisés ont été préparés par les étudiants de master II (**Omar, 2019 ; Darou et Ameur, 2019 ; Hamadouche et Sardi Lakdja, 2019**) de l'Université Oran1, FSNV, Département de Biologie, dans le laboratoire de Biochimie Végétale sous la direction du Dr. Houari Benamar et Prof. Malika Bennaceur.

Les parties végétales ont été conservées dans des flacons sous forme de poudre après avoir été séchées dans l'étuve à 40° C pendant 48h et broyées dans un moulin à couteaux.

La méthode d'extraction employée est la macération par des solvants de polarité croissante, qui sont par ordre : hexane, chloroforme, acétate d'éthyle, méthanol. Ce processus permet d'épuiser le matériel végétal. Le protocole de l'extraction est mentionné brièvement dans le tableau 6.

Tableau 6: Méthodes d'extraction.

Plantes	Partie utilisées	Méthodes	Rendements % (AcOEt/ MeOH)	Références
<i>N.vesicaria</i> <i>C.cheirifolium</i> <i>S.lanatus</i>	Plante entière	- 600ml d'hexane ont été ajoutés à 100g de poudre, une filtration après 24h a été réalisée, ensuite 300ml du même	1,2 / 6,9 1 / 7,8 1,3 / 9,2	(Darou et Aneur, 2019)
<i>O.europaea subsp. laperrinei</i> <i>R.pentaphylla</i>	Feuilles	solvant ont été ajoutés au filtrat. Le solvant est renouvelé encore une fois après 24 h. La filtration est nécessaire après chaque ajout du solvant.	10,28 / 36,70 2,77 / 15,16	(Hamadouche et Sardi Lakdja, 2019)
<i>C. cirrhosa</i>	Plante entière	- Cette étape est répétée sur le matériel végétal restant avec le chloroforme, l'éthyle acétate et le méthanol successivement. - Les extraits d'intérêt ont été évaporés à 40°C.	1,47/ 11,66	(Omar, 2019)

N.B : L'hexane et le chloroforme ont été utilisés pour la délipidation et l'élimination des substances indésirables comme les pigments. Ces deux extraits ne seront pas étudiés par la suite.

1.3 Préparation des échantillons

Les échantillons sont préparés dans des tubes à hémolyse numérotés de 1 à 12 (tableau 7) à une concentration de 100mg/ml dans le méthanol, ensuite homogénéisés à l'aide d'un bain à ultrason, puis conservés dans une température ambiante à l'obscurité jusqu'à l'utilisation.

Tableau 7: Préparation des extraits.

Plantes	Tubes	Extraits
<i>N.vesicaria</i>	1	AcOEt
	2	MeOH
<i>S.lanatus</i>	3	AcOEt
	4	MeOH
<i>C.cherrifolium</i>	5	AcOEt
	6	MeOH
<i>O.europaea sub sp. laperrinei</i>	7	AcOEt
	8	MeOH
<i>R.pentaphylla</i>	9	AcOEt
	10	MeOH
<i>C.cirrrosa</i>	11	AcOEt
	12	MeOH

2 Dosages des tannins

2.1 Dosage des tannins hydrolysables

- **Principe**

Cette méthode est basée sur une réaction avec l'iodate de potassium (KIO_3), le mélange des tannins hydrolysables avec ce réactif provoque la formation des ions d'où la coloration rouge du complexe (Willis et Allen 1998).

- **Protocole de dosage**

Les tannins hydrolysables sont quantifiés selon la méthode colorimétrique de **Willis et Allen (1998)**.

Les extraits (1-2-4-6-7-8-10-11-12) sont préparés à 10 mg/ml et (3-5-9) à 5 mg/ml.

Un volume de 400 µl de chaque extrait est mélangé avec 2000 µl d'iodate de potassium à 2,5%, suivi d'une agitation de dix secondes à l'aide d'un vortex puis incubation pendant 2 min pour les extraits et 4 min pour le standard (l'acide tannique). Après l'incubation la couleur du mélange vire vers le rouge. Le standard utilisé est l'acide tannique (AT) qui est préparé à 10 mg/ml. Six concentrations sont préparées (300-600-1200-2400-3600 µg/ml) et utilisées pour établir une courbe d'étalonnage. Le blanc se prépare dans les mêmes conditions sauf que l'extrait (ou AT) est remplacé par le MeOH. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 550 nm. Le dosage est réalisé en triplicata.

2.2 Dosage des tannins condensés

- **Principe**

La méthode de dosage des tannins condensés est basée sur la dépolymérisation des tannins par réaction avec la vanilline, qui se transforment en anthocyanidols de couleur rouge (**Sun et al., 1998**).

- **Protocole de dosage**

Les tannins sont dosés selon la méthode colorimétrique de **Sun et al (1998)**.

Un volume de 400 µl de chaque extrait (10 mg/ml) est mélangé avec 1000 µl de vanilline (1 % dans le MeOH), suivi d'une agitation à l'aide d'un vortex, ensuite 1000 µl de H₂SO₄ (25 % dans MeOH) sont additionnées au mélange, enfin une agitation et une incubation des tubes dans un bain marie à 30°C pendant 15min ont été réalisées. Le standard utilisé pour la courbe d'étalonnage est la catéchine (0.5 mg/ml dans le MeOH). Six concentrations sont préparées (60-120-240-300-360-450 µg/ml) et utilisées pour établir une courbe d'étalonnage. Le blanc se prépare dans les mêmes conditions sauf que l'extrait ou la catéchine est remplacé par le MeOH. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 500 nm. Le dosage est réalisé en triplicata.

3 Tests de l'activité antioxydante

3.1 Evaluation de la capacité antioxydante totale par la méthode de Phosphomolybdène

- **Principe**

Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdates MoO_4^{2-} en molybdène Mo (V) MoO^{2+} en présence de l'antioxydant, cette réduction se matérialise par la formation d'un complexe verdâtre phosphate/ Mo(V) à pH acide (**Priéto et al.,1999**).

- **Protocole de dosage**

Le dosage se fait selon la méthode colorimétrique de **Priéto et al. (1999)**.

Un volume de 100 μl d'extrait (1 mg/ml) est mélangé avec 1000 μl de la solution de réactifs composée de 0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium, après agitation du mélange à l'aide d'un vortex, une incubation des tubes dans un bain marie à 95°C pendant 90 min est réalisée. Pour le blanc la solution de réactifs est remplacée par l'eau distillée. Après l'incubation la couleur du mélange vire vers le vert. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 695 nm. La courbe d'étalonnage est formée par une gamme de concentrations d'acide ascorbique (40-80-120-160-200 $\mu\text{g/ml}$). La capacité antioxydante totale est exprimée en mg équivalent d'acide ascorbique par g d'extrait sec (mg EAA/g ES). Le dosage est réalisé en triplicata.

3.2 Test de l'activité antioxydante par chélation de fer

- **Principe**

La méthode est basée sur l'inhibition de la formation du complexe Fe(II)-Ferrozine après chélation des ions Fe^{2+} par les antioxydants (**Le et al., 2007**).

- **Protocole de dosage**

Le dosage se fait selon la méthode colorimétrique de **Locatelli et al. (2011)**.

Un volume de 25 μl d'extrait à différentes concentrations (20-40-60-80-100 mg/ml) est mélangé avec 915 μl de MeOH et 20 μl de FeCl_2 (6,25 mM), suivi d'une agitation à

l'aide d'un vortex puis incubation des tubes pendant 5min, enfin 40 µl de ferrozine (15,62 mM) sont ajoutées au mélange. Après agitation et incubation des tubes pendant 10min à température ambiante la couleur du mélange vire vers le rose. Le blanc est préparé dans les mêmes conditions sauf que la ferrozine est remplacée par l'eau distillé. Pour préparer le contrôle négatif l'extrait est remplacé par le MeOH dans les mêmes conditions. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 562 nm. L'activité chélatrice (ACh) exprimée en %, a été calculée en utilisant la formule suivante: $ACh = (1 - (A_{\text{extrait}} / A_{\text{control}})) \times 100$; où A_{extrait} est l'absorbance de l'extrait et A_{control} est celle du contrôle négatif. Le dosage est réalisé en triplicata.

L'EDTA (2, 4, 6,8, 10 µg/ml) a été utilisé comme témoin positif.

3.3 Test de l'activité antioxydante par réduction du fer FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

- **Principe**

La méthode est basée sur la réduction de fer ferrique en sel de fer par les antioxydants qui donnent la couleur bleu (**Prior et al., 2005**).

- **Protocole de dosage**

Le dosage se fait selon la méthode colorimétrique de **Benzie et Strain (1996)**.

BHT (20-40-60-80-100 µg/ml), quercétine (20-40-60-80-100 µg/ml), trolox (20-40-60-80-100 µg/ml) et l'acide ascorbique (10-20-30-40 µg/ml) ont été utilisés comme témoins positifs.

Un volume de 900 µl du réactif FRAP (voir Annexe 2) est mélangé avec 90 µl d'eau distillée, ensuite 30 µl de l'extrait 1-6 à des concentrations de (2-4-6-8-10 mg/ml) et 7-12 à des concentrations de (0,5-1-1,5-2-2,5 mg/ml) sont additionnées au mélange, après agitation, une incubation des tubes dans un bain marie à 37°C pendant 30 min est réalisée. Pour le blanc le FRAP est remplacé par l'eau distillée. Après l'incubation la couleur du mélange vire vers le bleu. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 595 nm. Le standard de comparaison $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ est préparé à cinq concentrations (200-400-600-800-1000 mM). L'activité antioxydante est exprimée en concentration équivalente à 1 mM de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (**CE1**). Le dosage est réalisé en triplicata.

3.4 Test du pouvoir réducteur du fer

- **Principe**

La méthode est basée sur la réduction des complexes de ferricyanure Fe^{3+} en forme ferreuse (Fe^{2+}) par les composés antioxydants qui donnent une couleur verte ou bleue (Gülçin, 2015).

- **Protocole de dosage**

Le dosage se fait selon la méthode colorimétrique d'Oyaizu (1986).

Les extraits et les standards sont préparés comme suit pour le test:

Les extraits de 1-6 (500-1000-1500-2000-2500 $\mu\text{g/ml}$), de 7-12 (50-100-150-200-250 $\mu\text{g/ml}$) et les standards : BHT (20-40-60-80-100 $\mu\text{g/ml}$), quercétine (20-40-60-80-100 $\mu\text{g/ml}$), trolox (20-40-60-80-100 $\mu\text{g/ml}$) et l'acide ascorbique (10-20-30-40 $\mu\text{g/ml}$).

Un volume de 1000 μl d'extraits ou standards est mélangé à 1000 μl de 0,2 M du tampon phosphate pH 6,6 et 1000 μl de potassium ferricyanide à 1 %. Ce mélange est mélangé et incubé dans un bain marie à 50°C pendant 20 min. Ensuite 1000 μl de l'acide trichloroacétique (10%) sont rajoutés au mélange. Puis 1000 μl de ce mélange sont ajoutés à 1000 μl d'eau distillée et 400 μl de chlorure ferrique (FeCl_3) à 0,1 %. Après l'addition du FeCl_3 le mélange vire de la couleur jaune à la couleur vert-bleu. Pour le blanc le potassium ferricyanide est remplacé par de l'eau distillée. Les absorbances sont mesurées par un spectrophotomètre UV-visible à 700 nm. Le pouvoir réducteur des échantillons est proportionnel à la valeur de l'absorbance. Le dosage est réalisé en triplicata. L'activité antioxydante est exprimée en concentration de l'extrait correspondante à une absorbance égale à 0.5 ($A_{0,5}$).

4 Analyse statistique

L'analyse statistique est réalisée par le logiciel Excel 2010, les résultats sont exprimées en moyenne \pm standard de déviation de 3 trois répétions.

Partie3 : Résultats et discussion

1 Dosage des tannins

1.1 Tannins hydrolysables

Les tannins hydrolysables ont été déterminés à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide tannique utilisé comme standard. Les résultats ont été exprimés en mg d'équivalent d'acide tannique par g d'extrait sec (mg EAT/g ES) (figure 12).

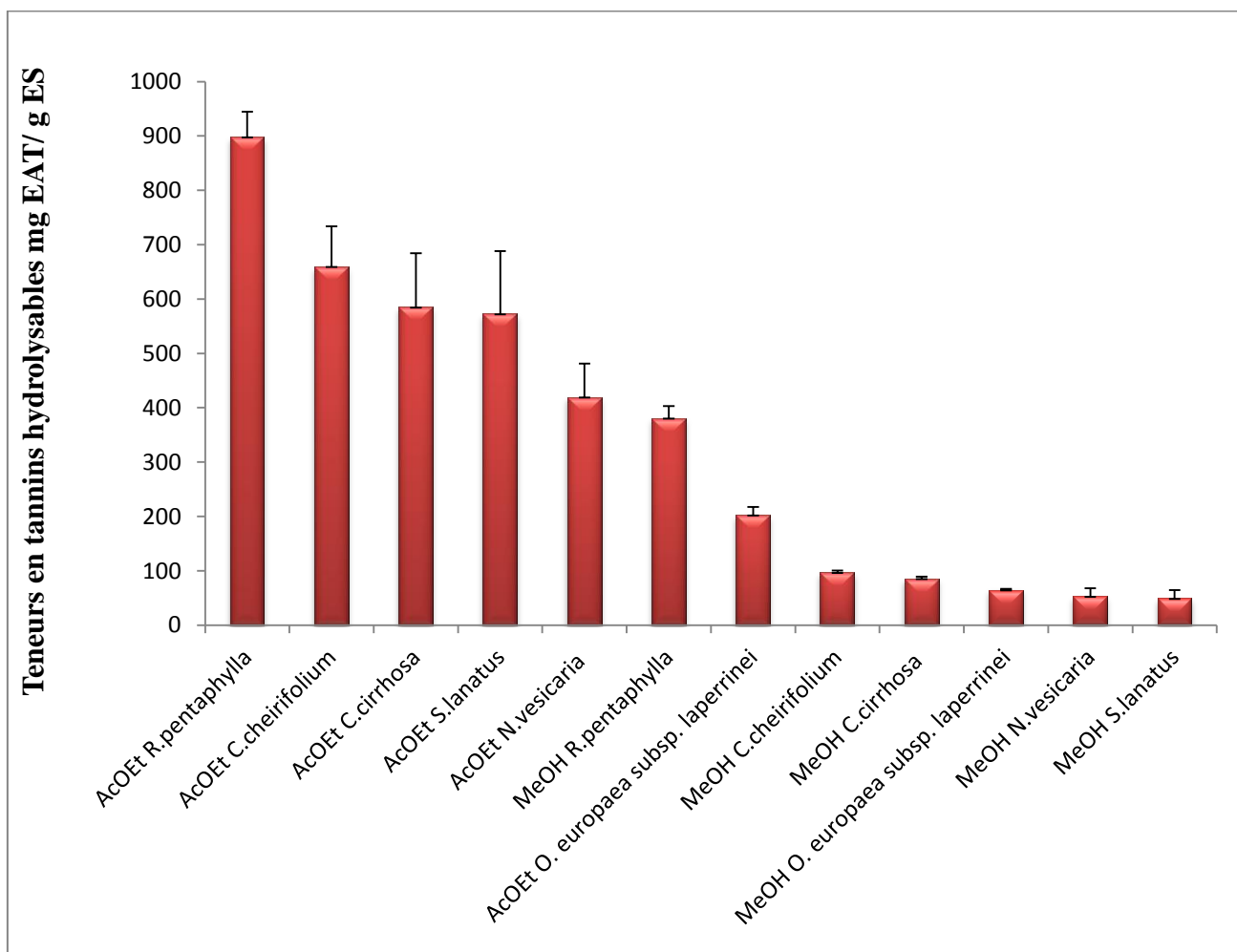


Figure 12 : Teneurs des tannins hydrolysables dans les extraits bruts des plantes étudiées exprimée en mg d'équivalent d'acide tannique par g d'extrait sec (mg EAT / g ES).

Les résultats des teneurs en tannins hydrolysables représentés dans l'histogramme (figure 12) révèlent une variation des teneurs en fonction de solvant d'extraction. L'extrait AcOEt de *R. pentaphylla* présente la plus forte teneur avec une valeur de $898,64 \pm 46,01$ mg EAT/ g ES, suivie de l'extrait AcOEt de *C. cheirifolium* qui présente une teneur de $659,76 \pm 74,11$ mg EAT/ g ES, cette plante présente des teneurs supérieures à celles des

deux Boraginaceae étudiées *N. vesicaria* et *S. lanatus*. Une faible quantité a été enregistrée dans l'extrait méthanolique de *S. lanatus*.

Les extraits sont classés selon leurs teneurs comme suit : AcOEt *R.pentaphylla* > AcOEt *C.cheirifolium* > AcOEt *C.cirrrosa* > AcOEt *S.lanatus* > AcOEt *N.vesicaria* > MeOH *R.pentaphylla* > AcOEt *O.europaeasubsp.laperrinei* > MeOH *C.cheirifolium* > MeOH *C.cirrrosa* > MeOH *O.europaeasubsp.laperrinei* > MeOH *N.vesicaria* > MeOH *S.lanatus*.

La présence des tannins dans l'extrait éthanolique de *S. lanatus* a été rapportée dans le travail de **Benamar (2016)**, et l'étude de l'extrait aqueux d'une espèce de la famille Boraginaceae *Heliotropium indicum* a relevé la présence des tannins en faible quantité (**Zahoui et al., 2010**).

L'étude de **Ben mahmoud et al. (2014)** a rapporté les tannins hydrolysables dans l'extrait MeOH des écorces des racines de *Rhus tripartitum* à une teneur de 85,6 mg EAT/ g ES. **Mokgalaka-Matlala et al. (2010)** ont rapporté dans leur travail que l'extrait acétonique des feuilles de *Rhus lanceae* présent une teneur en tannins hydrolysables égale à 8,32 mg EAG/ g ES. Cette différence de teneur entre ces espèces de *Rhus* peut être expliquée par la différence variétale, le stade de maturité, la partie de la plante utilisée et autres facteurs qui déterminent la variation quantitative de ces composés phytochimiques (**Mélo et al., 2006**). Ce type de métabolite secondaire est considéré comme des molécules de défense pour la plante (**Sharma, 2019**), ils ont un rôle dans la conservation, l'emballage et améliorations des aliments, il est avéré qu'ils ont des propriétés antidiabétiques, antiobésités, antioxydantes, antiinflammatoires, antivirales, antibactériennes et anticancéreuses (**Smeriglio et al., 2017; Singh et Kumar, 2019**). Sur cela on peut suggérer que *R.pentaphylla* riche en tannins hydrolysables peut avoir des applications dans les domaines pharmaceutiques et agro-alimentaires.

1.2 Tannins condensés

La quantification des tannins condensés a été réalisée à partir de la courbe d'étalonnage tracée en utilisant la catéchine comme standard. Les résultats ont été déterminés à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe de la catéchine et exprimés en mg d'équivalent de catéchine par g d'extrait sec (mg EC/g ES) (figure 13).

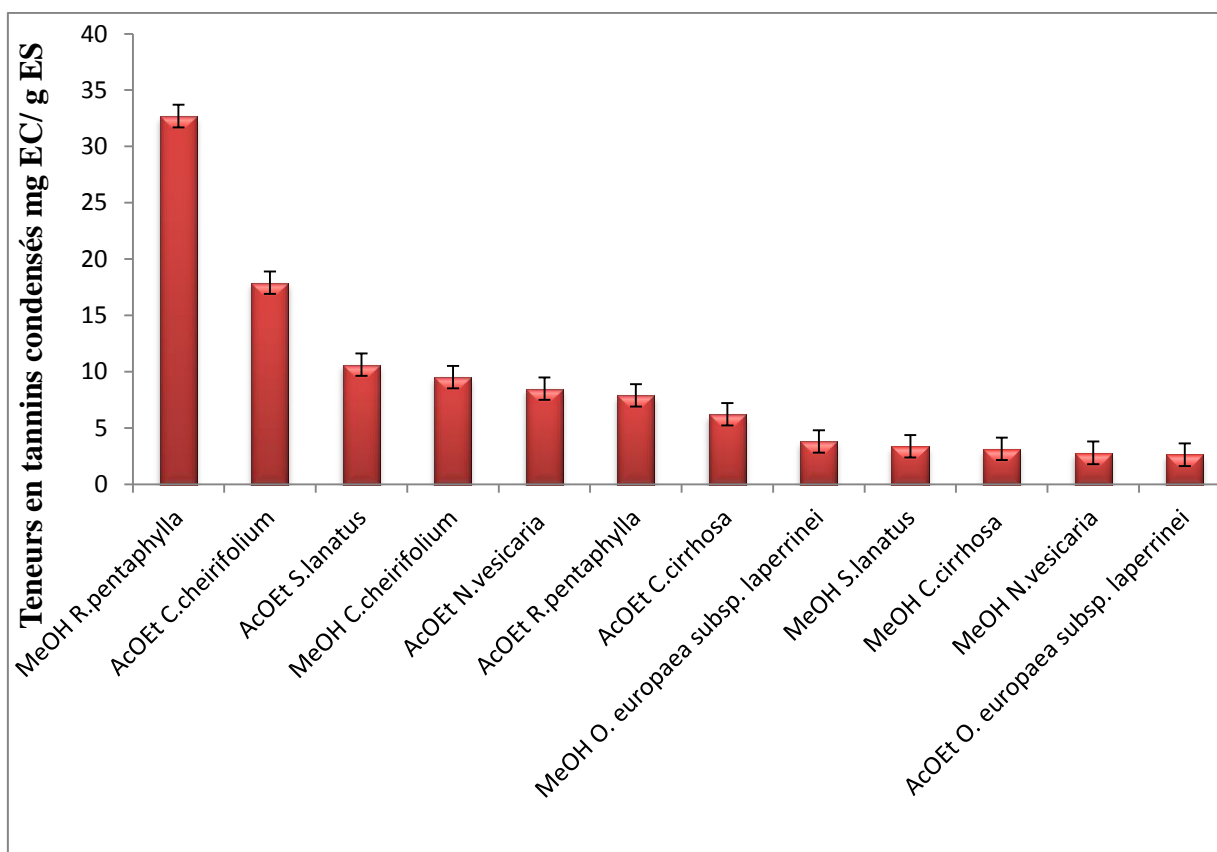


Figure 13 : Teneurs des tannins condensés dans les extraits bruts des plantes étudiées exprimée en mg d'équivalent de catéchine par g d'extrait sec (mg EC / g ES).

L'analyse des résultats de la teneur en tannins condensés a révélé en générale une faible quantité dans les extraits et cela est probablement dû à la méthode d'extraction. Selon **Mahmoudi et al. (2013)**, la décoction aqueuse est préférable pour l'extraction des tannins condensés.

Les résultats marquent une teneur la plus élevée des tannins condensés dans l'extrait MeOH de *R. pentaphylla* ($32,69 \pm 2,63$ mg EC/ g ES). Les résultats indiquent une grande différence en tannins condensés entre les extraits méthanoliques et acétate d'éthyle. L'extrait acétate d'éthyle d'*O. europaea* subsp. *laperrinei* a présenté la teneur la plus faible ($2,62 \pm 0,42$ mg EC/ g ES). La teneur obtenue pour *R. pentaphylla* est supérieure à celle

mentionnée dans le travail de **Soulimen (2018)**, pour l'extrait de feuilles (13,52 mg EC/g ES). Cela peut être justifié par la différence de stade de maturation de la plante (**Fadhil, 2018**), la saison de récolte et la provenance d'espèce. **Talbi et Tazamoucht (2014)** ont trouvé une teneur des proanthocyanidines chez l'extrait des feuilles de *Clematis flammula* égale à $6,84 \pm 1,27$ mg EC/g ES et qui est similaire à celle trouvée chez notre Clématite pour le même solvant. Les tannins condensés ont pris une attention considérable ces dernières années en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, cardioprotectrices et antithrombotiques (**Serrano et al., 2016**). Les tannins condensés ont prouvé une capacité à inhiber la peroxydation lipidique et à piéger les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (**Georgiev et al., 2014**). **Paolini et al. (2003)**, suggèrent que les tannins condensés de *Schinopsis quercifolia-colorado* (Anacardiaceae) peuvent présenter un moyen de lutte contre les strongyloses gastro-intestinales chez les petits ruminants.

2 Tests des activités antioxydantes

2.1 Activité antioxydante total

L'activité antioxydante a été exprimée en mg d'équivalent d'acide ascorbique par g d'extrait sec (mg EAA/g ES) (figure 14) et déterminée à partir de l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.

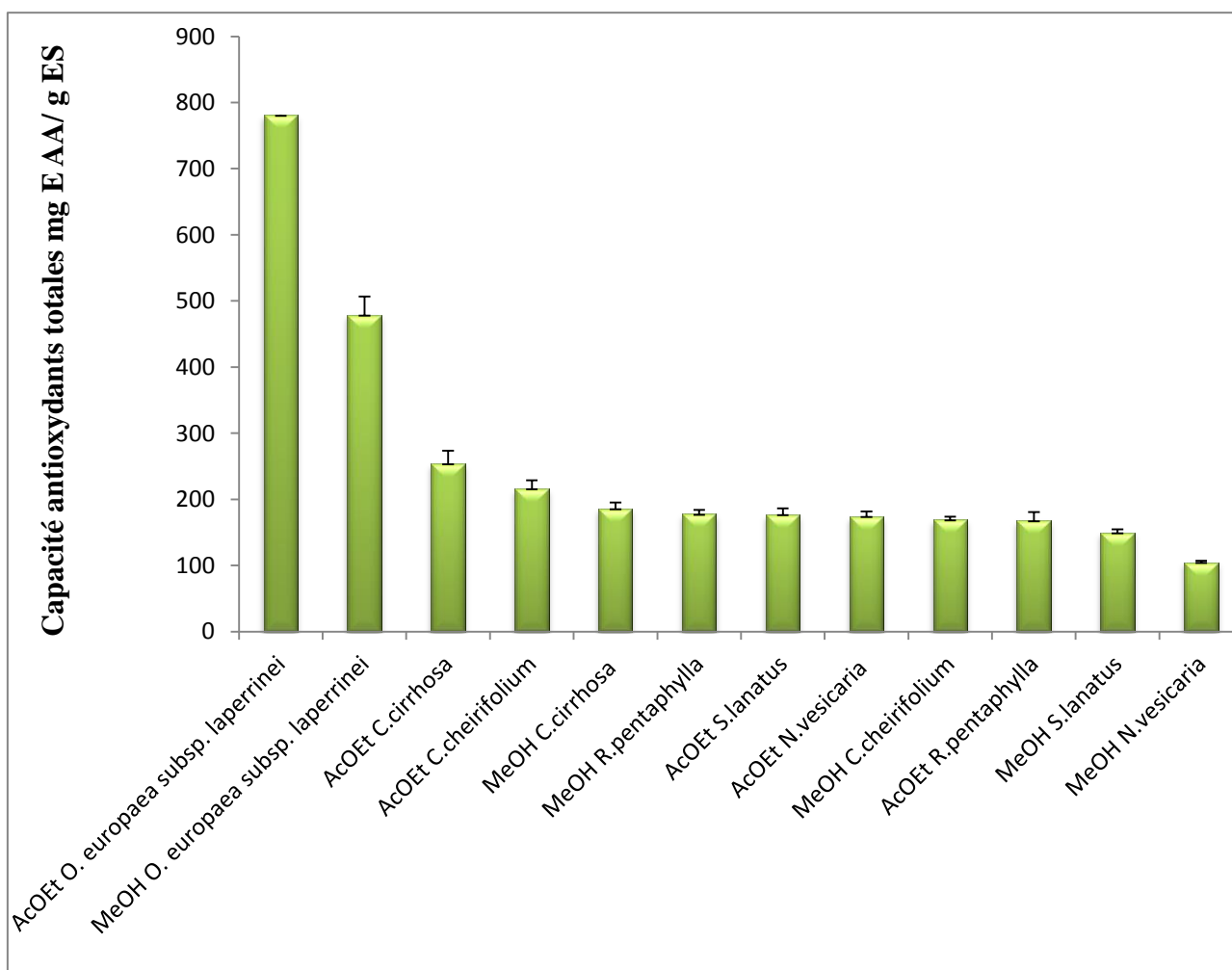


Figure 14 : Capacité antioxydante totale des extraits bruts des espèces étudiées exprimée en mg d'équivalent d'acide ascorbique par g d'extrait sec (mg EAA/g ES).

Le pouvoir antioxydant est plus élevé chez l'espèce *O. europaea* subsp. *laperrinei* avec $780,81 \pm 28$ mg EAA/ g ES pour l'extrait d'AcOEt et $478,92 \pm 19,7$ mg EAA/ g ES pour l'extrait MeOH. L'extrait MeOH de *N. vesicaria* possède la plus faible capacité antioxydante totale avec $104,69 \pm 6,40$ mg EAA/ g ES. L'activité enregistrée dans les extraits d'*O. europaea* subsp. *laperrinei* est probablement liée à la teneur élevée en polyphénols trouvée dans les extraits de cette plante dans l'étude de **Hamadouche et SardiLakdja (2019)**. **Cybron et al. (2014)**, suggèrent que l'activité antioxydante dépend non seulement du pourcentage de polyphénols dans l'extrait mais également de leur nature. Ces derniers agissent comme antioxydant par plusieurs mécanismes grâce à la fonction donneuse d'hydrogène de leurs groupes hydroxyles ou par transfert d'électrons. L'extrait de feuilles d'olivier du Sahara avec une forte activité antioxydante pourrait constituer une

source de molécules antioxydantes utile pour l'industrie pharmaceutique (**Ben saleh et al., 2012**).

2.2 Activité de chélation de fer

Les résultats montrés dans la figure 15 révèlent que l'EDTA possède un fort pouvoir chélateur due à ça faible CI_{50} ($3,92 \pm 0,05 \mu\text{g/ml}$). Les valeurs des différents extraits représentent une grande variation allant de 762,45 à 4263,06 $\mu\text{g/ml}$.

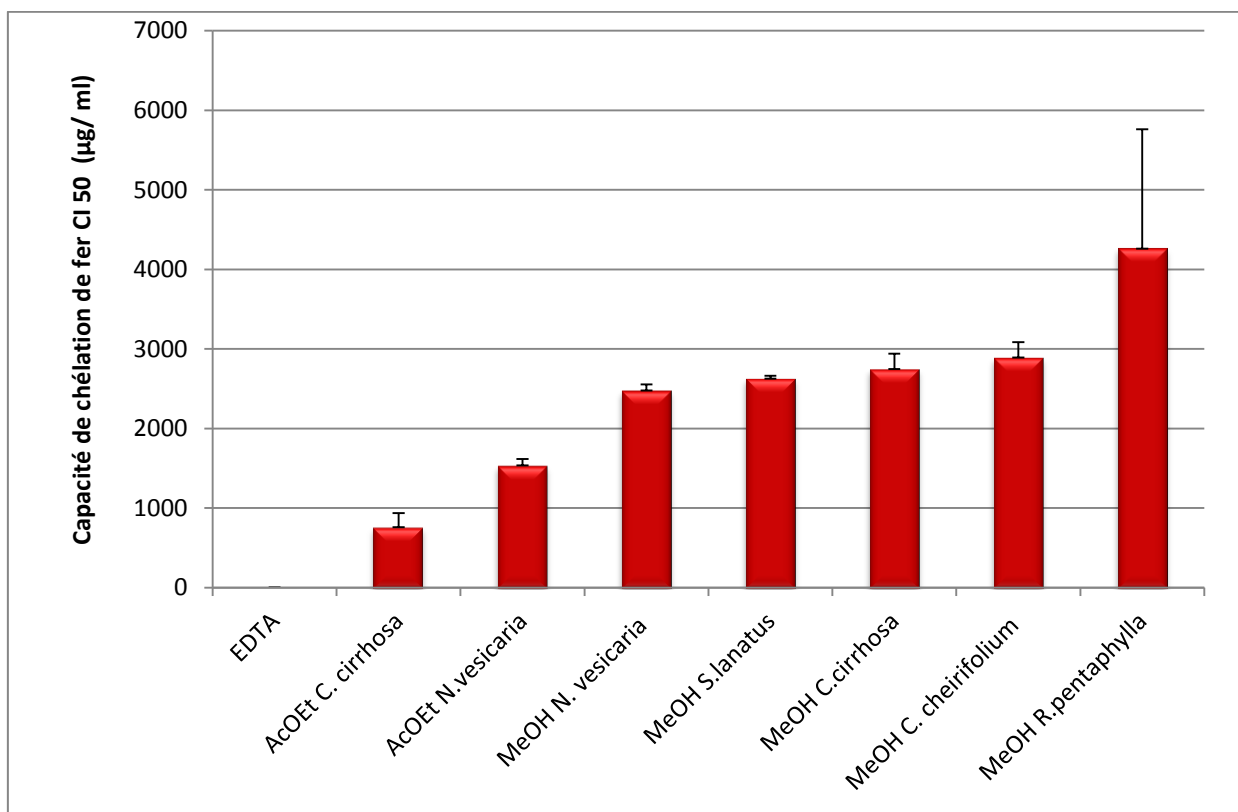


Figure 15: Capacité de chélation des ions ferreux des extraits bruts des espèces étudiées et l'EDTA exprimée en CI_{50} (concentration inhibitrice à laquelle l'extrait provoque 50% de chélation de fer).

L'extrait AcOEt de *C. cirrhosa* représente la plus forte capacité de chélation avec une $CI_{50} = 762,45 \pm 175,31 \mu\text{g/ml}$, cette capacité peut être due à la forte teneur en flavonoïdes présente dans l'extrait AcOEt de *C. cirrhosa* quantifiée par **Omar (2019)**. **Ferrali et al. (1997)** ont rapporté que les flavonoïdes sont de bons chélateurs de fer. Il est à noter que les extraits non présentés dans la figure sont inactifs.

Il a été signalé que les agents chélateurs, qui forment des liaisons avec un métal, sont efficaces comme antioxydants secondaires car ils réduisent le potentiel redox stabilisant ainsi la forme oxydée de l'ion métallique (**Kumaran et Joel karunakaran, 2007**).

Les valeurs d'CI₅₀ de l'huile total et l'extrait méthanolique de *Nigella sativa* de la famille Ranunculaceae sont 5,27 et 7,73 mg/ml, respectivement (**Aliouat et Boulkelia, 2014**), donc une activité plus faible à celle de *C.cirrrosa* de la meme famille.

Bien que le fer soit essentiel pour le transport d'oxygène pour la respiration et l'activité des enzymes, il s'agit d'un métal potentiellement toxique,notamment par sa capacité à générer du stress oxydant (**Arlet et al., 2013**), et son accumulation dans l'organe entraine : la cirrhose, insuffisance cardiaque, diabète, perturbations hormonales (**Viatte et Vaultont, 2005**), et des maladies neurodégératives(**El Mostafa, 2016**). De la on peut dire que les extraits des plantes qui présentent une forte activité de chélation peuvent servir comme source d'agents chélateurs.

2.3 Activité antioxydante par réduction du fer (FRAP)

L'activité antioxydante des échantillons a été exprimée en concentration équivalente à 1 mM de FeSO₄ (figure 16).

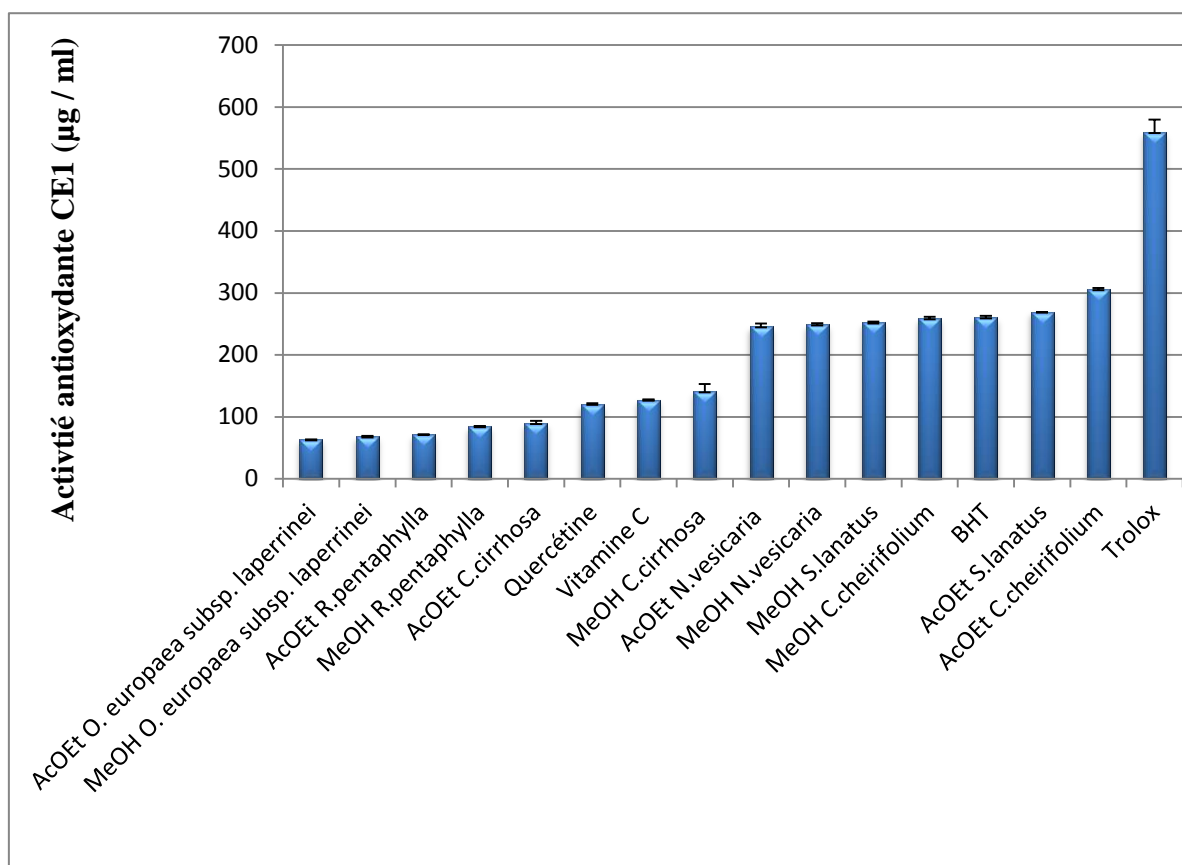


Figure 16 : Activité antioxydante par méthode FRAP des extraits bruts des espèces étudiées et des témoins. CE1 (concentration équivalente à 1 mM de FeSO₄).

Les données du test FRAP reportées dans la figure 16 présentent une différence entre les solvants. Ces résultats montrent aussi que les espèces de la famille de Boraginaceae possèdent une CE1 élevée pour la réduction de fer ferrique plus que les autres espèces. Cependant l'extrait d'AcEOt et MeOH d'*O. europaea* subsp. *laperrinei* sont les plus actifs vu leur faible CE1 (63,20 et 67,93 µg/ml, respectivement). Ces extraits ont montré une activité antioxydante supérieure à celle des témoins positifs. **Patricia et al. (2020)** et **Hayes et al. (2011)** ont rapporté dans leurs travaux qu'*Olea europaea* L. possède une activité de réduction de Fe³⁺. Ainsi l'étude de **Ferreira et al. (2007)** a avéré que les feuilles d'*Olea europaea* L. cv. *cobrançosa* présentent une meilleure source d'antioxydants naturels. Beaucoup de publications ont indiqué qu'il y a une relation directe entre l'activité de réduction de Fe³⁺ et les phytoconstituants de quelques plantes (**Bentabet et al., 2014**).

2.4 Pouvoir réducteur du fer

L'activité réductrice du fer est estimée par la concentration efficace (CE50) qui correspond à une absorbance égale à 0,50. Les valeurs de CE50 sont obtenues à partir de la courbe de régression linéaire tracée entre la concentration de l'extrait et l'absorbance correspondante (figure 17).

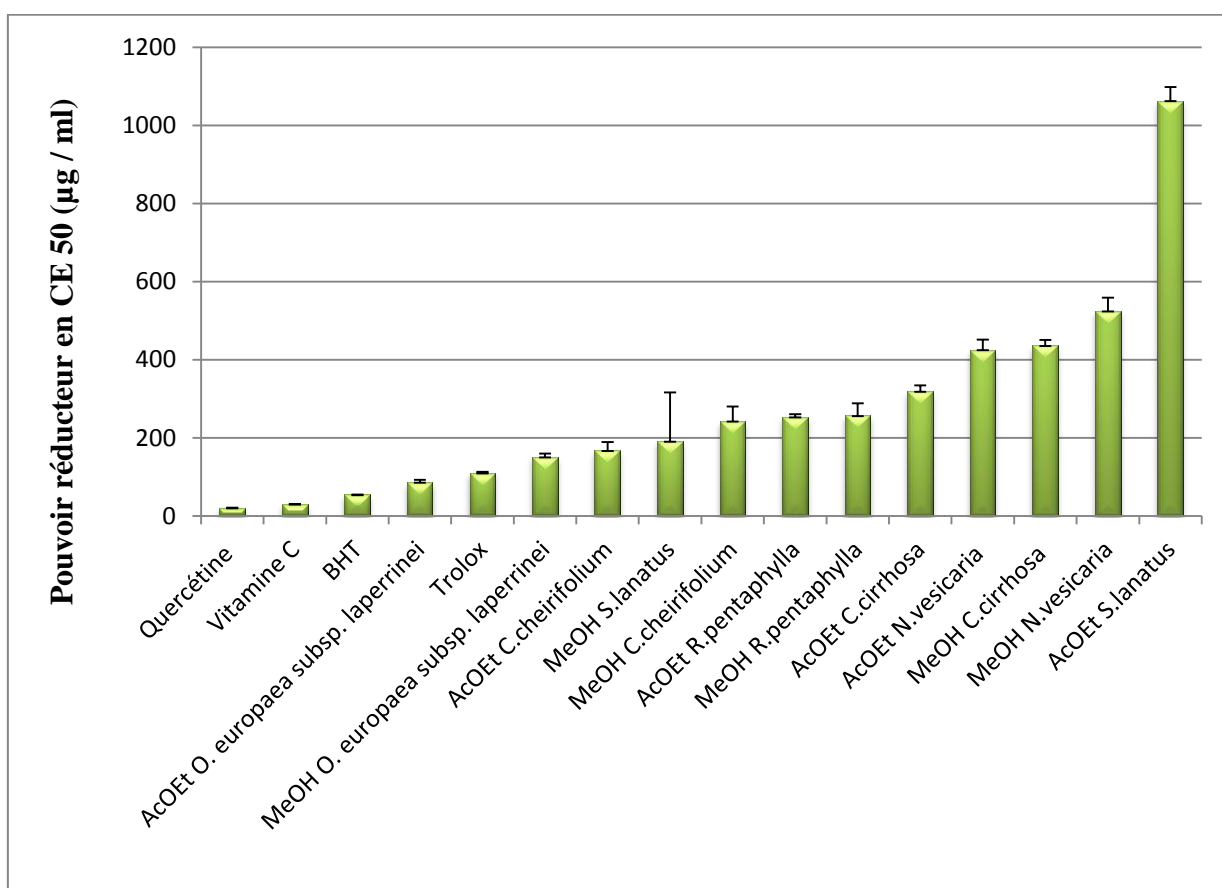


Figure 17 : Pouvoir réducteur des extraits bruts des espèces étudiées représenté en CE50 (concentration effective à une absorbance de 0,50).

Le deuxième test de réduction du fer confirme une autre fois que les extraits d'*O. europaea* subsp. *laperrinei* possèdent une excellente activité réductrice du fer avec une CE50 pour l'extrait AcOEt ($85,84 \pm 6,68 \mu\text{g/ml}$) inférieure à celle du témoin positif le trolox ($110,10 \pm 3,03 \mu\text{g/ml}$). Les résultats obtenus montrent que la capacité réductrice des extraits est inférieure à celle de la quercétine, la vitamine C et le BHT. L'étude d'**Atmani et al. (2009)** a démontré que *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae) et *Clematis flammula* présentent un pouvoir réducteur, ce qui confirme le potentiel réducteur trouvé chez *R. pentaphylla* et *C. cirrhosa* dans notre étude. **Bensaid et al. (2018)** ont aussi trouvé une

Partie3 : Résultats et discussion

activité réductrice du fer dans l'extrait acétate d'éthyle et butanolique de *C. cheirifolium*, ce qui corrobore les résultats trouvés dans notre étude pour les extraits de *C. cheirifolium*.

Bettaieb Rebey et al. (2016), ont mentionné dans leur travail que la capacité réductrice d'un extrait dépend de la présence de réductones qui exercent leur activité antioxydante grâce aux réactions de transfert d'électron. Selon **Yildirim et al. (2001)**, le potentiel réducteur est un mécanisme important pour examiner l'action antioxydante des composées polyphénoliques présentes dans les extraits.

Conclusion et perspectives

Dans ce travail, nous avons déterminé la teneur en tannins hydrolysables et condensés, et évalué le pouvoir antioxydant d'extrait acétate d'éthyle et méthanolique de six plantes Algériennes : *N.vesicaria*, *S.lanatus*, *C.cheirifolium*, *O. europaea subsp. laperrinei*, *R.pentaphylla* et *C.cirrhosa*.

L'extrait AcOEt et MeOH de *R.pentaphylla* révèlent une forte teneur en tannins hydrolysables et condensés, vu que les tannins possèdent des propriétés astringentes on peut dire que *R.pentaphylla* peut être employé dans le domaine pharmaceutique.

L'étude de l'activité antioxydante des six espèces a montré que l'extrait AcOEt et MeOH d'*O. europaea subsp. laperrinei*, présentent une capacité antioxydante total élevée et un excellent pouvoir réducteur, ce qui qualifié cette plante d'être employée dans différents secteurs industriels afin de prévenir l'oxydation des produits. L'extrait AcOEt de *C. cirrhosa* possède la plus forte capacité de chélation de fer, à notre connaissance cela constitue un nouveau résultat pour cette espèce.

En perspective, il convient de préciser que ces résultats ne sont qu'un premier pas dans la caractérisation des extraits et l'évaluation de l'activité antioxydante. Pour cela nous proposons d'élargir le panel des tests d'activités antioxydantes par l'utilisation d'autres méthodes d'évaluation *in vitro* et *in vivo* (sur les rats Wistar principalement et d'autres modèles expérimentaux) et d'étudier autres activités biologiques telles que les activités antiinflammatoires, antimicrobiennes et les propriétés astringentes. Ainsi d'identifier et cerner le profil chimique de ses espèces par des techniques chromatographiques et spectrométriques plus sophistiquées (HPLC, UPLC, spectroscopie RMN...).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdessemed S, Abdessemed A, Boudchicha R, Benbouza H. 2018. Caractérisation et identification de quelques écotypes d'olivier *Olea europaea* L. en Algérie. *Agriculture Journal*. 8 (2):26-43.
- Aberoumand A, Deokule S. 2008. Comparison of phenolic compounds of some edible plants of Iran and India Pakistan. *Journal of Nutrition*. 7(4):582-585.
- Achour Aoul S. 2014. Criblage phytochimique, activité antioxydante et antibactérienne de la *Cynoglossum Cheirifolium* (Ouednine eljadienne). [mémoire de master].Tlemcen: Université Abou Bekr Belkaid.
- Adai AM. 2017. Chemotaxonomical study of the genera *Brunnera* (Schenk) Johnston, *Chorizanthe* H.Rirdel., *Cynoglossum* Mill., *Solenanthes* Ledeb. & *Symphytum* (Boiss.) L. (Boraginaceae) in Kurdistan region of Iraq by using High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Diyala Journal For Pure Sciences*. 13(3):88-103.
- Al varez ME, Maria AOM, Villegas O, Saad JR. 2003. Evaluation of diuretic activity of the constituents of *Clematis montevicensis* Spreng. (Ranunculaceae) in rats. *Phytotherapy Research*. 17 :958–960.
- Alaoui A, Laaribya S. 2017. Etude ethnobotanique et floristique dans les communes rurales Sehoul et Sidi-Abderrazak (cas de la Maamora-Maroc Septentrional). *Nature et Technologie*. 9(2) :15-24.
- Alcarz C. 1991. La tetraclineaie sur terra rossa en sous-étage semi-aride supérieur chaud. TH2: Groupement à *Tetraclinis articulate* et *Rhus pentaphylla* (Variante thermophile). *Mediterranea Series Biology*.(13):91-104.
- Aliouat A, Boulkelia N. 2014. Activité antioxydant des extraits des graines de la plante *Nigelle sativa* L. [mémoire de master]. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine 1.
- Allen L, Kershaw L. 2019. An illustrated key to the Boraginaceae of Alberta. [Accédée le 27 Mars. 2020]: <https://anpc.ab.ca/wp-content/uploads/2020/01/Boraginaceae-2019-09.pdf>.

Références bibliographiques

- Alph MD.1866. Note Sur Le Quercus Castaneæ folia D'Algérie. Bulletin de la Société Botanique de France. 13(1):51-52.
- Anitha M, Rajalakshmi K, Muthukumarasamy S, Mohan V. 2012a. Antihyperglycemic. Antihyperlipidemic and Antioxidant activity of *Cynoglossum zeylanicum* (Vahl Ex hornem) Thunb Ex Lehm in alloxan induced diabetic rats. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science. 4(5):490-495.
- Anitha M, Daffodil E, Muthukumarasamy S, Mohan V. 2012b. Hepatoprotective and antioxidant activity of ethanol extract of *Cynoglossum zeylanicum* (Vahl ex Hornem) Thunb ex Lehm in CCl₄ -treated rats. Journal of Applied Pharmaceutical Science.2(12):99-103.
- Anitha M, Paulpriya K, Muthukumarasamy S, Mohan V. 2012c. GC-MS Analysis of Bioactive Components of *Cynoglossum zeylanicum* (Vahl Ex Hornem) Thunb. Ex. Lehm. Boraginaceae. Current Pharma Research. 2(4):615-619.
- Anitha M, Daffodil E, Muthukumarasamy S, Mohan V. 2013. Anti-Inflammatory activity of whole plant of *Cynoglossum zeylanicum*. Journal of Advanced Pharmacy Education and Research. 3(1):25-27.
- APG II (Angiosperm Phylogeny Group). 2003. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plant. Botanical Journal of the Linnean Society. 141:399–436.
- Arlet JB, Lasocki S, Beaumont C, Hermine O. 2013. Supplémentation en fer: indications, limites et modalités. Revue de Médecine Interne.34:26-31.
- Atmani D, Chaher N, Berboucha M, Ayouni K, Lounis H, Boudaoud H, Debbache H, Atmani D. 2009. Antioxidant capacity and phenol content of select Algerian medicinal plants. Food Chemistry.112 :303-309.
- Audouin JV. 1827 . Dictionnaire classique d'histoire naturelle: Mo – Nso. Tome X. Paris : Libraires-éditeurs;p.591-592.
- Baali-Cherif D, Besnard G. 2005. High genetic diversity and clonal growth in relict population of *Olea europaea subp. laperrinei* (Oleaceae) from Hoggar. Annals of Botany.96:823-830.

Références bibliographiques

- Baba Aissa F. 2000. Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Alger: LM-R; p. 190-277.
- Babakhani B, Janbaz F, Ebrahimzadeh MA. 2018. Influence of different extraction methods on antioxidant and antibacterial activities of *Nonnea lutea*. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences.27:129-145.
- Balasundram N, Sundram K, Samman S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial. Food Chemistry.99(1) :191–203.
- Bammi J, Douira A. 2002. Les plantes médicinales dans la forêt de l'Achach (plateau central, Maroc). Acta Botanica Malacitana. 27: 131-145.
- Belda A, Zaragozí B, Belda I, Martínez J, Seva, E. 2013. Traditional knowledge of medicinal plants in the Serra de Mariola natural park, South-Eastern Spain. African Journal of Traditional Complement Alternative Medicine.10(2):299-309.
- Bellakhdar J. 1997. Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle au Maroc : la situation actuelle, les produits, les sources du savoir (enquête ethnopharmacologique de terrain réalisée de 1969 à 1992). [thèse de doctorat]. Metz : Université Paul Verlaine.
- Ben Mahmoud S, Saad H, Charrier B, Pizzi A, Rode K, Ayed N, Charrier-El Bouhtoury F. 2014. Characterization of sumac (*Rhus tripartitum*) root barks tannin for a potential use in wood adhesives formulation. Wood Science and Technology.49(1):205–221.
- Ben Mansour H, Yatouji S, Mbarek S, Hoaus I, Delai A, Dridi D.2011. Correlation between antibutyrylcholinesterasic and antioxidant activities of three aqueous extracts from Tunisian *Rhus pentaphyllum*. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials.10:32.
- Ben saleh M, Abdelmelek H, Abderreba M. 2012. Study of phenolic composition and biological activities assessment of olive leaves from different varieties grown in Tunisia. Medicinal Chemistry. 2(5):107-111.
- Benamar H, Tomassini L, Frezza C, Marouf A, Bennaceur M, Nicoletti M. 2020. First study on the pyrrolizidine alkaloids of *Pardoglossum cheirifolium* (L.) E.Barbier &

Références bibliographiques

- Mathez: GC-MS analysis of their volatile components in the whole plant. Natural Product Research. doi : 10.1080/14786419.2020.1721491.
- Benamar H, Tomassini L, Venditti A, Marouf A, Bennaceur M, Nicoletti M. 2016. Pyrrolizidine alkaloids from *Solenanthus lanatus* DC. with acetylcholinesterase inhibitory activity. Natural Product Research.30(22):2567-2574.
- Benamar H. 2008. Screening de plantes pour leur activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase et analyse phytochimique. [mémoire de magister]. Oran : Université Es-Sénia.
- Benamar H. 2016. Isolement et caractérisation d'inhibiteurs naturels de l'acétylcholinestérase. [thèse de doctorat].Oran: Université Es-Sénia.
- Beniston NT, Beniston WS. 1984. Fleurs d'Algérie. Alger : Entreprise Nationale du Livre ; p. 143.
- Benkheira A. 2012. Nature Vivante. [Accédée le 23 Jan. 2020]. http://www.naturevivante.org/index.php?option=com_content&view=article&id=167:olea-laperrini-batt-et-trab&catid=46:la-flore&Itemid=64.
- Bensaid I, Atik Bekkara F, El Haci IA, Belarbi K, Beddou F, Bekhechi C. 2018 Identification and in vitro antioxidant activities of phenolic compounds isolated from *Cynoglossum cheirifolium* L. Natural Product Research.32(4):481-485.
- Bensaid I, AtikBekkara F, El Haci I, Belarbi K, Beddou F, Bekhechi C. 2017. Phytochemical analysis and antioxidant properties of organic extracts obtained from *Cynoglossum cheirifolium* L. Oriental Pharmacy and Experimental Medicine.17(4):381–387.
- Bensakhria A. 2015. Métallothionéines Analytical Toxicology. [Accédée le 19 Avril.2020]. <https://www.analyticaltoxicology.com/metallothioneines/>.
- Bensakhria A. 2015. Le stress oxydatif. In : Bensakhria A. Toxicologie générale. [Accédé le 27 Mars 2020]. <https://www.analyticaltoxicology.com/stress-oxydatif/>.

Références bibliographiques

- Bentabet N, Boucherit-Otmani Z, Boucherit K. 2014. Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organique des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie*. 12(6):364–371.
- Besnard G, Green PS, André B. 2002. The genus *Olea*: molecular approaches of its structure and relationships to other Oleaceae. *Acta Botanica Gallica* . 149(1) :49-66.
- Bettaieb Rebey I, Sriti J, Besbess B, Mkaddmini Hammi K, Hamrouni Sellami I, Marzouk B, Ksouri R. 2016. Effet de la provenance et du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of New Sciences*. 27(4):1478-1487.
- Botineau M. 2010. Botanique systématique et application des plantes à fleurs. Paris: Lavoisier; p.280-1014.
- Burrows GE, Tyrl RJ. 2013. Toxic Plants of North America.2éd.Iowa: Wiley Blackwell.Chapitre6, Anacardeaceae; p.35-46.
- Calatayud PA, Grrec JP, Nicole M. 2013. Adaptation des plantes au stress environnementaux. In : Sauvion N, Calatayud PA, Thiéry D, Marion-Poll F. Interactions insectes-plantes. Versailles: Quae; p. 229-243.
- Cardenas J. 2017. Olivier. Doctissimo. [Accédéle 14 juin 2020]. <https://www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plante-medicinale/olivier.htm>.
- Cédrite B. 2013. Clématites sauvages. Récupéré sur jardins de France. [Accédée le 24 Jan. 2020]. <https://www.jardinsdefrance.org/les-clematites-sauvages/>.
- Chawla R, Kumar S, Sharma A. 2012. The genus *Clematis* (Ranunculaceae) chemical and pharmacological perspectives. *Journal of Ethnopharmacology*.143:116-150.
- Chevalier A. 1948. L'origine de l'Olivier cultivé et ses variations. *Journal D'agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*.1-25.
- Curini M, Epifano F, genovese S, Menghini A, Altinier G, Tubaro A. 2006. Fatty acids profile and antiinflammatory activity of *Nonea setosa* R. et S. *Phytotherapy Research*. 20 (5):422-423.

Références bibliographiques

- Cybron S, Bonarska-Kujawa D, Prunchnik H, Zylka R, Oszmianski J, kleszczynska H. 2014. Phenolic content and biological activity of extracts of blackcurrant fruit and leaves. *Food Research International*. 65:47-58.
- Dangles O, Dufour C. 2008. Flavonoid-Protein Binding Processes and their Potential Impact On Human Health. In: Daayf F, Lattanzio V. *Recent Advances in Polyphenol Research*. Oxford: Blackwell; p. 67-87.
- Deepshikha G. 2015. Methods for determination of antioxidant capacity: a review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 6 (2):546-566.
- Descamps E, Gelé P, Bordet R, Vamecq. 2006. Modulation pharmacologique du stress oxydatif. *La Lettre du Pharmacologue*. 20(4):107-118.
- Di Meo S, Reed TT, Venditti P, Victor VM. 2016. Role of ROS and RNS sources in physiological and pathological conditions. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016:1-44.
- Ding Q, Yang LX, Yang HW, Jiang C, Wang YF, Wang S. 2009. Cytotoxic and antibacterial triterpenoids derivatives from *Clematis ganpiniana*. *Journal of Ethnopharmacology*. 126: 382–385.
- Djakpo O, Yao W. 2010. *Rhus Chinensis* et *Galla Chinensis* du folklore aux preuves modernes. *Phytothérapie*. 24(12):1739-1747.
- Dontha S. 2016. A review on antioxidant methods. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 9 (2):14-32.
- Draou S, Ameer Y. 2019 .Évaluation de l'activité antioxydante et inhibitrice de l'acétylcholinestérase des extraits de trois Boraginaceae (*Cynoglossum cheirifolium*, *Nonnea versicaria*, *Solenanthus lanatus*). [mémoire de master].Oran: Université Oran1.
- Du ZZ, Yang XW, Han H, Cai XH, Luo XD. 2010. A new flavone C-Glycoside from *Clematis rehderiana*. *Molecules*.15:672–679
- Durand D, Damon M, Gobert M. 2013. Le stress oxydant chez les animaux de rente: principes généraux. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 48 :218-224.

Références bibliographiques

- EL Mostafa K. 2016. Préparation et caractérisation de produits naturels obtenus à partir d'*Opuntia Ficus indica* cultivé au Maroc et évaluation de leurs effets protecteurs sur la neurotoxicité induite par le fer dans le contexte de maladies neurodégénératives. [thèse de doctorat].Dijon : Université de Bourgogne.
- El-Haci I, Bekkara A, Didi A, Gherib M, Didi M. 2012. Teneurs en polyphénols et pouvoir antioxydant d'une plante médicinale endémique du Sahara algérien. *Phytothérapie*. 10:280-285.
- El-Shazly A, Sarg T, Ateya A, Abdel Aziz E, Witte L, Wink M. 1996a. Pyrrolizidine alkaloids of *Cynoglossum officinale* and *Cynoglossum amabile*. *Biochemical Systematics and Ecology*. 24(5):415-421.
- El-Shazly A, Sarg T, Ateya A, Abdel Aziz E, Witte L, Wink M. 1996b. Pyrrolizidine alkaloids from *Cynoglossum creticum*. *Phytochemistry*.42(4):1217-1221.
- Fadhil H, Mraïhi F, Cherifi JK, Sokmen M. 2018. Comparative study on total polyphenols content of Tunisian wild *Rhus pentaphylla* fruit extracts and the evaluation of their biological activities. *Italian Journal of Food Science*.31 (2):224-232.
- Ferrali M, Signorini C, Caciotti B, Sugherini L, Ciccoli L, Giachetti D, Comporti M. 1997. Protection against oxidative damage of erythrocyte membranes by the flavonoid quercetin and its relation to iron chelating activity. *FEBS Letters*.416: 123– 132.
- Ferreira IC, Lillian B, Soares ME, Bastos ML, Pereira JA. 2007. Antioxidant activity and phenolic contents of *Olea europaeae* L. leaves sprayed with different copper formulation. *Food Chemistry*. 103:188-195.
- Fu Q, Zan Ke, Zhao M, Zhou S, Shi S, Jiang Y, Tu P. 2010. Triterpene saponins from *Clematis chinensis* and their potential anti-inflammatory activity. *Journal of Natural Product*. 73 :1234–1239.
- Georgiev V, Ananga A, Tsoleva V. 2014. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. *Nutrients*.6(1):391-415.
- Geret F, Cosson RP. 2000. Utilisation des métallothionéines comme biomarqueur de la contamination métallique: variabilité entre sites et organes chez l'huitre *Crassostrea gigas*. *Oceanologica Acta*. 23:261-271.

Références bibliographiques

- Gharib A, Godraze M. 2016. Determination of secondary metabolites and antioxidant activity of some Boraginaceae species growing in Iran. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*.15: 2459-2465.
- Ghedira K. 2008. L'olivier. *Phytothérapie*. 6:83-89.
- Giles M. 1847. Flore de l'Algérie, ou, Catalogue des plantes indigènes du Royaume d'Alger. Paris: J-B. Baillière; p.19-32.
- Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*.48:909-930.
- Green P. 2002. A Revision of *Olea* L. (Oleaceae). *Kew Bulletin*. 57:91-140.
- Guil-Guerrero JL, López-Martínez JC, Gómez-Mercado F, Campra-Madrid P. 2006. Gamma-linolenic and stearidonic acids from Moroccan Boraginaceae . *European Journal of Lipid Science and Technology*. 108(1):43-47.
- Guillouty A. 2016. Plantes médicinales et antioxydants. [thèse de doctorat].Toulouse : Université Toulouse III Paul Sabatier.
- Gülçin İ. 2015. Fe³⁺-Fe²⁺ Transformation Method: An Important Antioxidant Assay. In: Armstrong D. *Advanced Protocols in Oxidative Stress III. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*. New York: Humana Press, volume 1208.
- Haleng J, Pincemail J, Defraigne JO, Charlier C, Chapelle JP. 2007. Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*. 62 (10) : 628-638.
- Halliwell B. 1990. How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications*. 9 (1):1-32.
- Halliwell B. 1994. Free Radicals and Antioxidants: A Personal View. *Nutrition Reviews*. 52:253-265.
- Hamadouche F, Sardi Lakdja N.2019. Etude phytochimique et évaluation de la bioactivité des extraits d'*Olea europaea subsp. laperrinei* (Batt. & Trab.) (Oleaceae) et *Rhus pentaphylla* (Jacq.) Desf. (Anacardiaceae). [mémoire de master].Oran : Université Oran1.

- Hansen K, Adsersen A, Brogger Christensen S, Rosendal Jensen S, Nyman U, Wagner Smitt U. 1996. Isolation of an angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitor from *Olea europaea* and *Olea lancea*. *Phytomedicine*. 2 (4):319-325.
- Hayes JE, Allen P, Brunton N, O'Grady MN, Kerry JP. 2011. Phenolic composition and *in vitro* antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. *Food Chemistry*.126(3):948–955.
- He M, Zhang JH, Hu CQ. 2001. Studies on the chemical components of *Clematis chinensis*. *Acta Pharmaceutica Sinica*. 36(4):278–280.
- Hennebelle T, Sahpaz S, Bailleul F. 2004. Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte. *Phytothérapie*. 2(1):3-6.
- Herrero-Encinas J, Blach M, Pastor J, Mereu A, Ipharraguerre I, Menoyo D. 2020. Effects of a bioactive olive pomace extract from *Olea europaea* on growth performance, gut function, and intestinal microbiota in broiler chickens. *Poultry Science*. 99 (1):2-10.
- Hoffmanns L. 2013. Oleaceae. In: Burrows GE, Tyril RI. *Toxic Plants of North America*. New York: Wiley Blackwell; p.836.
- Hseini S, Kahouadji A. 2007. Etude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). *LAZORA*. 28:79-93.
- Hsieh MS, Wang KT, Tseng SH, Lee CJ, Chen CH, Wang CC. 2011. Using 18F-FDG microPET imaging to measure the inhibitory effects of *Clematis chinensis* Osbeck on the pro-inflammatory and degradation mediators associated with inflammatory arthritis. *Journal of Ethnopharmacology*. 3:511–517.
- Imran M, Ullah F, Ayaz M, Sadiq A, Raza Shar M, Saeed Jan M, Ullah F. 2017. Anticholinesterase and antioxidant potential of *Nonea micrantha* Bioos. & Reut along with GC-MS analysis. *BMC complementary and alternative medicine*.17: 499.
- Jangwan JS, Dobhal M. 2008. New triterpene glycosides of *Clematis montana* and their cytotoxic activities. *Journal of Indian Chemical Society*. 85:313–316.

- Johns CA. 2014. Oleaceae-The Olive Tribe. Cambridge: Cambridge University Press; Volume 2; p. 25-28.
- Kaikbad I. 2010. Reactive Oxygen Species. In: Aird WC. Endothelial biomedicine. Cambridge: Cambridge University Press; p. 375-383.
- Kalpna J. 2016. *Cynoglossum* L.: A review on phytochemistry and chemotherapeutic potential. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*.5(4):32-39.
- Kossah R, Nsabimana C, Zhang H, Chen W. 2010. Optimization of extraction of polyphenols from Syrian sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruits. *Research Journal of Phytochemistry*. 4(3):146-153.
- Koyanga-Mbalissa HB. 2016 . Etude de l'activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase des extraits alcaloïdiques de *Nonea vesicaria* (L.) Rchb; *Lycium intricatum* Boiss; *Ruta chalepensis* L; *Genista tricuspidata* Desf.[mémoire de master].Oran :Université Oran1.
- Kumaran A, Joel karunakaran R. 2007. *In vitro* antioxidant activities of methanol extracts of five phyllanthus species from India. *LWT-Food Science and Technology*. 40 :344-352.
- Kun-Young P, Jung GO, Lee KT, Choi J, Choi MY, Kim GT, Ju Jung HP. 2004. Antimutagenic activity of flavonoids from the heartwood of *Rhus verniciflua*. *Journal Ethnopharmacol*.90(1):73-79.
- Lahcene S, Taibi F, Mestar N, Ali Ahmed S, Boumendjel M, Ouafi S, Houali K. 2018. Insecticidal effects of the *Olea europaea subsp.laperrinei* extracts on the flour Pyralid *Ephestia kuehniella*. *Cellular and Molecular Biology*. 64(11):6-12.
- Lahsissee H, Kahouadj A, Tijan M, Hseini S. 2009. Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de zaer (Maroc occidental). *LEJEUNIA*. 186.
- Lamarck M, Candolle. 1815. Flore Française ou descriptions succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France. Tome III ; Paris : Imprimerie de Stoupe ;p.636.
- Le K, Chiu F, Ng K. 2007. Identification and quantification of antioxidants in Fructus lycii. *Food Chemistry*.105:353-363.

Références bibliographiques

- Lei XG, Zhu J-H, Cheng W-H, Bao Y, Ho Y-S, Reddi, AR, Arnér ESJ. 2016. Paradoxical roles of antioxidant enzymes: basic mechanisms and health implications. *Physiological Reviews*. 96 (1) : 307–364.
- Mahmoudi S, Mustapha K, Mahmoudi N. 2013. Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technologie*. 9 :35-40.
- Majd Soleymani N, Coe S, Thondre S, Lightowler H. 2017. Determination of the antioxidant activity and polyphenol content of different types of *Rhus coriaria* Linn (sumac) from different region. *Proceedings of Nutrition Society*. 76.
- Médail F, Quézel P, Besnard G, Bouchaib K. 2001. Systematics, ecology and phylogeographic significance of *Olea europea* L. ssp. *maroccana* (Greuter & Burdet) P.Vargas et al., a relictual olive tree in South-West Morocco. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 137(3):249-266.
- Mélo EA, Lima V, Maciel M. 2006. Polyphenol, Ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. *Journal of Food Technology*. 9(2):88-94.
- Mesaoudi N, Mekhfi H, Aziz M, Legssyer A, Bnouham M, Ziyat A. 2019. Vasorelaxant and Antihypertensive effects of *Rhus pentaphylla* (*Serapia pentaphylla*). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 10: 4430-4443.
- Mimaki Y, Yokosuka A, Hamanaka M, Sakuma C, Yamori T, Sashida Y. 2004. Triterpene saponins from the roots of *Clematis chinensis*. *Journal of Natural Product*. 67:1511–1516.
- Mirutse G, Zemedu A, Zerihun W. 2010. Ethnomedicinal study of plants used by Sheko ethnic group of Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology*. 132:75-85.
- Mokgalaka-Matlala NS, Regnier TC, Combrinck S, Weiersbye IM. 2010. Selection of tree species as assets for mine phytoremediation using the genus *Rhus* (Anacardiaceae) as a model. *Mine Closure*. 343-349.
- Mouffouk S, Mouffouk C, Bensouici C, Haba H. 2020. *In vitro* cytotoxic effect, hemolytic and antioxidant activities of the Algerian species *Nonea vesicaria* Rchb. *Current Bioactive Compounds*. 16.

Références bibliographiques

- Nemliche S. 2017. Oxidative Signaling Response to Cadmium Exposure. *Toxicological Sciences*. 156:4-10.
- Neve J, Pincemail J. 2008. Antioxydants alimentaires: Vitamines, Oligoéléments et non-nutriments. In : Roberfroid M, Coxam V, Delzenne N. *Aliments fonctionnels*. 2^{éd}.Paris:Tec & Doc; p.203-235.
- Niki E. 2010. Assessment of antioxidant capacity *in vitro* and *in vivo*. *Free Radical Biology & Medicine*.49 :503-515.
- Nkhili EZ. 2009. Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, oxydation et pouvoir antioxydant. [thèse de doctorat]. Marrakech : Université Cadi Ayyad.
- Noichri Y. 2016. Stress oxydant et infarctus du myocarde. [thèse de doctorat].Paris: Université Paris Saclay.
- Nozza E, Melzi G, Marabini L, Marinovich M, Piazza S, Khalilpour S. 2020. L'extrait de fruit de *Rhus coriaria* L. prévient la génotoxicité induite par les UV-A et les lésions oxydatives dans les cellules endothéliales microvasculaires humaines. *Antioxidants*. 9(4):292.
- Obeid HK, Prenzeler PD, Ryan D, Servili M, Taticchi A, Esposto S, Robards K. 2008. Biosynthesis and biotransformation of phenol-conjugated oleosidic secoiridoids from *Olea europaea* L. *Natural Product Research*. 25(6):1167-1179.
- Omar R. 2019. Évaluation de l'activité antioxydante et anti acétylcholinestérase des extraits de *Clematis cirrhosa* (Ranunculaceae). [mémoire de master].Oran: Université Oran1.
- Ouled diaf A. 2019. Préparation, Caractérisation physicochimiques et étude théorique du complexe Cu(II)/ Acide Lipoïque. [mémoire de master]. Guelma : Université 8 mai 1945.
- Ouriemchi F. 2017. Etude phytoécologique des groupements a *Rhus pentaphylla* (Anacardiaceae) dans deux stations Sebaa chioukh et Rechgoun. [mémoire de master].Tlemcen : Université de Tlemcen.

Références bibliographiques

- Oznur EA, Kamil C, Gulcan S. 2012. Foliar Anatomy of *Cynoglossum* L. (Boraginaceae) from north Anatolia, Turkey. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*. 19(2):101-108.
- Paolini V, Dorchie P, Hoste H. 2003. Effets des tannins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez mouton et la chèvre. *Revue Alter Agri*. 61:17-19.
- Parent C, Capeli N, Dat J. 2008. Reactive oxygen species, stress and cell death in plants. *Comptes Rendues Biologies*. 331 :255-261.
- Patricia GL, Silvana MPP, Antonio MS, Mariza PM. 2020. Antioxidant actions of olive leaf extract (*Olea europaea* L.) on reactive species scavengers. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*. 2(9): 68–71.
- Peng H, Li H, Wang Y, Liu YH, Li CY, Meng L. 2009. *Clematis montana* lectin, a novel mannose-binding lectin from traditional Chinese medicine with antiviral and apoptosis-inducing activities. *Peptides*. 30:1805–1815.
- Pereira AP, Ferreira IC, Marcelino F, Valentao P, Andrade PB, Seabra R, Estevinho L, Bento A, Pereira JA. 2007. Phenolic Compounds and antimicrobial Activity of Olive (*Olea europaea* L. CV. *Cobrançosa*) Leaves. *Molecules*. 12:1153-1162.
- Piat C. 2019. Stress oxydatif et antioxydants : question d'équilibre Bien être et santé. Récupéré sur Espace pharmacien. [Accédée le 23 Mars 2020]: <https://www.bienetre-et-sante.fr/stress-oxydatif-antioxydants-question-dequilibre/>.
- Pietta PG. 2000. Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products*. 63(7):1035-1042.
- Pincemail J, Bonjean K, Cayeux K, Defraigne JO. 2002. Physiological action of antioxidant defences. *Nutrition Chimique et Métabolisme*. 16 :233-239.
- Pourhamad J, Eskandari MR, Shakibaei R, Kamalinejad M. 2010. A search for hepatoprotective activity of aqueous extract of *Rhus coriaria* L. against oxidative stress cytotoxicity. *Food and Chemical Toxicology*. 48(3):854-858.

Références bibliographiques

- Prieto P, Pineda M, Aguilar M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E1. *Analytical Biochemistry*. 269(2):337-341.
- Prior RL, Wu X, Schaich K. 2005. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(10):4290-4302.
- Quattrocchi U. 2012. CRC World Dictionary of medicinal and poisonous plants: Common Names, Scientific Names, Eponyms, Synonyms and Etymology, *Cynoglossum* L. Boraginaceae. Boca Rton, New York and London: CRC Press; p.1283- 1284.
- Quezel P, Santa S. 1963a. Nouvelle flore de l'Algérie et de région désertique méridionales. Tome I. Paris: CNRS ; p.363-364.
- Quezel P, Santa S. 1963b. Nouvelle flore de l'Algérie et de région désertique méridionales. Tome II . Paris: CNRS ; p.612-774.
- Rached W. 2009. Évaluation du potentiel antioxydant de plantes médicinales et analyse phytochimique . [mémoire de magister].Oran : Université d'Oran Es-Sénia.
- Rajendran P, Nandakumar N, Rengarajan T, Palaniswami R, Nesamony Gnanadhas E, Lakshminarasaiiah U, Gopas J, Nishigaki I .2014. Antioxidants and human diseases. *Clinica Chimica Acta*. 436:332–347.
- Ranjbar A. 2010. The Analgesic Effect of *Solenanthus circinnatus* Root Extract in Male Rat. *Journal of Isfahan Medical School*. 27(101):1-9.
- Ravi S, Lakshmanan AJ. 2000. Neo Coramandaline, a pyrrolizidine alkaloid from *Cynoglossum furcatum*. *Indian Journal of Chemistry*. 32B:80-82.
- Rehman S U, Faisal R, Shinwari Z K, Ahmed N, Ahmed I. 2017. Phytochemical screening and biological activities of *Trigonella incisa* and *Nonea edgeworthi*. *Pakistan Journal of Botany*. 49(3) : 1161-1165.
- Reyes FJ, Centelles JJ, Lupianez JA, Casante M. 2006. (2 α , 3 β) -2,3 -Dihydroxyolean - 12 - en - 28 - oic, un nouveau triterpène naturel d'*Olea europea*, induit sélectivement

- l'apoptose dépendante de la caspase dans les cellules d'adénocarcinome du côlon. FEBS Letters. 580:6302-6310.
- Roeder E, Wiedenfeld H. 2009. Pyrrolizidine alkaloids in medicinal plants of Mongolia, Nepal and Tibet. Pharmazie.64(11) :699-716.
- Rugini E, De Pace C, Gutiérrez-Pesce P, Muleo R. 2011. *Olea*. In:Chittaranjan Kole. Wild Crop Relatives : Genomic and Breeding.London et New York: Springer; p.79-11.
- Ryan D, Antolovich M, Prenzler P, Robards K, Lavee S. 2002. Biotransformations of phenolic compounds in *Olea europaea* L. Scientia Horticulturae. 92:147-176.
- Sadat-Hosseini M, Farajpour M, Boroomand N, Solaimani-Sardou F. 2017. Ethnopharmacological studies of indigenous medicinal plants in the south of Kerman,Iran. Journal of Ethnopharmacolog. 199:194–204.
- Seigue A. 1985. La foret circumméditerranéenne et ses problèmes. Paris : Maisonneuve & lorase; p.137-170.
- Sell Y, Benezra C, Guerin B. 2002. Plantes et réactions cutanées. Paris et London :John Libbey Eurotext et Allerbio ;p.54.
- Selvi F, Bigazzi M, Hilger HH, Papini A. 2006. Molecular phylogeny, morphology and taxonomic re-circumscription of the generic complex *Nonea* / *Elizaldia* / *Pulmonaria* /*Paraskevia* (Boraginaceae-Boragineae). Taxon. 55(4):907-918.
- Serrano J, Casanova-Martí À, Gil-Cardoso K, Blay MT, Terra X, Pinent M. 2016. Acutely administered grape-seed proanthocyanidin extract acts as a satiating agent. Food Function. 7:483-90.
- Sezik E, Yesilada E, Honda G, Takaishi Y, Takeda Y, Tanaka T. 2001. Traditional medicine in Turkey X. Folk medicine in Central Anatolia. Journal of Ethnopharmacology.75:95-115.
- Shao B, Qin G, Xu R, W H, Ma K. 1996. Saponins from *Clematis chinensis*. Phytochemistry. 42:821–825.
- Shao B, Qin W, Xu R, Wu H, Ma K. 1995. Triterpenoid saponins from *Clematis chinensis*. Phytochemistry. 38:1473–1479.

Références bibliographiques

- Sharma KP. 2019. Tannin degradation by phytopathogen's tannase: A Plant's defense perspective. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 21:101342.
- Shu L. 1995. *Cynoglossum* Linnaeus Sp. *Flora of China*. 16:420-424.
- Singh AP, Kumar. 2019. Applications of Tannins in Industry. Panjab: Intech Open; p. 1-15.
- Smeriglio A, Barreca D, Bellocco E, Trombetta D. 2017. Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British Journal of Pharmacology*. 174:1244–1262.
- Soulimane KA. 2018. Etude chimique et activité antioxydante de *Rhus pentaphylla* Desf. [mémoire de master]. Tlemcen : Université Abou Bakr Belkaid.
- Sun B, Ricardo-da-Silva JM, Spranger I. 1998. Critical Factors of Vanillin Assay for Catechins and Proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46(10):4267–4274.
- Talbi N, Tazamoucht S. 2014. Détermination des teneurs en substances bioactives et l'activité antioxydante des extraits de *Pistacia lentiscus* et *Clematis flammula* [mémoire de master]. Bejaia : Université Abderrahmen Mira.
- The Plant List .2013. *Pardoglossum cheirifolium*. [Accédée le 21 mai 2020]. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2751903>.
- Thiselton- Dyer WT, Hill AW. 2014. Oleaceae. In: *Flora Capensis*. Vol.4. Cambridge: Cambridge University Press; p. 478-488
- Tilford GL. 1997. *Edible and Medicinal Plants of the West*. Missoula, MT: Mountain Press Publishing; p. 190-191.
- Varela-Rodríguez L, Sánchez-Ramírez B, Rodríguez-Reyna IS, Ordaz-Ortiz JJ, Chávez-Flores D, Salas-Muñoz E, Carlos Osorio-Trujillo J, Ramos-Martínez E, Talamás-Rohana P. 2019. Biological and toxicological evaluation of *Rhus trilobota* Nutt. (Anacardiaceae) used traditionally in Mexico against cancer . *BMC complementary and alternative medicine*. 19 (1):153.
- Verdan AM, Wang HC, García CR, Henry WP, Brumaghim JL. 2011. Iron binding of 3-hydroxychromone, 5-hydroxychromone, and sulfonated morin: Implications for the

- antioxidant activity of flavonols with competing metal binding sites. *Journal of Inorganic Biochemistry*.105 (10):1314–1322.
- Viatte L, Vulant S. 2005. L'hepcidine : un nouveau regard sur le métabolisme du fer. *John Libbey Eurotext*. 12(3):199-209.
- Visioli F, Galli C. 2002. Biological Properties of Olive Oil phytochemicals. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*. 42:209-221.
- Vogel P, Kasper Machado I, Garavaglia J, Terezinha Zani V, De Souza D, Morelo Dal Bosco S. 2015. Polyphenols benefits of olive leaf (*Olea europea* L) to human health. *Nutricon Hospitalaria*. 31 (3):1427-1433.
- Willis RB, Allen PR. 1998. Improved method for measuring hydrolyzable tannins using potassium iodate. *The Analyst*. 123(3):435–439.
- Wollenwerber E, Wehde R, Dorr M, Stevens JF. 2002. On the occurrence of exudate flavonoids in the borage family (Boraginaceae). *Zeitschrift für Naturforschung*. 57(5-6):445-448.
- Wu W, Xu X, Dai Y, Xia L. 2010. Therapeutic effect of the saponin fraction from *Clematis chinensis* Osbeck roots on osteoarthritis induced by monosodium iodoacetate through protecting articular cartilage. *Phytotherapy Research*. 24:538–546.
- Yang Y, Guo X, Wang KL, LiuQH, Liu QC.2019. Anther and ovule development in *Clematis terniflora* var. *mandshurica* (Ranunculaceae). *Flora*. 253:67-75.
- Yesilada E, Kupeli E. 2007. *Clematis vitalba* L. aerial part exhibits potent antiinflammatory, antinociceptive and antipyretic effects. *Journal of Ethnopharmacology*. 110:504–515.
- Yıldırım A, Mavi A, Kara AA. 2001. Determination of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Rumex crispus* L. Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(8):4083–4089.
- Zahoui OS, Nene-bi SA, Soro TY, Traore F. 2010. Etude des effets pharmacologiques de l'extrait aqueux de *Heliotropium indicum* Linn. (Boraginaceae) sur le cœur isolé de

Références bibliographiques

rat et l'aorte isolée de cobaye. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 4(5): 1610-1620.

Zhang YH, Lu FS. 1996. Studies on the essential oil composition of *Cynoglossum lanceolatum* Forsk. *Chinese Bulletin of Botany*. 13(3):44-47.

Zhizhi D, Na Zhu, Na ZRWM, Yuemao S. 2003. Two new antifungal saponins from the Tibetan herbal medicine *Clematis tangutica*. *Planta Medica*. 69: 547–551.

Annexes

Annexe 1 : Préparation des Tampons

- Tampon Acétate : 0,3M, pH= 3,6

100ml sodium acétate (3H₂O) + acide acétique à 100% + 275ml eau distillée.

- Tampon phosphate : 0,1 M, pH=7,4

162ml Na₂HPO₄.2H₂O (0,2M) + 38ml NaH₂PO₄.2H₂O (0,2M) + 200ml eau distillée.

- Tampon phosphate : 0,2M, pH = 6,6

187,5 Na₂HPO₄.2H₂O (0,2M) + 312,5 NaH₂PO₄ (0,2M)

Annexe 02 : Les réactifs utilisés

Méthode	Produit	Mode de préparation
Test de l'activité antioxydante par réduction du fer (FRAP)	Solution de FRAP	10ml de TPTZ à 10mM (préparé dans HCl à 40mM) + 10ml de FeCl ₃ 6H ₂ O 20mM + 100ml de tampon acétate (0,3M / pH 3,6)