



الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجية الخلوية والجزيئية

Département de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Intitulé :

Evaluation de l'activité antioxydante des deux plantes *Avena sativa* L. et *Cleome arabica* L.

Présenté et soutenu par :

Le : 16-07-2019

- ✓ Nekkaa soumia
- ✓ Lakhel rayene

Jury d'évaluation :

Président du jury : *Halmi sihem*

MCB. UFM Constantine

Rapporteur : *Maameri zineb*

MCA. UFM Constantine

Examineur : *Bensouici chawki*

Maitre de recherche. CRBT

Année Universitaire

2018-2019

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

La première personne que nous tenons à remercier notre encadreur Maameri Zineb maitre de conférences A à UFM Constantine, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre recherche et pour la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nous tenons à remercier sincèrement les membres de jury : Mme. Halmi sihem comme président de jury ; pour son temps consacré durant la lecture et l'évaluation de ce travail et d'avoir aimablement accepté de présider ce jury

Nos remerciements s'étendent également à Mr. Bensouici Chawki pour son précieux aide, ses conseils et son soutien durant la réalisation de ce travail.

Un spécial remerciement à Monsieur Hedjaj Hamza pour son soutien inconditionnel.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous les membres du centre de recherche en biotechnologie de Constantine, ainsi aux personnels techniques du laboratoire 02 de Biochimie qui nous ont aidés à la réalisation de la partie pratique de notre mémoire.

Un remerciement particulier à Mme Kamah Amina pour son soutien et ses conseils.

*Un remerciement particulier à tous les membres du laboratoire de Biochimie
faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.*

*Merci à tout(e)s les enseignant(e)s du département de biochimie et biologie
cellulaire et moléculaire.*

Dédicaces

A celui qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière ...mon cher papa

الى أبي الذي قال لي يوماً:

لا تكون مثلي لأفخر بك فتعمدت ان أكون مثله لأفخر بي

A les deux plus belles perles du monde ... mes deux mamans

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de me m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes sœurs Ibtissem et Nadia

A mes frères Lamine et Ramzi

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mes cousines et toute ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé

A mon binôme pour la sœur agréable qu'elle était et qu'elle restera pour moi.

A tous mes amis

Pour une sincérité si merveilleuse ...jamais oubliable, en leur souhaitant tout le succès et tout le bonheur

A toute personne qui m'a aidé de franchir un horizon dans ma vie ...

Nekkaa Soumia

Dédicace

Mes remerciements vont tout d'abord au bon dieu pour la volonté et la patience qu'il m'a donné durant ces longues années d'étude afin que je puisse arriver à ce stade.

Du fond de mon cœur, je dédie ce présent travail :

*À celle qui s'est sacrifiée pour mon éducation, qui est ma source de tendresse de don et de confiance et qui fait tout pour ma réussite ma **chère mère : Noura** que dieu la garde.*

*À mon **cher papa : Rachide**, que je voulais être avec moi en ce jour.*

Que dieu La miséricorde

*À toute ma famille maternelle **Boukhenfouf**, et paternelle **Lakhal**.*

À tous mes ami(e)s :

Vous êtes les meilleurs ami(e)s parmi tous, Je vous aime tous.

Je ne peux conclure ce mémoire sans montré ma sincère gratitude et mes grands remerciements à mon encadreur : MAAMERI zineb pour son dévouement exemplaire et ses conseils constructifs, pour sa modestie, sa générosité et son encouragement

Enfin je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Lakhal Rayéne

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Partie I : Etude bibliographique

I. Chapitre 1 : Plantes étudiées

I.1 <i>Avena sativa</i> L.....	3
I.1.1 Culture de l'avoine	3
I.1.2 Origine de culture	3
I.1.3 Origine Génétique.....	3
I.1.4 Classification.....	4
I.1.5 Types d'avoines cultivées.....	7
a) <i>Avena nuda</i>	7
b) <i>Avena sativa</i> L.....	7
I.1.6 Exigences de l' <i>Avena sativa</i> L.	8
I.2 <i>Cleome arabica</i> L.....	9
I.2.1 Description.....	9
I.2.2 Classification systématique	10
I.2.3 Composition chimique.....	10
I.2.4 Répartition géographique.....	12
II. Chapitre 2 : Stress oxydant.....	13
II.2.1 Les radicaux libres.....	13
II.2.1.1 Définition.....	13
II.2.1.2 Nature des radicaux libres.....	13
II.2.2 Le stress oxydant	15
II.2.3 Les antioxydants	16
II.2.3.1 Les antioxydants non enzymatiques	16
a) vitamine E.....	16
b) Vitamine C.....	17
c) Caroténoïdes.....	17
d) Oligoéléments.....	18

II. 2.4.2 Systèmes enzymatiques antioxydants.....	20
a) Superoxyde dismutase.....	20
b) Catalase.....	21
c) Glutathion peroxydase.....	21
d) Glutathion S- transférase (GST).....	21
II.2.4.3 Les différentes localisations cellulaires des antioxydants.....	21
II.2.4.3 Mode d'action des antioxydants.....	22
III. Chapitre 3 : Maladies cardiovasculaires.....	24
III.3.1 Définition.....	24
III.3.2 Epidémiologie.....	25
1-1-Selon Mac Mahon.....	25
1-2-Selon Jeniceck.....	25
III.3.2.1 Dans le monde.....	25
III.3.2.2 En Algérie.....	25
III.3.3 Principaux facteurs de risque des MCV.....	25
III.3.3.1 Facteurs de risque non modifiables.....	26
a) Le sexe.....	26
b) L'âge.....	26
c) Les antécédents personnels et familiaux.....	26
III.3.3.2 Facteurs de risque modifiables.....	26
a) Le tabac.....	26
b) L'hypertension artérielle.....	27
c) Le diabète.....	27
d) L'obésité.....	27
e) La sédentarité.....	27
f) La dyslipidémie.....	28
g) L'alimentation.....	28
h) La consommation d'alcool.....	28
i) Hypercholestérolémie.....	28

Partie II : Etude expérimentale

I. Matériel et méthodes.....	30
I.1 Matériel.....	30
I.1.1 Matériel biologique.....	30
I.1.2 Matériel non biologique.....	30

I.2 Méthodes.....	31
I.2.1 Extraction par macération.....	31
I.2.2 Criblage phytochimique.....	33
I.2.3 Dosage colorimétrique	34
I.2.3.1 Dosage colorimétrique des polyphénols totaux.....	34
I.2.3.2 Dosage colorimétrique des Flavonoïdes totaux.....	36
I.2.4 Evaluation de l'activité biologique <i>in-vitro</i>	38
a) Evaluation de l'activité antioxydante par le radical libre diphényle-picrylhydrazyle (DPPH).....	38
b) Evaluation de l'activité antioxydante par le radical libre ABTS.....	40
c) Test de la capacité antioxydante par réduction du cuivre (CUPRAC).....	41
d) Test de pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium (FRAP).....	42
e) Test de dosage de Glavinoxyl radical.....	43
f) Test d'activités phenanthroline.....	44
I.3. Analyses statistiques.....	45
II. Résultats et discussion.....	46
II.1 <i>Avena sativa</i> L.....	47
II.1.1 Criblage phyto-chimique.....	47
II.1.2 Dosages des composés phénoliques.....	50
II.1.2.1 Courbes d'étalonnages.....	50
A. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.....	51
B. Courbe d'étalonnage pour le dosage des phénols totaux.....	52
II.1.2 Activités antioxydantes.....	54
II.1.2.1 Activité anti-radicalaire par le test DPPH.....	54
II.1.2.2 Activité de réduction du complexe cuivre-néocuproéne CUPRAC.....	55
II.1.2.3 Activité du piégeage du cation radical ABTS ⁺	57
II.1.2.4 Activité du pouvoir réducteur FRAP (Ferric reducing antioxidant power).....	58
II.1.2.5 Activité de réduction par formation du complexe Fe ²⁺ Phenanthroline	60
II.2 <i>Cleome arabica</i> L.....	62
II.2.1 Criblage phyto-chimique.....	62
II.2.2 Dosages des composés phénoliques.....	65
II.2.1 Courbes d'étalonnages.....	65
A. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.....	65

B. Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux.....	67
II.2.2 Les activité anti-oxydante de l'extrait des feuilles de <i>Cléome Arabica</i> L.....	69
II.2.2.1 Activité anti-radicalaire par le test DPPH.....	69
II.2.2.2 Activité de réduction du complexe cuivre-néocuproéne CUPRAC.....	70
II.2.2.3 Activité du piégeage du radical Glavinoxyl GOR.....	72
II.2.2.4 Activité du piégeage du cation radical ABTS ⁺	73
II.2.2.5 Activité du pouvoir réducteur FRAP (Ferric reducing antioxidant power).....	75
II.2.2.6 Activité de réduction par formation du complexe Fe ²⁺ Phenanthroline.....	77
Conclusion générale.....	79
Références	
Annexes	
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau 01: Classification de l'avoine.....	4
Tableau 02: Classification systématique de <i>Cléome arabica</i> L.....	10
Tableau 03: Les constituants des feuilles et des tiges de <i>Cléome arabica</i> L.....	11
Tableau 04: Principales sources de production des radicaux libres.....	15
Tableau 05: Classification des antioxydants selon leurs modes d'action et leurs natures.....	16
Tableau 06: Les différentes fractions des deux plantes <i>Avena sativa</i> L.et <i>Cleome arabica</i> L.....	34
Tableau 07: Les résultats du criblage phytochimique d'extraits butanolique de l' <i>Avena sativa</i> L.....	47
Tableau 08: Taux de flavonoïdes totaux contenu dans chaque extrait d' <i>Avena sativa</i> L.....	51
Tableau 09: Taux de polyphénols totaux contenu dans chaque extrait d' <i>Avena sativa</i> L.....	53
Tableau 10: Inhibition du radical DPPH par les différents extraits de l' <i>Avena sativa</i> L.....	55
Tableau 11: Réduction du cuivre par les différents extraits de l' <i>Avena sativa</i> L.....	56
Tableau 12: Activité anti-radicalaire de l'ABTs par les différents extraits de l' <i>Avena sativa</i> L.....	58
Tableau 13 : Absorbance de l'activité du pouvoir réducteur par les différents extraits de l' <i>Avena sativa</i> L.....	59
Tableau 14: Absorbance des différents extraits de l' <i>Avena sativa</i> L. par l'activité de Phenanthroline.....	60
Tableau 15: Résultats du criblage phytochimique de l'extrait butanolique de <i>Cleome arabica</i> L.....	62
Tableau 16: Taux de flavonoïdes totaux contenu dans chaque extrait de <i>Cléome arabica</i> L.....	66
Tableau 17: Taux de polyphénols totaux contenu dans chaque extrait de <i>Cléome arabica</i> L.....	68
Tableau 18: Inhibition du radical DPPH par les différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	69
Tableau 19: Réduction du cuivre par les différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	71
Tableau 20: Activité anti-radicalaire de GOR par les différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	72

Tableau 21: Activité anti-radicalaire de l'ABTs par les différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	74
Tableau 22: Absorbance de l'activité du pouvoir réducteur par les différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	76
Tableau 23: Absorbance des différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L. par l'activité de Phenanthroline.....	77

Liste des figures

Figure 01: L'appareil végétatif de l'avoine.....	4
Figure 02: Les tiges de l'avoine.....	5
Figure 03: Les feuilles de l'avoine.....	5
Figure 04: Les grains de l'avoine.....	6
Figure 05: Dissection d'un fruit d'avoine.....	6
Figure 06: <i>Avena nuda</i>	7
Figure 07: <i>Avena sativa</i> L.....	7
Figure 08: Photographie de <i>Cléome arabica</i> L.....	9
Figure 09: Un stéroïde isolé à partir des parties aériennes de la plante <i>Cléome arabica</i> L.....	11
Figure 10: Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant.....	13
Figure 11: Les Espèces Réactives de l'Oxygène et de l'Azote.....	14
Figure 12: Les principales réactions conduisant à la production des ERO.....	15
Figure 13: Structure chimique des vitamines E.....	16
Figure 14: Structure chimique de la vitamine C.....	17
Figure 15: Structure des principaux caroténoïdes.....	17
Figure 16: Sites d'action des nutriments antioxydants et des enzymes antioxydantes.....	22
Figure 17: Différentes maladies cardiovasculaires liées à l'athérosclérose selon leur localisation.....	24
Figure 18: Lieu de la récolte de l' <i>Avena sativa</i> L.....	30
Figure 19: Les graines de l' <i>Avena sativa</i> L. avant et après le mixage.....	31
Figure 20: Structure de l'acide gallique (acide 3, 4,5-trihydroxybenzoïque).....	36
Figure 21 : Profile de microplaque de dosage des polyphénols totaux.....	36
Figure 22: Réaction de chélation de trichlorure d'aluminium avec les flavonoïdes.....	37
Figure 23: Profile de microplaque de dosage des flavonoïdes.....	38
Figure 24: Structure et spectre d'absorbance UV/Vis du radical DPPH• et de sa forme réduite DPPH.....	38
Figure 25: Profile de microplaque de dosage de l'activité antiradicalaire DPPH.....	39
Figure 26: Formation et piégeage du radical ABTS ^{•+} par un donneur de H [•]	40
Figure 27: Profile de microplaque de dosage de l'activité anti-radicalaire ABTs.....	41
Figure 28 : Profile de microplaque de dosage de l'activité anti-radicalaire CUPRAC.....	42
Figure 29: Réduction du fer ferrique en fer ferreux par un antioxydant (AH).....	42

Figure 30: Profile de microplaque de dosage de l'activité anti-radicalaire pouvoir réducteur.....	43
Figure 31: Structure de radicale libre du glavinoxyle.....	44
Figure 32: Profile de microplaque de dosage de l'activité GOR.....	44
Figure 33: Profile de microplaque de dosage de l'activité phenanthroline.....	45
Figure 34: Courbe d'étalonnage de la Quercetine pour le dosage des flavonoïdes.....	51
Figure 35 : Histogramme représentant la teneur en flavonoïdes des différents extraits d' <i>Avena sativa</i> L.....	52
Figure 36: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols.....	52
Figure 37: Histogramme représentant la teneur en polyphénols des différents extraits d' <i>Avena sativa</i> L.....	53
Figure 38: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d' <i>Avena sativa</i> L. (DPPH).....	54
Figure 39: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d' <i>A.sativa</i> L. (CUPRAC).....	56
Figure 40 : Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d' <i>A.sativa</i> L. (ABTS).....	57
Figure 41: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d' <i>Avena sativa</i> L. (FRAP).....	59
Figure 42 : Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d' <i>A.sativa</i> L. (Phenanthroline).....	61
Figure 43: Courbe d'étalonnage de la Quercetine pour le dosage des flavonoïdes.....	66
Figure 44: Histogramme représentant la teneur en Flavonoïde des différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	67
Figure 45: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols.....	67
Figure 46: Histogramme représentant la teneur en phénols des différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L.....	68
Figure 47: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L. (DPPH).....	70
Figure 48: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L. (CUPRAC).....	71
Figure 49: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du <i>Cleome arabica</i> L. (Glavinoxyl).....	72

Figure 50: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du <i>Cleome arabica.L</i> (ABTS).....	74
Figure 51: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du <i>Cleome arabica L.</i> (FRAP).....	76
Figure 52: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du <i>Cleome arabica L.</i> (Phenanthroline).....	78

Liste des abréviations

%: Pourcentage

°C: Degré Celsius

µl: Microlitre

ABTS: 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)

AcOET: Ether de pétrole

ADN: Acide Désoxyribonucléique

AGPI: Acides gras polyinsaturés

Al(NO₃)₂ : Nitrate d'aluminium

AlCl₃: Trichlorure d'aluminium

AOMI: Artériopathie oblitérante des membres inférieurs

AVC: Accident vasculaire cérébral

BHA: Butyl-hydroxyanisole

BHT: Butylhydroxytoluène

CH₃COOK: Acétate de potassium

CHCl₃: Chloroforme ou trichlorométhane

Cm: Centimètre

CO: Monoxyde de carbone

CUPRAC: Cupric Reducing Antioxidant Capacity.

DO: Absorbance

DPPH: 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle

DTNB: 5, 5' dithio-bis(2-nitrobenzoate)

EAG: Equivalent d'acide gallique

EQ: Equivalent de quercétine

FCR: Folin ciocalteu

FDR: Facteur de risque

FeCl₂: Chlorure de fer 2

FeCl₃: Chlorure de fer

FRAP: Ferric reducing antioxydant power

G: gramme

GPx: Glutathion peroxydase

GST: Glutathion S- transférase

H⁺: Protons

H₂O: Eau

HCl: Chlorure d'hydrogène

HDL: Lipoprotéine de forte densité

HMG CoA: 3-hydroxy-3 methylglutaryl-CoA

HTA: Hypertension artérielle

IC: Insuffisance cardiaque

IC₅₀ : Concentration provoquant 50 % d'inhibition

IDM: Infarctus de myocarde

K₃Fe (CN): Ferricyanure de potassium

KOH : Hydroxyde de potassium KOH

LDL: Lipoprotéines de densité légère

MCV: Maladie cardiovasculaire

MeOH: Méthanol

Mg: Milligramme

Mn: Minute

ml: Millilitre

mm: Millimètre

NADPH: Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

NaOH: Hydroxyde de sodium

NH₄Ac: Acétate d'ammonium

NH₄OH: Hydroxyle d'ammoniac

Nm: Nanomètre

O₂: Oxygène

OH: Hydroxyle

ROS: Les espèces réactives dérivées de l'oxygène

SOD: Superoxyde dismutase.

UV: Ultra-violet

αTocH: αtocophérol

Introduction

générale

Introduction générale

Au cours de la respiration, l'organisme produit des composés peu stables mais hautement réactifs et toxiques : les espèces oxygénées réactives (ROS). Il s'agit d'une molécule instable qui possède un (ou plusieurs) électron non apparié et cherche désespérément à trouver des électrons afin de se stabiliser [**Girotti-Chanu, 2006 ; Pincemail *et al.*, 2007**].

Les radicaux libres seraient à l'origine de plusieurs pathologies parmi lesquelles nous pouvons citer les arthroses, l'asthme, le cancer, le diabète, les maladies cardiaques, l'athérosclérose (**Codoñer-Franch *et al.*, 2011 ; Sarr *et al.*, 2015**).

D'après l'OMS, les maladies cardiovasculaires (MCV) sont définies comme l'ensemble des pathologies qui affectent les vaisseaux sanguins ainsi que le cœur. Il s'agit de la première cause de mortalité dans le monde.

Un des principaux facteurs de risques de MCV est le mode de vie. En effet, il a été constaté que la consommation de fruits et légumes ou la pratique d'une activité physique régulière contribuait à réduire le risque d'une MCV.

L'utilisation de produits naturels (fruits, légumes) riches en antioxydants pourrait jouer un rôle important dans la prévention de ces maladies. Par ailleurs, le coût élevé des prestations de santé et des médicaments ainsi que les facteurs socio-économiques poussent une grande partie de la population à utiliser les plantes médicinales pour se soigner (**Agban *et al.*, 2013**). De nos jours, 80% de la population ont au moins une fois recours à la phytothérapie (**Arbonnier, 2002**).

Sachant qu'une plante peut contenir plusieurs milliers de substances différentes, on peut se rendre compte de la richesse naturelle du règne végétal.

Ces dernières années, les recherches scientifiques s'intéressent aux composés des plantes qui sont destinés à l'utilisation dans le domaine phytopharmaceutique. Les molécules issues des plantes dites naturelles sont considérées comme une source très importante de médicaments; sachant que plus de 120 composés provenant de plantes sont aujourd'hui utilisés en médecine moderne et près de 75% d'entre eux sont appliqués selon leur usage traditionnel (**Berube et Gagnon, 2006**).

La valorisation de ces plantes passe inévitablement par des criblages phytochimiques et par l'extraction et l'étude de leurs caractéristiques physico-chimiques. Les activités antimicrobiennes et antioxydantes ont été rapportées par plusieurs travaux. Dans la plupart des cas, ces activités sont attribuées à leurs compositions chimiques.

Partant de ces données, nous nous sommes intéressés à l'étude phytochimique et l'évaluation des activités biologiques de deux plantes *Avena sativa* L. et *Cleome arabica* L.

Notre mémoire de fin d'étude se divise en deux parties :

La première partie est une étude bibliographique composée de 3 chapitres :

- 1- Plantes étudiées : l'avoine et Cleome
- 2- Le stress oxydant
- 3- Les maladies cardiovasculaires (MCV)

La deuxième partie est une étude expérimentale composée de 2 volets :

- 1- Le premier volet est d'ordre phytochimique basé principalement sur une analyse qualitative : extraction, et une autre quantitative du contenu en composés phénoliques.
- 2- Le second volet est consacré à une évaluation d'une activité biologique : l'activité antioxydante.

Notre manuscrit est clôturé par une conclusion et des perspectives.

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre 1 :

Plantes étudiées

Avena sativa L.

I.1 *Avena sativa* L.

I.1.1 Culture de l'avoine

L'avoine est une céréale des zones modérées, disparaît de plus en plus des terres arables. C'est une plante rustique, cultivée dans les régions tempérées, principalement comme fourrage vert (parties aériennes et paille), mais aussi pour son grain (en alimentation humaine ou animale). **(Boumelle et Amrouche, 2017)**

I.1.2 Origine de culture

L'avoine est originaire du nord-est de l'Europe (Autriche et Russie) et des plateaux de l'Éthiopie et de la Chine. Le plus ancien grain d'avoine a été découvert en Égypte dans les vestiges de la 12e Dynastie, autour de 2000 ans avant J.-C., et devait probablement provenir de plantes sauvages, puisque l'avoine n'était pas encore cultivée à cette époque. La plus ancienne avoine cultivée a été découverte dans des grottes en Suisse et daterait de l'époque de l'âge de bronze. L'avoine a été introduite en Amérique en 1609 sur les îles Élizabeth, sur les côtes de l'État du Massachusetts et Georges Washington, premier président des États-Unis d'Amérique, en aurait semé 234,71 hectare) en 1786. **(Sirodot.g-e, 2016)**

I.1.3 Origine Génétique

Avena sativa L. est la seule espèce, d'un genre comprenant environ 33 espèces distribuées autour du bassin Méditerranéen, à être cultivée. Comme le genre *Triticum*, le genre *Avena* est représenté par des espèces diploïdes ($2n=14$), tétraploïdes ($2n=28$) et hexaploïdes ($2n=42$). Le schéma évolutif et les mécanismes responsables de l'évolution de la polyploïdie sont essentiellement les mêmes que ceux décrits pour le blé. Contrairement au blé, le processus de domestication et de culture de l'avoine n'implique que les espèces hexaploïdes.

Deux autres espèces, *A. byzantina* (avoine rouge) et *A. nuda* sont mentionnées dans la littérature comme ayant été cultivées dans les premiers temps en Méditerranée orientale.

Ces espèces possèdent des panicules peu denses et les caryopses ont tendance à se détacher à leur maturité. Ces taxons sont maintenant considérés comme faisant partie d'*Avena sativa* étant donné qu'ils partagent le même génome. Leur grande similarité génétique avec *A. sativa* ne justifié pas de leur donner un statut spécifique. **(Sirodot.g-e, 2016)**

I.1.4 Classification

Selon (Feillet, 2000) l'avoine est une plante annuelle herbacée monocotylédone appartenant à :

Tableau 01 : Classification de l'avoine.

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobiona
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Commelinide
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Sous-famille	Pooideae
Tribu	Aveneae
Genre	Sativa
Espèce	Avena sativa

a) Morphologie de la plante

L'avoine est une plante annuelle à racines fasciculées abondantes dans les dix premiers centimètres du sol. Elle peut produire des racines adventives au niveau des nœuds, aux pailles de 80 à 150 Cm de la hauteur, simple ou ramifiée à la base et développe un tallage important. C'est une monocotylédone à tige cylindrique de 25 à 150 cm de haut. (Clement *et al.*, 1971)



Figure 01 : L'appareil végétatif de l'avoine. (Surget et Barron, 2005)

b) Appareil racinaire

Un système racinaire fasciculé assez développé si on le compare à celui du maïs ou des graminées prairiales, notamment le dactyle, mais la profondeur de l'enracinement qui en résulte est souvent liée à la profondeur du plan d'eau (**Soltner, 1979**). On constate ainsi que celui-ci est du type fasciculé peu développé, 55% du poids total des racines se trouvent entre 0 et 25 cm de profondeur, 17 ,5% entre 25 et 50 cm, 14 ,9% entre 50 et 70 cm, 12% au –delà. (**Clement et al., 1971**)

c) Tiges

Un pied d'avoine comprend généralement plusieurs tiges. Les plus grandes se terminent par des panicules. Sept ou huit feuilles s'insèrent sur autant des nœuds. On réserve le nom de chaume aux tiges comme celles de l'avoine rigides, dressées, grêles, non ramifiées et creuses sauf aux nœuds. (**Boulal et al., 2007**)



Figure 02 : Les tiges de l'avoine. (**Boulal et al., 2007**)

d) Feuilles

Les feuilles d'un chaume sont alignées sur deux rangés. (**Boulal et al., 2007**)



Figure 03 : Les feuilles de l'avoine. (**Boulal et al., 2007**)

e) Grains

Le grain est un caryopse entouré de glumelle non adhérente mais restent fermé. (Soltner et *al.*, 2005)



Figure 04 : Les grains de l'avoine. (Soltner et *al.*, 2005)

f) Fleurs

Les fleurs sont hermaphrodites (les organes mâles et femelles sur les mêmes fleurs). Auto-pollinisées par le vent. Arrangées en épillets de deux à trois fleurs fertiles, mesurant de 20 à 25 mm de long, entourées de leurs glumelles supérieures et inférieures initialement partiellement masquées par les glumes supérieures et inférieure de l'inflorescence, ces derniers sont des panicules lâches, elles mesurent de 8 à 30 cm de long. (Soltner, 1990)

g) Fruits

L'avoine à des épis composé de 10 à 75 épillet. (Soltner et *al.*, 2005)



Figure 05: Dissection d'un fruit d'avoine (Soltner et *al.*, 2005)

I.1.5 Types d'avoines cultivées

a) *Avena nuda*

Avoine nue (grain sans enveloppe) possédant qu'une seule couleur d'amande claire. (Ali meziani, 2014)



Figure 06 : *Avena nuda*. (Ali meziani, 2014)

b) *Avena sativa* L.

Avoine vêtue de type printemps et hiver dont les couleurs de l'enveloppe peuvent être blanches, jaune (grise) ou noire.



Figure 07 : *Avena sativa* L. (Ali meziani, 2014)

I.1.6 Exigences de l'*Avena sativa* L.**a) Température**

L'avoine est une culture de climat tempéré, ses semences commencent à germer à partir de +1 à +2 °C, en hiver l'avoine craint le froid, mais il supporte bien les froids tardifs du printemps, pour le tallage et les phases suivantes, l'avoine exige des températures faibles.

Les températures élevées accompagnées de sécheresse freinent le développement et réduisent sérieusement le rendement. (**Anonyme, 1971**)

b) Eau

L'*Avena Sativa* L. est une plante exigeante en eau. Afin que les grains commencent à germer ils doivent assimiler une quantité d'eau égale à 65% du poids de leur propre matière sèche.

Le coefficient de transpiration de l'avoine est plus grand que celui des autres céréales. Pour cela elle est considérée comme une plante qui n'utilise pas économiquement l'eau du sol. C'est une des raisons qui font qu'elle préfère les régions plus humides et plus fraîches. (**Anonyme, 1971**)

c) Sol

L'avoine n'est pas exigeante en ce qui concerne le sol. En cela, elle est bien moins exigeante que toutes les autres céréales hivernales et printanières. L'avoine réussit assez bien dans tous les sols y compris autour des marécages. Les sols très humides et mal drainés ne conviennent cependant pas à l'avoine. Sur des sols acides, l'avoine réussit bien et donne des résultats satisfaisants. (**Anonyme, 1971**)

***Cleome arabica* L.**

I.2 *Cleome arabica* L.

I.2.1 Description

La plante *C. arabica* est une herbe verte, brièvement poilue, glanduleuse, visqueuse, et annuelle de 30 à 50 cm de hauteur, à tiges dressées et ramifiées, feuilles trifoliolées, fruit allongé en silique s'ouvrant par 2 valves, graines revêtues de poils aussi longs que le diamètre de la graine (Ozenda, 1991). La fleur possède un calice à 4 sépales, 4 pétales (brun pourpre ou jaunes bordés de brun-pourpre), 6 étamines (ou 4 ovaires à 1 loge, portés par un pied court ou nul) (podogyne), la capsule est de plus de 20 mm de long stipitée, siliquiforme, à 2 valves se séparant des placentas.

Cette plante appartient à la famille des Capparidacées, son nom *Cléome* vient du grec 'kleio' qui signifie entourer. Localement, Elle est dénommée « **Netten** » et « **Netteina** » en référence à l'odeur nauséabonde que dégage la plante (Quezel & Santa, 1963 ; Baba Aissa, 2000). Cette espèce septentrionale pousse au Maghreb et dans les régions sahariennes, commune dans la Hodna (M'sila) et dans quelques régions du Sahara algérien : *C. arabica ozenda* (Beniston, 1984 ; Ozenda, 1991 ; Tigrine, 2013). Le genre de *Cleome* contient environ 250 espèces (Wollenweber & Dorr, 1992).



Figure 08 : Photographie de *Cléome arabica* L.

Observed in Palestine

<https://www.gbif.org/species/3871515>

I.2.2 Classification systématique

La classification de la plante présentée dans le tableau 1 est faite selon (Quezel & santa, 1963).

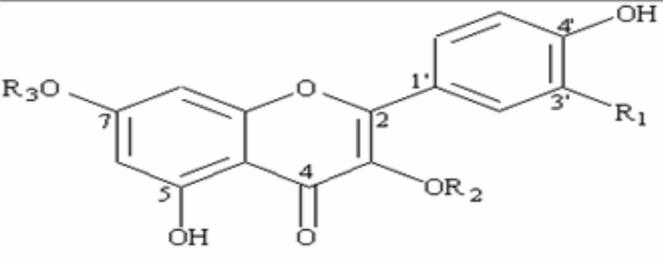
Tableau 02 : Classification systématique de *Cléome arabica* L.

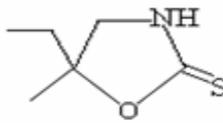
Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Pariétales
Famille	Capparidacées
Genre	<i>Cleome</i>
Espèce	<i>Cleome arabica</i> L
Sous espèce	<i>Arabica</i>

I.2.3 Composition chimique

La famille des capparidacées est riche en flavonoïdes. Ces derniers sont présents dans plusieurs plantes du genre *Cléome* y compris *Cléome arabica* (Touil et al., 1998; Bouriche et al., 2003), *Cléome spinosa*, *Cléome amphicarpa*, *Cléome brachycarpa*, *Cléome chrysantha* et *Cléome droserifolia* (Wollenweber & Dorr, 1992). Selon Ismail et ses collaborateurs (2005), l'extrait des feuilles et des tiges de *Cléome arabica* est très riche en flavonoïdes glucosylés et rhamnosylés (Tableau 3). En plus, Djeridane et al., (2010) ont isolé un stéroïde à partir des parties aériennes de la plante (Figure 9) doté d'activité antioxydante très remarquable.

Tableau 03: Les constituants des feuilles et des tiges de *Cléome arabica* L. (Ismail et al., 2005).

			
	R ₁	R ₂	R ₃
1	OH	Glucosyl	Rhamnosyl
2	H	Glucosyl	Rhamnosyl
3	OCH ₃	Glucosyl	Rhamnosyl
4	OH	Rhamnosyl	Rhamnosyl
5	H	Rhamnosyl	Rhamnosyl
6	OCH ₃	Rhamnosyl	Rhamnosyl
7	OH	Glucosyl	H
8	H	Glucosyl	H
9	OCH ₃	Glucosyl	H

10			
	Cléomine		

1-3:	3-O-glycosyl-7-O-rhamnopyranosides de quercetine
4-6:	3,7-O-di-rhamnopyranosides de kaempferol
7-9:	3-O-glycopyranoside de isorhamnetine

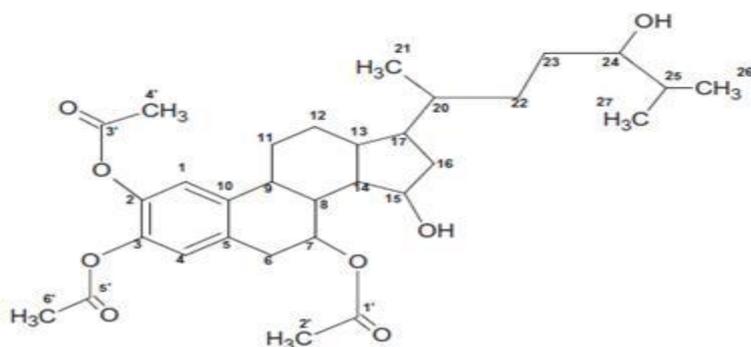


Figure 09 : Un stéroïde isolé à partir des parties aériennes de la plante *Cléome arabica* L. (Djeridane et al., 2010)

I.2.4 Répartition géographique

Espèce fréquente dans les savanes désertiques et les tamaricaies de l'étage tropical monte dans les ravines sablonneuses, c'est une espèce commune dans le Sahara septentrional, Egypte et en Afrique tropicale. (Maire, 1933 ; Ozenda, 1991)

- **Local**

Très fréquent dans le sud d'Algérie, sud de Tunisie ; également trouvé dans la Kerkennah et Djerba. (Bourriche et al., 2005)

- **Utilisation de *Cléome arabica* en médecine traditionnelle**

Cléome arabica est utilisée en médecine traditionnelle par les populations locales et les nomades du Sahara comme analgésique des douleurs névralgiques et rhumatismales et comme diurétique. (Sharaf et al., 1992)

Dans le Hoggar les feuilles séchées de *Cléome arabica* ou leur poudre sont ajoutés à l'alimentation comme un diurétique, pour le traitement des rhumatismes, ou pour provoquer la transpiration (Burkill, 1985). Les habitants de la région de Boussaâda, utilisent les feuilles de *Cléome arabica* dans des cataplasmes à application externe, sur la peau, pour traiter certaines formes rhumatismales (Djeridane et al., 2010).

Chapitre 2 :

Stress oxydant

II. Chapitre 2 : Stress oxydant

II.2.1 Les radicaux libres

II.2.1.1 Définition

Un radical libre est une espèce chimique qui possède un ou plusieurs électrons non appariés sur sa couche externe (figure). La présence d'un électron non apparié confère à ces molécules une grande instabilité, c'est-à-dire qu'elles sont extrêmement réactives et que leur durée de vie est courte. (Carange, 2010)

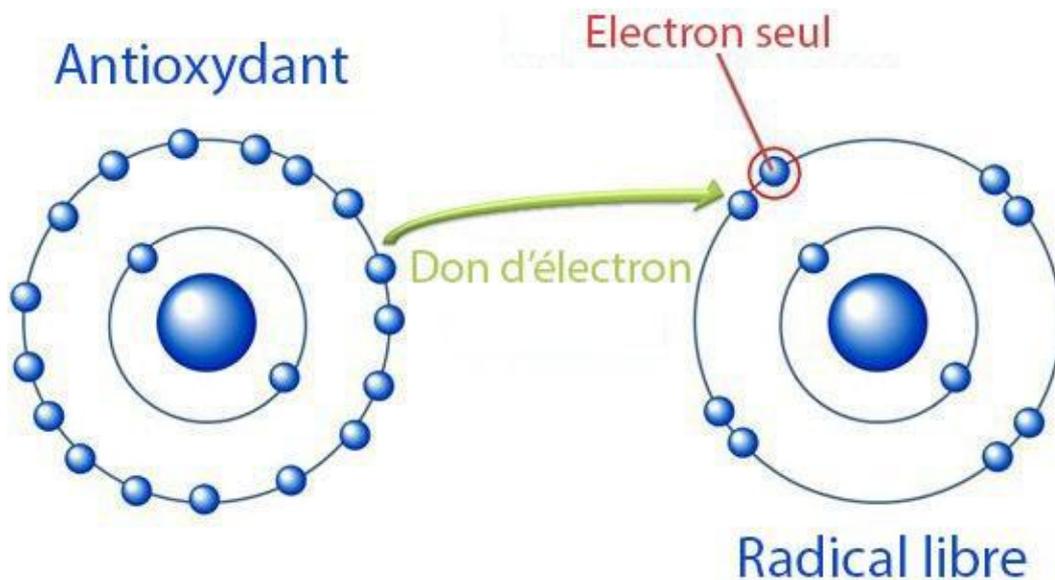


Figure 10 : Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant.

II.3.1.2 Nature des radicaux libres

a) Les espèces réactives dérivées de l'oxygène (ROS)

L'oxygène doit sa grande réactivité à sa structure particulière. En effet, il possède deux électrons radicalaires non appariés sur sa couche orbitale externe. Cette molécule est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme. Les mitochondries utilisent la plus grosse part de l'oxygène inspiré pour la production d'énergie. Cependant 3 à 5% de cet oxygène utilisé par les mitochondries lors de l'activité métabolique normale est inévitablement à l'origine de radicaux libres oxygénés, hautement toxiques, dont les principales sont :

- Ion superoxyde (O_2^-)
- Radical hydroxyle ($OH \cdot$)
- Ion hydroxyle (OH^-)
- Peroxyde d'hydrogène.

Ils proviennent surtout de la chaîne respiratoire mais pas uniquement. Il peut y avoir des ROS non radicalaire, mais tous les radicaux sont des ROS. (Justine *et al.*, 2005)

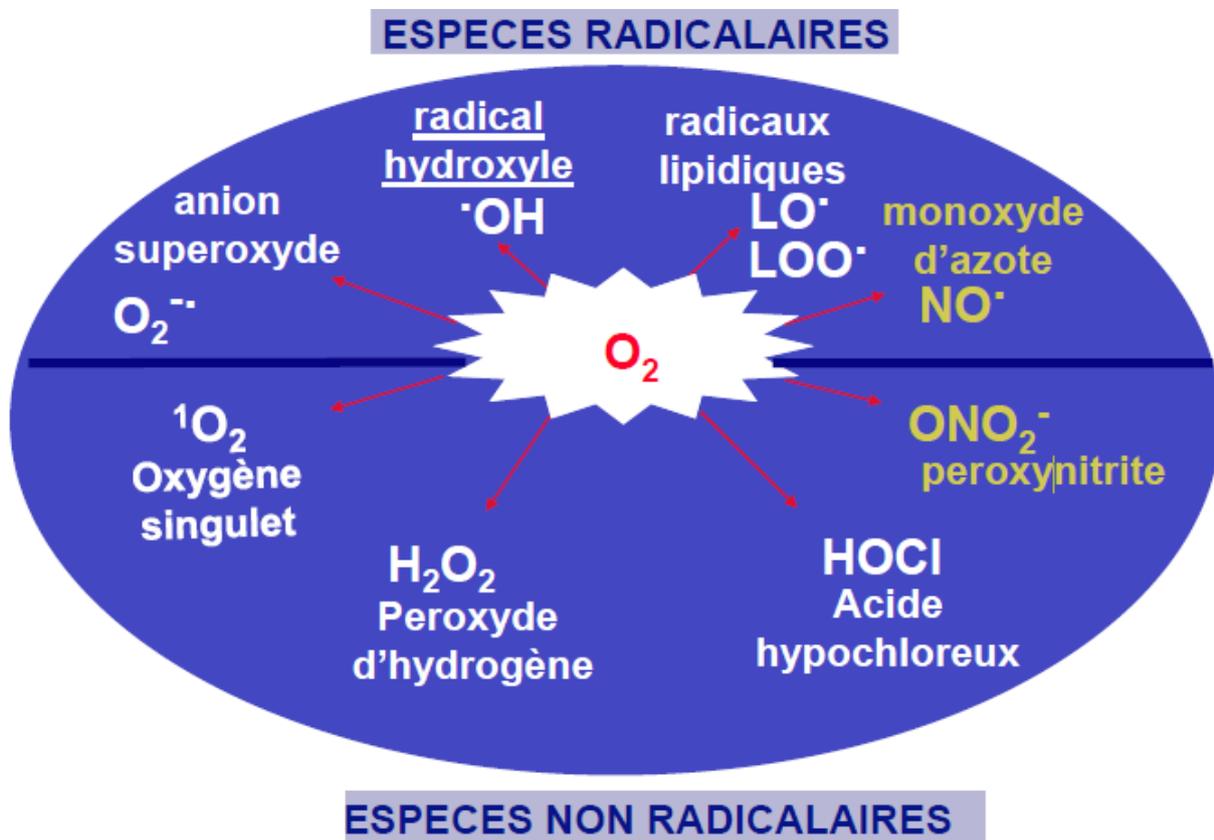


Figure 11 : Les Espèces Réactives de l'Oxygène et de l'Azote. (Josiane, 2011)

b) Production de radicaux libres

La production de ces espèces oxydantes est une conséquence inévitable du métabolisme aérobie. En effet, l'organisme a besoin d' O_2 pour produire de l'énergie au cours des réactions dites de respirations oxydatives. Cependant, une faible partie de l'oxygène échappe à sa réduction en eau, au niveau de la mitochondrie. Elle peut alors être à l'origine de la production de radicaux libres oxygénés. Les autres sources de production de radicaux libres sont représentées dans le **tableau 4**. Elles sont classées en deux catégories :

- les sources endogènes
- les sources exogènes

Tableau 04 : Principales sources de production des radicaux libres.

Sources endogènes	Production de radicaux libres lors des respirations oxydatives (mitochondries) Cellules phagocytaires Métabolisme de l'acide arachidonique Système xanthine/Xanthine oxydase
Sources exogènes	Rayonnement électromagnétique Métaux de transition Pesticides Médicaments...

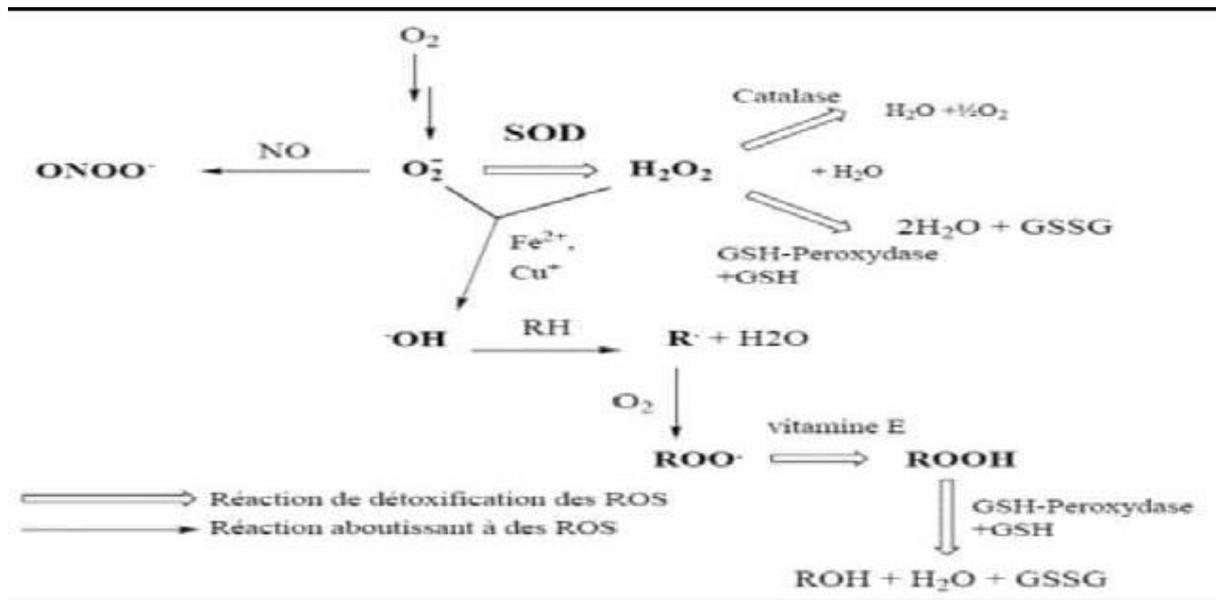


Figure 12 : Les principales réactions conduisant à la production des ERO.

https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Stress_oxudant.

II.2.2 Le stress oxydant

le stress oxydant est défini comme un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants (Ratnam et al., 2006). Il peut se produire en raison de la surproduction d'oxydants, la diminution de la défense antioxydante ou une combinaison de ces deux facteurs (Ece et al., 2007). Les protéines ainsi que les lipides sont les cibles principales des ROS (Serdar et al., 2006). Ces derniers causent la peroxydation lipidique, l'oxydation des protéines et les altérations de l'ADN (Deaton, 2003), provoquant ainsi le développement du cancer, du diabète, des maladies neurodégénératives et des maladies cardio-vasculaires (Ratnam et al., 2006). L'organisme humain a développé des systèmes de défense pour traiter ce phénomène (stress oxydant) et lutter contre les espèces réactives qui sont préjudiciables à la vie humaine (Prior et Cao, 1999 ; Laguerre et al., 2007).

Le stress oxydatif n'est pas une maladie mais un mécanisme physiopathologie. Un excès d'espèces réactives mal maîtrisé favorisera une maladie ou un vieillissement accéléré (Mercan, 2010).

II.2.3 Les antioxydants

Les antioxydants sont définis par Halliwell (1999) comme « toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat ». Ils peuvent être classés selon leur mode d'action, leur localisation cellulaire et leur origine.

Tableau 05 : Classification des antioxydants selon leurs modes d'action et leurs natures

	NATURE	MODE D'ACTION
Défenses non enzymatiques	Vitamine E	
	Vitamine C	
	Bêta carotène	
	Bêta carotène	
	Bêta carotène	Fixation des métaux de transition
	Ubiquinone, acide urique...	
Défenses enzymatiques	Superoxyde dismutase	Catalyse la dismutation de l'anion superoxyde
	Catalase	Métabolise H ₂ O ₂
	Glutathion peroxydase	Action réductrice sur H ₂ O ₂ et les hydroperoxydes

II.2.3.1 Les antioxydants non enzymatiques

a) vitamine E

Il est admis que les radicaux tocophéryles sont régénérés par l'acide ascorbique et que sans cette synergie, les tocophérols sont inactifs (Carr et al., 2000). Lors de l'initiation de la peroxydation lipidique, suite à une attaque radicalaire, l' α -tocophérol (α TocH), connu comme inhibiteur de la propagation lipidique, cède son hydrogène situé dans le noyau phénolique, réduisant ainsi le radical RO₂, et constitue par ce biais le seul antioxydant liposoluble assurant cette protection. (Khalil., 2002)

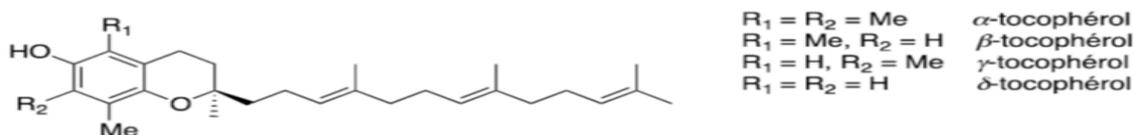


Figure 13: Structure chimique des vitamines E

b) Vitamine C

La vitamine C empêche l'oxydation des lipoprotéines de densité légère (LDL) produites par divers systèmes générateurs d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) (neutrophiles activés, cellules endothéliales activées, myéloperoxydase). Lors de son oxydation en acide déhydroascorbique, elle passe par une forme radicalaire intermédiaire (radical ascorbyl) qui joue un rôle essentiel dans la régénération de la vitamine E oxydée. (Chen et al., 2000)

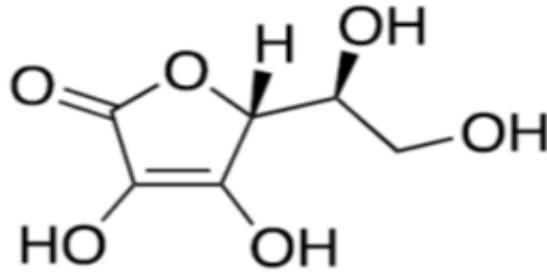


Figure 14: Structure chimique de la vitamine C

c) Caroténoïdes

La plupart des caroténoïdes et vitamine A interagissent avec l'oxygène singulet et peuvent ainsi empêcher l'oxydation de plusieurs substrats biologiques dont les acides gras polyinsaturés (AGPI). Parmi d'autres caroténoïdes intéressants pour leurs propriétés antioxydantes, (Center et al., 2004).

Il existe plusieurs membres dans le groupe des caroténoïdes, mais le caroténoïde le plus connu et étudié est le β -carotène, qui est un puissant antioxydant capable d'éteindre rapidement l'oxygène singulet. (Fusco et al., 2007)

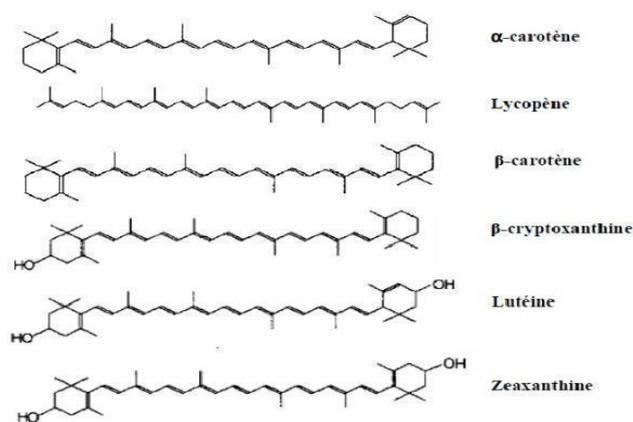


Figure 15: Structure des principaux caroténoïdes (Laguerre et al., 2007).

d) Oligoéléments

Le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le sélénium (Se) et le fer (Fe) sont des métaux essentiels dans la défense contre le stress oxydant.

❖ Le zinc (Zn)

Le Zinc est un oligo-élément de numéro atomique 30 et de masse atomique 66,39 (**Mader, 2010**). Cet oligo-élément est un des cofacteurs essentiels de la SOD. Le zinc protège les groupements thiols des protéines et il peut inhiber partiellement les réactions de formation d'espèces oxygénées induites par le fer ou le cuivre. La prise de zinc conduit à long terme à l'induction de protéines antioxydantes comme les métallothionéines. (**Mezzetti et al., 1998**).

❖ Le sélénium (Se)

Le sélénium est un oligo-élément de numéro atomique 34 et de masse atomique 78,96 (**Reilly, 2006**). C'est un constituant de la glutathion peroxydase, enzyme qui joue un rôle intracellulaire. Cet effet antioxydant est capital dans la détoxification des radicaux libres produits par le métabolisme cellulaire. (**Wolters et al., 2005**).

❖ Le Coenzyme Q₁₀

Le coenzyme Q₁₀, appelé ubiquinone en raison de son ubiquité dans les cellules, est un dérivé benzoquinolique avec une longue chaîne latérale isoprénique. Cette chaîne latérale confère à la molécule un caractère lipophile qui lui permet de s'insérer dans les membranes et les lipoprotéines. Il joue un rôle essentiel dans la chaîne mitochondriale de transport d'électrons et est un puissant inhibiteur de peroxydation lipidique, en synergie avec la vitamine E. S'il n'existe pas d'apport journalier recommandé pour cet antioxydant, il semble toutefois qu'il soit nécessaire d'en ingérer au moins 30 mg par jour.

Il est à noter que la synthèse de cet antioxydant est, en tout point, parallèle à celle du cholestérol. La formation de ces deux molécules dépend, en effet, de l'acide mévalonique formé à partir de la transformation de la HMG CoA (3-hydroxy-3 methylglutaryl-CoA) par la HMG-CoA réductase. Or, les agents hypocholestérolémiantes comme les statines agissent en inhibant cette dernière enzyme, ce qui a comme effet secondaire une réduction significative du taux plasmatique d'ubiquinone. Connaissant le rôle de cette dernière au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale, on comprend pourquoi les personnes prenant des statines se plaignent régulièrement de douleurs musculaires (**Langsjoen et al., 2003**)

❖ L'acide urique

Produit terminal majeur du métabolisme des purines chez l'homme, il est à pH physiologique majoritairement ionisé sous forme d'urate, un piègeur puissant de radicaux (OH., ROO., NOO...). Ces réactions conduisent à des espèces radicalaires qui seront à leur tour réduites (notamment par la vitamine C). Les propriétés antioxydantes de l'urate *in vivo* peuvent être appréciées indirectement par le fait qu'un produit de réaction de l'urate avec les EOA, l'allantoïne, est présent à des taux élevés lors d'un stress oxydant.

❖ Les polyphénols

Les polyphénols regroupent plus de 8 000 molécules divisées en différentes classes chimiques qui ont en commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (**Hannebelle et al., 2004**).

Calabrese (2003) quant à lui a classé les polyphénols en trois principaux groupes :

Acide phénolique, flavonoïdes et Tanins

1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques englobent deux groupes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (**Sarni-Manchado & Cheynier, 2006**)

• Acide hydroxybenzoïques

Cette classe se caractérise par un squelette de C6-C1 en commun. Ils sont particulièrement représentés chez les Gymnospermes et les Angiospermes d'où ils sont souvent libérés après hydrolyse alcaline ou enzymatique. Les acides hydroxybenzoïques existent fréquemment sous formes d'esters ou de glycosides. (**Macheix., 2005**)

Les principaux acides hydroxybenzoïques retrouvés dans les végétaux sont les acides phydroxybenzoïque, protocatéchique, vanillique, gallique et salicylique. (**Chanforan, 2010**)

• Acide hydroxycinnamiques

Les acides hydroxycinnamiques représentent un groupe très important dont la structure possède un cycle aromatique associé à trois carbones C6- C3 (figure 3) ; par exemple : l'acide caféique, l'acide férulique, p-coumarique, et l'acide sinapique (**Nagendran, 2006**). Le degré d'hydroxylation du cycle benzénique et son éventuelle modification par des réactions secondaires sont un des éléments importants de la réactivité chimique de ces molécules. De plus, l'existence d'une double liaison dans la chaîne latérale conduit à deux séries isomères (Z et E) dont les propriétés biologiques peuvent être différentes. (**Macheix, 2005**)

2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés poly-phénoliques comprenant 15 atomes de carbone formant une structure C6-C3-C6, soit deux noyaux aromatique (A et B) et un hétérocycle oxygéné (cycle C) (Chira *et al.*, 2008).

Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques (plus de 6000 composés) chez les plantes (Ghedira, 2005). Ils sont responsables des colorations jaune, orange et rouge des végétaux (fruits, légumes et plantes médicinales (Havsteen, 2002 ; Ghedira, 2005).

3. Tanins

Les tanins sont particulièrement rencontrés dans les caroubes, les fèves sèches, le thé, le vin, l'écorce des grenades, les grains (Bruneton, 1999).

La particularité structurale des polyphénols fait d'eux des donneurs de protons (H+) ou d'électron induisant la formation d'un radical fortement stabilisé (Sarni-Manchado & Cheynier, 2006).

De nombreux composés phénoliques et spécialement les flavonoïdes sont des antiradicalaires puissants. Ils peuvent piéger les radicaux libres tels qu'OH° et O2° en s'oxydant selon la réaction suivante (Ghedira, 2005) :



Ces molécules peuvent aussi inhiber les oxydations de façon indirecte en :

- *Désactivant l'oxygène singulet (l'oxydant très puissant des acides insaturés),
- *Complexant les métaux de transition (Fe+2, Cu+) favorisant l'autoxydation des lipides
- *en inhibant certains enzymes d'oxydation (Sarni-Manchado & Cheynier, 2006).

II.2.4.2 Systèmes enzymatiques antioxydants

Les enzymes telles que le superoxyde dismutase (SOD), la catalase et glutathion peroxydase sont à l'avant-garde dans la lutte contre les attaques oxydatives. (Negre-Salvayre & Salvayre, 2005)

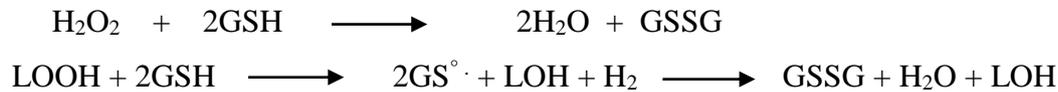
a) superoxyde dismutase

Les superoxydes dismutases (SOD), aptes à évincer l'anion superoxyde selon la réaction suivante (Rabaud *et al.*, 1997):

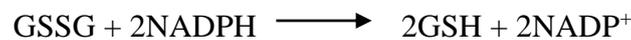


Les superoxydes dismutases(SOD) se présentent sous trois formes (**Negre-Salvayre & Salvayre, 2005**) :

- 1) SOD cytoplasmique dimérique à cuivre et zinc (Cu, Zn-SOD) ;
- 2) SOD extracellulaire tétramérique à cuivre et zinc (Cu, Zn-SOD) ;
- 3) SOD mitochondriale tétramérique à manganèse (Mn-SOD).

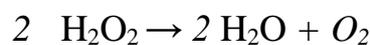


Les actions des SOD et des deux autres systèmes enzymatiques antioxydants (la glutathion-peroxydase et la catalase) sont complémentaires puisque ces dernières se chargent d'éliminer le peroxyde d'hydrogène (même celui produit par les SOD). (**Baudin, 2006**)



b) Catalase

La catalase est une enzyme tétramérique, chaque unité portant une molécule d'hème et une molécule de NADPH, Elles catabolisent les peroxydes d'hydrogènes en molécules d'eau pour prévenir la formation de radicaux hydroxyles. (**Mates et al., 1999**)



c) glutathion peroxydase

La glutathion peroxydase (GPx) enzyme à sélénium, réduit les hydroperoxydes en alcools, et peroxyde hydrogène en eau, avec oxydation du glutathion. La glutathion est oxydée en radical glutathionyle (GS[°]). Deux radicaux glutathionyles donnent du glutathion oxydé. (**Rabaud et al., 1997**)

d) glutathion S- transférase (GST)

La GST est une famille des enzyme multifactorielles présentes chez tous les organismes (**Renuka B et al., 2003**) . La GST est un système très important dans la protection de la cellule contre les ERO par sa capacité de conjuguer le glutathion avec les composés électrophiles et la réaction des peroxydes. (**Zhihua et al., 2004**)

II.2.4.3 Les différentes localisations cellulaires des antioxydants

Les antioxydants peuvent être classés en molécules liposolubles ou hydrosolubles. Selon leurs caractéristiques physico-chimiques, ils auront une localisation cellulaire préférentielle :

- les membranes cellulaires pour les substances liposolubles et le cytosol
- Le milieu extracellulaire pour les substances hydrosolubles. Ils seront particulièrement efficaces sur les radicaux libres présents dans chaque type de milieu, respectivement (Fig.).

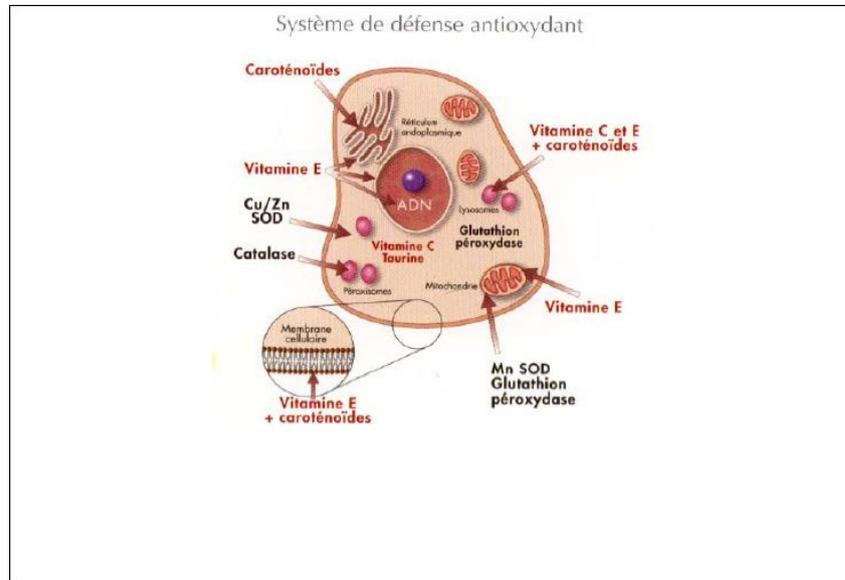


Figure 16 : Sites d'action des nutriments antioxydants (en rouge) et des enzymes antioxydantes (en noir) (OPARA, 2002).

II.2.4.3 Mode d'action des antioxydants

Indépendamment de leur localisation, les antioxydants peuvent agir à deux niveaux : en prévenant la formation de radicaux libres oxygénés ou en épurant les radicaux libres oxygénés. En complément de cette double ligne de défense, l'organisme est en outre capable de réparer ou d'éliminer les molécules endommagées par l'attaque radicalaire (Gardès *et al.*, 2003).

Les antioxydants préventifs ont une action stabilisatrice en décomposant par exemple les peroxydes en des produits stables de terminaison ce qui empêche directement la formation des radicaux libres. Ils peuvent aussi chélater les catalyseurs des réactions d'oxydation tels que les ions métalliques ou bien réagir avec l'oxygène.

Les piègeurs des ERO rentrent en compétition avec des radicaux déjà existants et contribuent à bloquer la phase de propagation. On différencie deux types de piégeage :

- le premier par libération d'un atome dihydrogène, souvent par une structure aromatique (cas des dérivés du phénol : tocophérols, polyphénols, flavonoïdes...)
- et le deuxième par libération d'un électron (Huang *et al.*, 2005).

La combinaison de ces antioxydants préventifs et piègeurs peut générer des effets synergiques.

Chapitre 3 :
Maladies
cardiovasculaires

III. Chapitre 3 : Maladies cardiovasculaires

III.3.1 Définition

Les maladies cardiovasculaires (MCV) sont des maladies qui touchent le cœur et les vaisseaux. Les constituants du sang participent à leur développement. Le mécanisme le plus impliqué dans les MCV dans le monde est l'athérosclérose. Cette dernière consiste en un remaniement des membranes internes (intima) et moyenne (media) des artères par accumulation focale de lipides, de glucides, de sang et de produits sanguins, de tissu fibreux et de dépôts calcaires, conduisant à une obstruction de la lumière de l'artère (OMS, 1958). Il en résulte une diminution de l'apport de sang et de nutriments dans l'organe, responsable en aval de l'obstruction, d'une souffrance appelée ischémie (Futura, s. d.). L'ischémie peut aussi résulter d'une obstruction de la lumière du vaisseau par un thrombus ou le développement d'une plaque athéromateuse.

Différents organes peuvent ainsi être touchés : le cerveau avec l'accident vasculaire cérébral (AVC), le cœur avec l'angine de poitrine voire l'infarctus du myocarde (IDM), ou les artères périphériques avec l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI) (Figure 17). Diverses atteintes du cœur peuvent entraîner une défaillance fonctionnelle donnant une insuffisance cardiaque (IC).

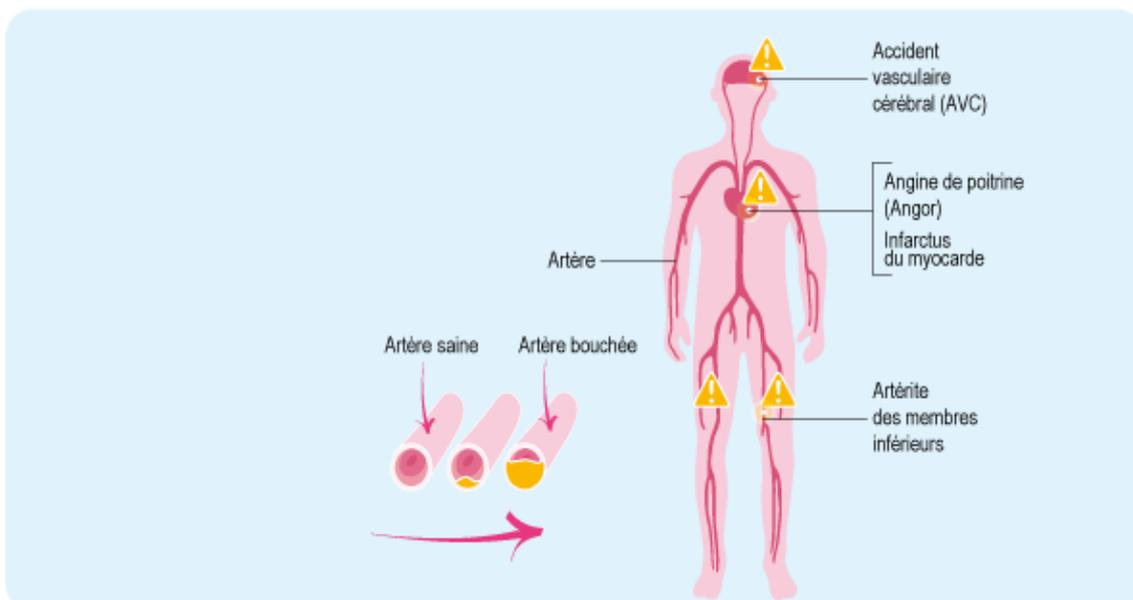


Figure 17: Différentes maladies cardiovasculaires liées à l'athérosclérose selon leur localisation

Source: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/risque-cardiovasculaire/maladies-cardiovasculaires>

III.3.2 Epidémiologie

➤ Qu'est-ce que l'épidémiologie

1-1-Selon Mac Mahon : « Etude de la distribution et des déterminants d'une maladie dans des population humaine et applications des résultats de cette étude dans la lutte contre cette maladie».

1-2-Selon Jeniceck : « L'épidémiologie est un raisonnement est une méthode propre au travail objectif en médecine et dans d'autre science de la santé, à explication de leur étiologie, et à la recherche des méthodes d'intervention les plus efficaces ».

III.3.2.1 Dans le monde

Les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité dans le monde, on estime à 17.5 millions le nombre de décès imputables au MCV ; soit 32% de la mortalité mondiale totale. Parmi ces diésés ; 7.4 millions sont dus à une cardiopathie coronarienne et 6.7 millions à un AVC (**OMS, 2015**). Sur les 16 millions de décès, ceux qui surviennent avant l'âge de 70 ans sont liés à des maladies non transmissibles ; 82% se produisent dans des pays à revenu faible ou intermédiaire et 37% sont imputables aux MCV (**OMS, 2017**).

III.3.2.2 En Algérie

En Algérie, 44.5% des décès sont dus aux maladies cardiaques et ils dépassent ceux causés par les accidents de la route ; révélation faite le professeur Djamel-Eddine NIBOUCHE (cardiologue) en raison de l'incidence et de la mortalité élevée du syndrome coronarien aigu en Algérie (**Nibouche, 2014**).

À ce titre, il a plaidé pour la réhabilitation du médecin de famille ; chaque famille devrait avoir son médecin approprié, a-t-il souligné, rappelant au passage, que malheureusement 98% des malades qui se rendent vers les hôpitaux ne sont pas des cas d'urgence (**Nibouche, 2014**).

III.3.3 Principaux facteurs de risque des MCV

Un facteur de risque est tout attribut, caractéristique ou exposition d'un sujet qui augmente la probabilité de développer une maladie ou de souffrir d'un traumatisme (**OMS, 2018**). Il existe des FDR non modifiables et des FDR modifiables des MCV.

III.3.3.1 Facteurs de risque non modifiables

a) Le sexe

La fréquence d'être atteint de la maladie cardio-vasculaire par athérosclérose est beaucoup plus basse chez la femme que chez les hommes, aux âges moyens de la vie (**Graham et al., 2007**).

Ceci s'explique par le fait que chez l'homme l'augmentation de la testostérone entraîne une intensification des récepteurs plaquettaires (**Lipsskaya, 2001**), leurs estrogènes ont un effet protecteur au niveau cardiaque, c'est pourquoi la ménopause est associée à une augmentation du risque coronaire (**Amouyel, 2001**).

b) L'âge

C'est le facteur de risque majeur non modifiable, le risque CV augmente avec l'âge, des cas d'athérosclérose sont observés chez des sujets jeunes (**Berdah et Amah, 2009**).

L'athérosclérose faisant partie intégrante des pathologies du vieillissement, elle voit sa prévalence augmenter chez les sujets âgés (**Amouyel, 2001**). Le vieillissement du corps humain caractérisé par le phénomène de sénescence des artères (l'artériosclérose). Elle est dégénérative et est définie par un vieillissement normal des artères, les parois vasculaires des petits vaisseaux s'épaississent et durcissent, ce qui va provoquer une diminution de leur calibre et la perte de leur élasticité. Le vieillissement des artères rend la personne plus sensible aux affections cardiaques dont (**Giller, 2009**).

c) Les antécédents personnels et familiaux

Tout antécédent, de maladie athérombotique, familial ou personnel constitue un facteur de risque majeur de maladie coronaire (**Amouyel, 2001**). En effet, la génétique ne serait responsable que du tiers du risque le reste dépend du mode de vie du sujet (**Badimon et Chesebro, 2002**).

III.3.3.2 Facteurs de risque modifiables

a) Le tabac

Le CO est un gaz toxique formé lors de la combustion de la cigarette, il se fixe sur l'hémoglobine des globules rouges et prend la place de l'O₂, il y a donc moins de O₂ dans le sang et les organes ; ce qui pousse la fréquence cardiaque et la pression artérielle à augmenter en entraînant un risque cardio-vasculaire (**Virmany, 2000**).

b) L'hypertension artérielle

Elle est considérée comme le facteur de risque cardiovasculaire le plus fréquemment lié aux coronaropathies puisqu'il semblerait qu'elle induise l'expression des gènes codant pour des protéines impliquées dans le processus inflammatoire de l'athérosclérose (**Jesse, 2003 ; Guimont,2000 ; Yammamich et Wallimann, 2001**), plus la pression artérielle est élevée et plus l'étendue de l'athérosclérose anatomique est grande et les complications de l'athérosclérose sont fréquentes (**Safar et Blachez, 2000**).

c) Le diabète

Le diabète a de graves conséquences sur les tissus des vaisseaux. Les molécules de sucre se lient aux protéines et forment des ponts moléculaires, ces dernières affectent les fibres de collagène qui ont un rôle important dans l'élasticité des artères. Le fait que ces fibres soient affectés provoque la rigidité des artères ce qui mène à une mauvaise dilatation des vaisseaux lors d'une augmentation de la pression artérielle ou du débit sanguin. Les cellules du tissu musculaire lisse se divisent, des lipides s'accumulent dans cette paroi et forment par la suite une plaque d'athérome ce qui peut, suite à une rupture, obstruer l'artère (**Badimon et Chesebro, 2002**).

d) L'obésité

De nombreuses études épidémiologiques prospectives ont montré l'existence d'une relation entre l'obésité, mesurée par l'indice de masse corporelle, et les cardiopathies ischémiques avec un accroissement du risque même à partir d'une surcharge pondérale modérée (**Willett et al., 1995 ; Kannel et al., 1996**).

En effet, le risque relatif augmente avec le surpoids, il est de 1,4 pour un excès de poids de 10 à 30 % et de 2 pour un excès dépassant 30 % (**Pi-Sunyer FX ,1991**).

L'association entre l'obésité et les cardiopathies ischémiques est double : d'une part, l'obésité est associée à des états morbides qui sont, à leur tour, associés aux MCV; c'est le cas de l'hypertension artérielle, de l'hypercholestérolémie et de l'intolérance au glucose (**Chen et al., 1991**).

D'autre part, l'obésité est associée directement aux cardiopathies ischémiques.

e) La sédentarité

Un manque d'exercice augmente le risque de maladie coronarienne, indépendamment des autres facteurs de risque (**Assmann et al., 2004 ; Ruz et al.,2002**). Une méta-analyse a montré, à partir études de cohorte, que la sédentarité multipliait par 1,9 le risque de décès d'origine coronarienne, par rapport à une population active (**Herpin et Paillard, 2003**), alors

que l'activité physique régulière permet de réduire le poids, de réguler les taux de cholestérol et de lipide sanguins, la tension artérielle et le diabète, et d'atténuer ainsi le risque cardiovasculaire global (**Fizer, 2004**). Il a été démontré qu'à la suite d'un infarctus du myocarde, l'absence d'activité physique chez les patients est associée à une plus forte mortalité, par rapport à ceux qui bénéficient d'une réadaptation cardiovasculaire (**Framingham, 2014**).

f) La dyslipidémie

Les dépôts de plaques lipidiques sur la paroi interne des vaisseaux sanguins peuvent se rompre et favoriser la formation de caillots, lorsqu'ils obstruent les vaisseaux, ces caillots provoquent les accidents vasculaires (infarctus du myocarde, ischémies cérébrale) Le taux élevé de triglycérides diminue la fluidité sanguine et favorise la formation de caillot (**AFMO, 2016**).

g) L'alimentation

La consommation alimentaire influençant de nombreux facteurs de risque particulièrement importants tels que : la HTA, le diabète, la dyslipidémie, le surpoids. La consommation d'acides gras saturés est l'ennemi majeur car ils constituent un déterminant pourcentage de la concentration en LDL (**Marmot et Mustard, 1996**).

h) La consommation d'alcool

Il a été démontré, dans de nombreuses études épidémiologiques, que la relation entre la consommation d'alcool et les cardiopathies ischémiques a une forme en U.

En effet, l'absence de consommation d'alcool est associée à un risque plus élevé que la faible consommation et la consommation moyenne (10 à 30 g d'éthanol/j). Le risque augmente par la suite avec l'augmentation de la consommation d'alcool (**OMS, 2003 ; Siriwardhana et al., 2013**).

i) Hypercholestérolémie

Hypercholestérolémie est une maladie due à une augmentation de la matière grasse au niveau sanguin, génétiquement elle correspond de point de vue biologique à la présence de la lipoprotéine de faible densité (LDL) au niveau des artères.

Le cholestérol est indispensable mais à un taux trop bas, il peut causer des risques fatals pour la santé, le problème du cholestérol sanguin est surtout lié aux lipoprotéines qui le transporte « bon transporteur » lipoprotéine de forte densité (HDL) qui l'entraîne au foie, et le « mauvaise transporteur », LDL qui l'entraîne sur les parois artérielle, lorsque LDL sont trop

abondantes dans le sang, elles endommagent les artères, ce qui mène l'Athérosclérose. **(Beneytout, 2001).**

Partie II : Etude expérimentale

Matériel et méthodes

Notre travail a été effectué au niveau du laboratoire de Biochimie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université des Frères Mentouri, Constantine, et Centre de Recherche en Biotechnologie *CRBt*. Algérie.

I. Matériel et méthodes

I.1 Matériel

I.1.1 Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé dans notre étude se divise en :

✓ Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des parties aériennes (feuilles) de l'espèce *Avena sativa* L. (le son d'avoine). La récolte a été réalisée au mois de juillet 2018 de Bir chouhada commune de la wilaya d'Oum El Bouaghi Algérie.



Figure 18 : lieu de la récolte de l'*Avena sativa* L. (www.google.dz/maps)

I.1.2 Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé dans notre étude est composé de verreries, d'appareillage et de réactifs qui sont résumés dans l'annexe.

I.2 Méthodes

Les graines de *Avena sativa* L. ont été broyées dans un mixeur jusqu'à l'obtention d'une poudre moins fine pour la préparation des 3 extraits.



Les graines avant le mixage



les graines après le mixage

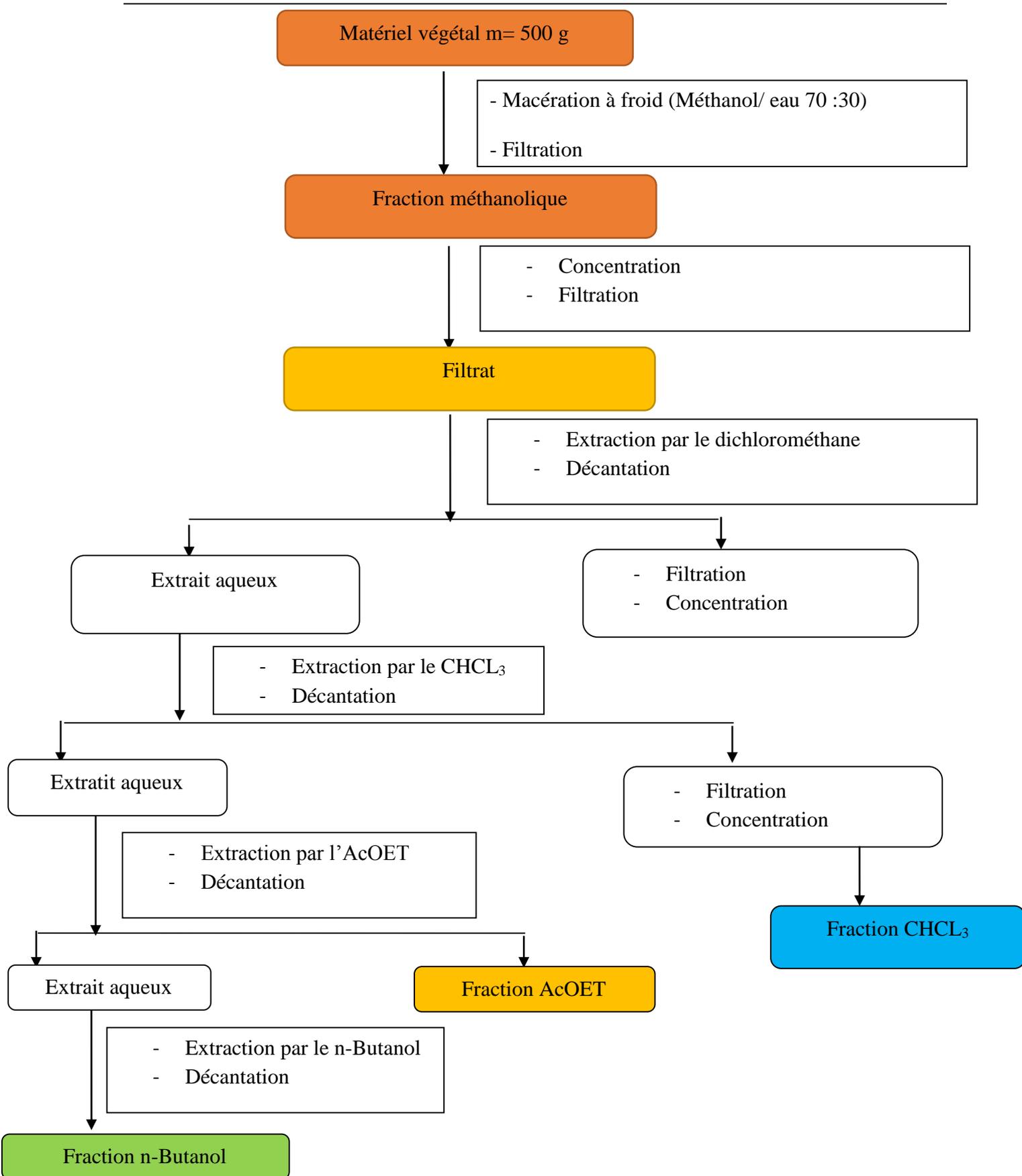
Figure 19 : Les graines de *Avena sativa* L. avant et après le mixage

I.2.1 Extraction par macération

La macération est un procédé qui consiste à laisser séjourner un solide dans un liquide froid pour en extraire les composés solubles.

➤ **Extrait méthanolique**

L'extrait méthanolique a été obtenu par la macération pendant 72h de 500g d'*Avena sativa* L. Dans un volume de 1.5 litres de méthanol 70% renouvelé 3 fois. La phase aqueuse du macérât a été alors filtrée sur du coton.



Protocole expérimental de notre étude de
Avena sativa L et *Cleome arabica* L.

I.2.2 Criblage phytochimique

Le criblage phytochimique est une analyse qualitative basée sur des réactions de précipitations et / ou de colorations. Ces dernières permettent de définir la présence ou non de métabolites secondaires.

• Les alcaloïdes

Test fondé sur la capacité qu'ont les alcaloïdes à se combiner avec les métaux lourds Test de Mayer : L'extrait méthanolique est repris dans quelques ml d'HCl 50 %. La formation d'un précipité jaune, après ajout de quelques gouttes du réactif de Mayer, témoigne de la présence d'alcaloïdes (**Dohou et al., 2003**).

• Les Tanins vrais

Un aliquote d'extrait repris dans 2ml d'eau distillée, ajouter quelques gouttes d'HCl concentré le tout est chauffé au bain marie bouillant, la formation d'un précipité rouge indique un test positif (**Yves-Alain et al., 2007**).

• Les Quinones libres

Un gramme de matériel végétal sec est broyé et placé dans un tube sec avec 15 à 30 ml d'éther de pétrole. Après agitation et un repos de 24 h, les extraits sont filtrés et concentrés au rotavapor. La présence de quinones libres est confirmée par l'ajout de quelques gouttes de NaOH 1/10, lorsque la phase aqueuse vire au jaune, rouge ou violet (**Dohou et al., 2003**).

• Les Flavonoïdes

Dix gouttes d'acide chlorhydrique concentré et quelques milligrammes de tournures de magnésium sont ajoutés à 0.5 ml de l'extrait. La coloration rose-rouge ou jaune, après trois minutes d'incubation à température ambiante, indique la présence des flavonoïdes (**Hadduchi Fet al., 2014**).

• Les saponines: Indice de mousse

Leur présence est déterminée quantitativement par le test de la mousse, dans des conditions déterminées, l'extrait repris dans 5ml d'eau distillée, puis introduit dans un tube à essai est agité vigoureusement, la formation d'une mousse (hauteur supérieur de 1cm) stable persistant pendant 15 min, indique la présence de saponines (**YvesAlain et al., 2007**)

• Flavonoïdes (Cyanidine)

L'extrait méthanolique dissout dans 1ml HCl et quelques copeaux de magnésium, l'apparition d'une coloration allant de l'orangé au rouge pourpre indique une réaction positive (**Najaa et al., 2011**).

• **Sucres réducteurs**

Les sucres réducteurs ont été mis en évidence dans les extraits par le réactif de Fehling. 5 ml d'extrait brut sont additionnés 5 ml de liqueur de Fehling. La formation d'un précipité rouge brique après 2-3 min de chauffage au bain-marie à 70°C indique une réaction positive (**Yves-Alain et al., 2007**).

• **Test des phénols**

2 ml de l'extrait méthanolique ont été mélangés avec 2 ml de l'éthanol à 96%.L'ajout de quelques gouttes de FeCl3 permet l'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée qui indique la présence de phénols (**Najjaa. N et al., 2011**).

• **Test des flavonoïdes glycosides**

1ml d'hydroxyde de potassium KOH à 1% est ajouté à 2ml de l'extrait dilué dans le méthanol. L'apparition d'une coloration jaune indique la présence des flavonoïdes glycosides (**Iqbal Hussain et al, 2011**).

• **Test des anthocyanidines**

4ml d'hydroxyle d'ammoniac NH₄OH concentré 30% est ajouté à 3ml da l'extrait permet l'apparition d'une coloration rouge (**Benmansour.N, 2016**).

I.2.3 Dosage colorimétrique

	<i>Avena sativa</i>	<i>Cléome arabica</i>
A	Chloroforme	Hydro-alcoolique
B	Butanol	Butanol
C	Acétate	Méthanol

Tableau 06 : Les différentes fractions des deux plantes *Avena sativa* L. et *Cleome arabica* L.

I.2.3.1 Dosage colorimétrique des polyphénols totaux

Le dosage des phénols totaux des extraits aqueux et méthanolique de l'avoine a été effectué par la méthode adapté sur microplaque décrite par (**Muller et al., 2010**).

a) Principe

C'est une méthode basée sur l'utilisation du réactif de Folin Ciocalteu (FCR) qui est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀) de couleur jaune. Elle est basée sur la variation des propriétés colométriques de ce réactif une fois complexé à certains types de molécules principalement les polyphénols. Le réactif est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃), d'une coloration bleue foncée (**Catalano et al., 1999**). La coloration produite, dont la longueur d'onde d'absorption maximum est comprise entre 725 et 765 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits (**Georgé et al., 2005**).

b) Procédure

20 µl d'extrait de plante + 100µl de FCR dilué (1 :10) + 75 µl de carbonate de sodium (7,5%) + mettre le mélange à l'obscurité pendant 2h + lecture à 765 nm. Un blanc est préparé de la même manière en remplaçant l'extrait par le solvant utilisé (Méthanol).

c) Gamme d'étalonnage

Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique :

On prend 0,5 mg de l'acide gallique et on le dissout dans 5 ml de Méthanol pour obtenir la solution S₁ (0,2mg/ml). Les dilutions sont préparées dans des eppendorfs comme suit:

25µg/ml → 25µl de S₁+ 175µl de MeOH

50 µg /ml → 50µl de S₁+ 150µl de MeOH

75µg/ml → 75µl de S₁+ 125µl de MeOH

100µg/ml → 100µl de S₁+ 100µ de MeOH

125µg /ml → 125 µl de S₁+ 75µl de MeOH

150µg /ml → 150µl de S₁+ 50µl de MeOH

175 µg /ml → 175µl de S₁+ 25µl de MeOH

200µg /ml → 200µl de S₁

20µl de chaque dilution sont transférés dans une microplaque + 100µl FCR (1 :10) + 75µl de Na₂CO₃ (7,5%) + incubation 2h + lecture à 765nm.

Les concentrations des polyphénols de l'échantillon sont déterminées à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-0,1mg/ml) dont la formule chimique est représentée dans la figure

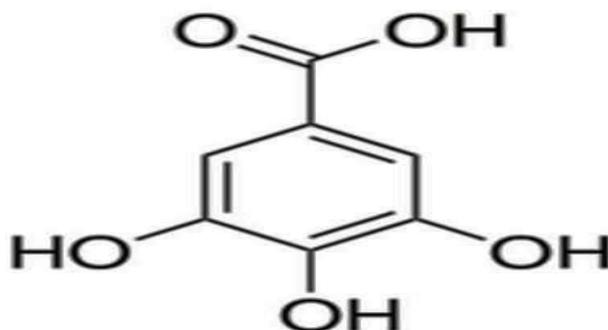


Figure 20: Structure de l'acide gallique (acide 3, 4,5-trihydroxybenzoïque)

<https://www.espritsante.com/articles/acide-gallique>

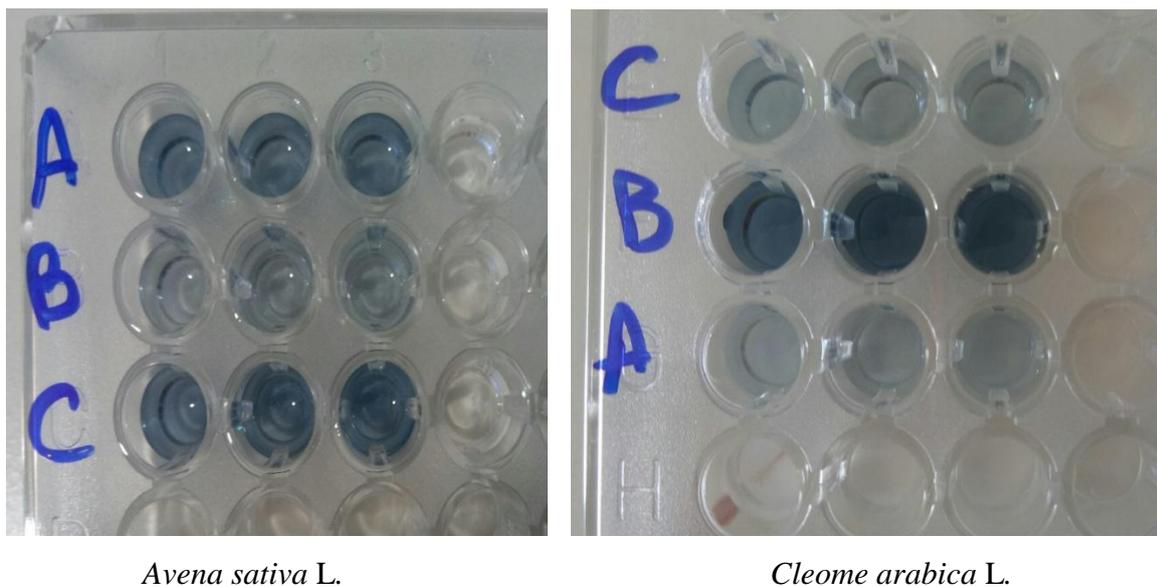


Figure 21 : profile de microplaque de dosage des polyphénols totaux

I.2.3.2 Dosage colorimétrique des Flavonoïdes totaux

a) Principe

La teneur en flavonoïdes dans les extraits de son d'avoine a été déterminée par la méthode colorimétrique décrite par **Topçu et al., (2007)**. En présence de trichlorure d'aluminium (AlCl₃), les flavonoïdes sont susceptibles de former des complexes de couleur jaunâtre et cela grâce à leurs groupements (OH) libres en position C3 ou C5 et de l'oxygène en C4 (figure 22).

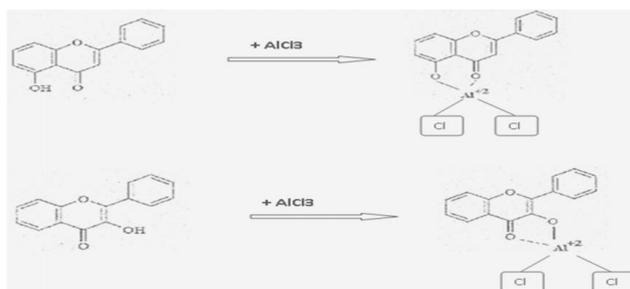


Figure 22: Réaction de chélation de trichlorure d'aluminium avec les flavonoïdes

b) Procédure

• Pour l'extrait

50 μ l (S₂) (extrait de plante) + 130 μ l (MeOH) +10 μ l (S₁) (CH₃COOK) + 10 μ l (Al(NO₃)₂, 9H₂O) + attendre 40 mn + lecture à 415 nm. Un blanc échantillon est préparé en remplaçant les réactifs par le méthanol (50 μ l extrait + 150 μ l méthanol).

• Pour l'étalon

Préparation de la gamme d'étalon de la Quercetin :

On prend 1 mg de la Quercetin et on le dissout dans 5 ml de méthanol pour obtenir la solution 0,2mg/ml S_m.

Les dilutions sont préparées dans des eppendorfs comme suit :

Quercetin (25) \longrightarrow 25 μ l S_m+ 175 μ l MeOH

Quercetin (50) \longrightarrow 50 μ l S_m+ 150 μ l MeOH

Quercetin (75) \longrightarrow 75 μ l S_m + 125 μ MeOH

Quercetin (100) \longrightarrow 100 μ l S_m+ 100 μ l MeOH

Quercetin (125) \longrightarrow 125 μ l S_m + 75 μ l MeOH

Quercetin (150) \longrightarrow 150 μ l S_m + 50 μ l MeOH

Quercétine (175) \longrightarrow 175 μ l S_m + 25 μ l MeOH

Quercetin (200) \longrightarrow 200 μ l S_m + 0 MeOH

50 μ l de chaque dilution sont transférés dans une microplaque 96 puits + 130 μ l (MeOH) +10 μ l (S₁) (CH₃COOK) + 10 μ l (Al(NO₃)₂, 9H₂O) + attendre 40 mn + lecture à 415 nm.

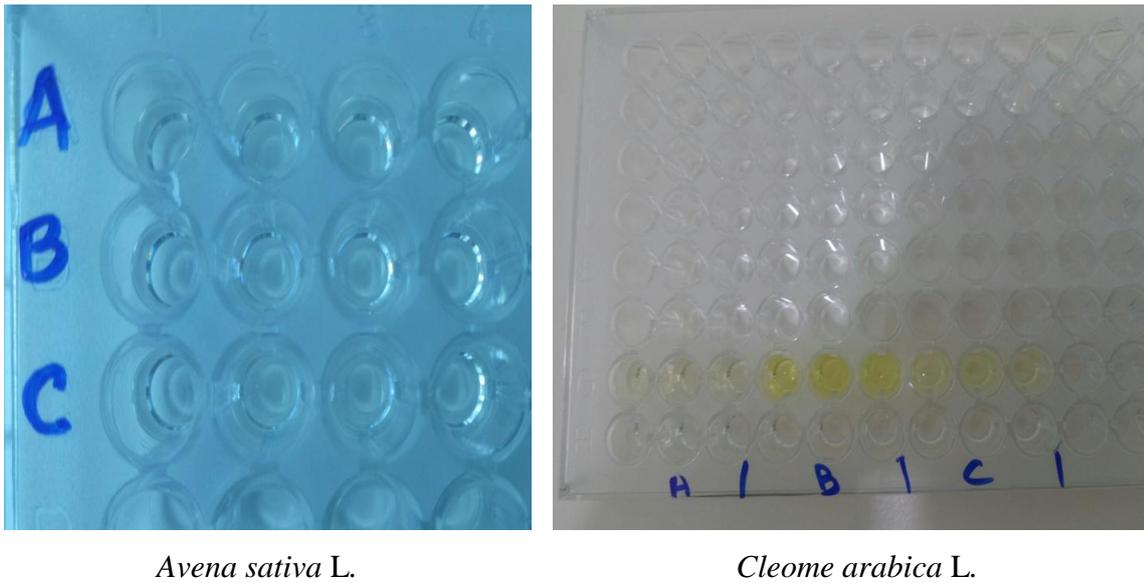


Figure 23 : Profil de microplaquette de dosage des flavonoïdes

I.2.4 Evaluation de l'activité biologique *in-vitro*

- **Evaluation de l'activité antioxydante par le radical libre diphényl-picryl-hydrazyle (DPPH)**

a) Principe

L'activité antioxydante des composés phénoliques est tributaire de la mobilité de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle. En présence d'un radical libre ($R\cdot$), l'atome d'hydrogène (H) est transféré sur ce dernier transforme en une molécule stable RH.

Le test au DPPH est basé sur le piégeage du radical libre stable DPPH par une molécule anti-radicalaire, ce qui entraîne la réduction du radical DPPH• de couleur violette en DPPH de couleur jaune (**Brand-Williams *et al.*, 1995**) selon la réaction schématisée dans la figure 24

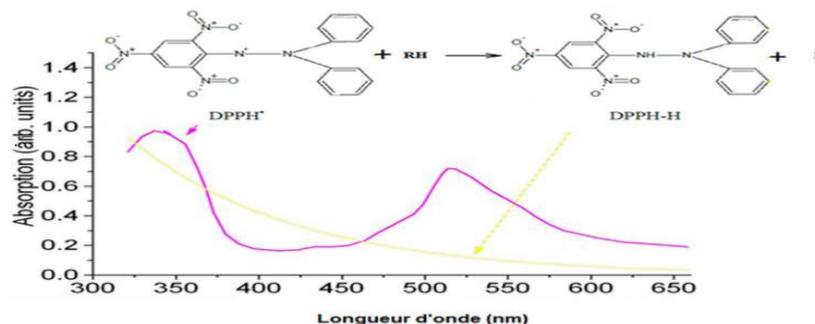


Figure 24 : Structure et spectre d'absorbance UV/Vis du radical DPPH• et de sa forme réduite DPPH (**Dransfield *et al.*, 2000**).

b) Procédure

Un volume de 160 µl de la solution méthanolique du DPPH est ajouté à 40 µl d'extrait méthanolique de notre plante. Parallèlement, un contrôle négatif a été préparé en mélangeant 40 µl du méthanol avec 160 µl de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite après 30 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante à 517 nm.

Les résultats obtenus pour chaque extrait testé sont comparés à ceux obtenus pour l'Acide Ascorbique pris comme un antioxydant standard.

Le pouvoir antioxydant des extraits de plantes évalué par le test du DPPH est exprimé en pourcentage de réduction du radical DPPH• selon la formule suivante :

$$\% \text{ inhibition} = [(A \text{ contrôle} - A \text{ d'extrait}) / A \text{ contrôle}] \times 100$$

Avec :

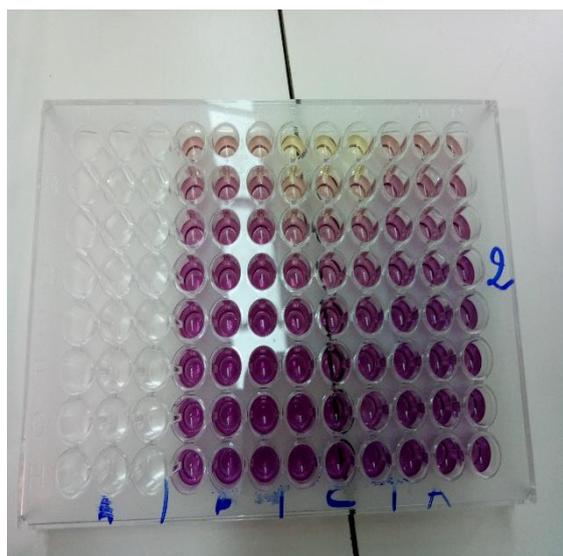
% I = pourcentage de piégeage du radical DPPH ;

A0 = DO du témoin (méthanol + DPPH) ;

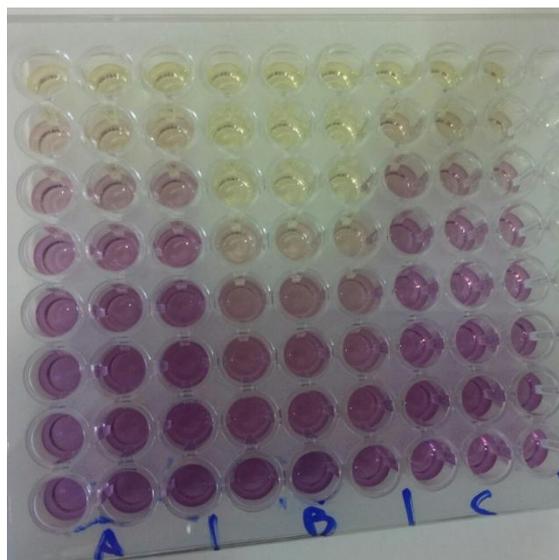
A1 = DO de l'extrait + DPPH ;

A2 = DO du blanc (extrait + méthanol).

L'efficacité de piégeage du radical DPPH est évaluée en CI50, qui correspond à la concentration de l'extrait végétal présentant un taux de réduction du radical DPPH• de 50%.



Avena sativa L.



Cleome arabica L.

Figure 25 : Profile de microplaque de dosage de l'activité antiradicalaire DPPH

▪ **Evaluation de l'activité antioxydante par le radical libre ABTS**

a) Principe

Le test ABTS ou Test TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacité) est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS^{•+} (acide 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline)-6-sulfonique). En milieu réactionnel le radical cationique ABTS^{•+} de couleur vert bleu intense, généré par l'oxydation de l'ABTS avec un sel fort tel que le persulfate de potassium qui réagit avec un donneur d'hydrogène (H[•]) pour donner une forme non radicalaire et non colorée.

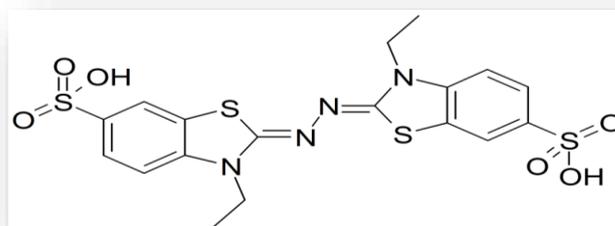


Figure 26 : Formation et piégeage du radical ABTS^{•+} par un donneur de H[•].

Une comparaison est faite avec la capacité du Trolox (analogue structural hydrosoluble de la vitamine E) à capturer le radical ABTS^{•+}.

L'activité antiradicalaire des extraits a été évaluée par le piégeage des radicaux ABTS^{•+} selon la méthode de **(Re et al., 1999)**.

b) Procédure

Un volume de 160 µl (ABTS^{•+}) est ajouté à 40 µl d'extrait. Après 10 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 734 nm.

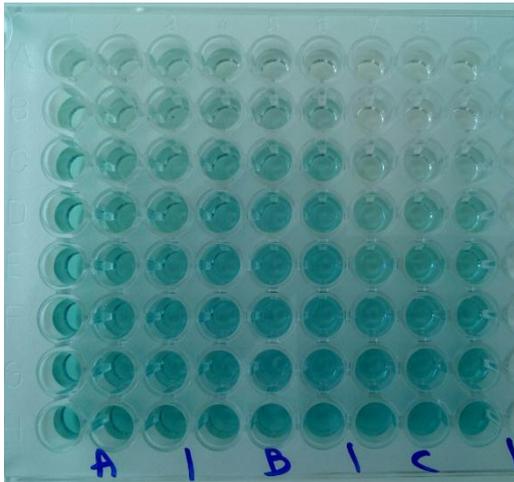
$$\% \text{ inhibition} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

Avec :

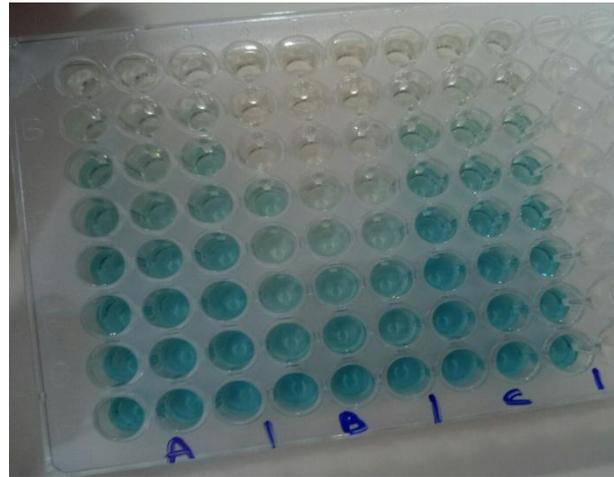
% I = pourcentage de piégeage du radical ABTS^{•+} ;

A0 = DO du control (méthanol + ABTS) ;

A1 = DO de l'extrait + ABTS ;



Avena sativa L.



Cleome arabica L.

Figure 27: Profile de microplaque de dosage de l'activité anti-radicalaire ABTs

▪ **Test de la capacité antioxydante par réduction du cuivre (CUPRAC)**

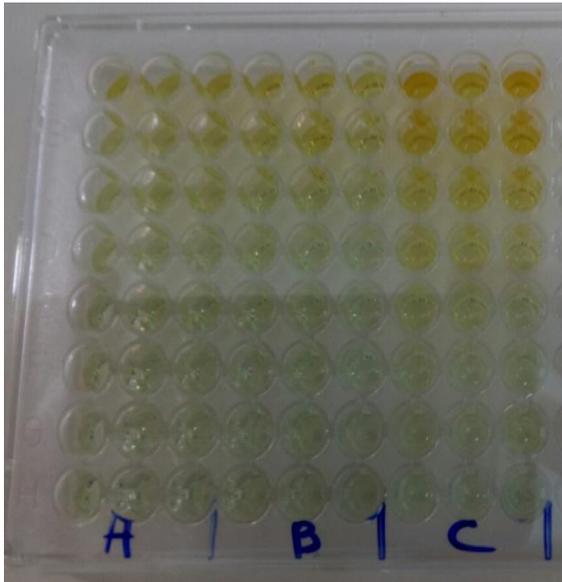
a) Principe

La réduction du cuivre a été déterminée par la méthode CUPRAC décrite par **Apak et al., 2004**.

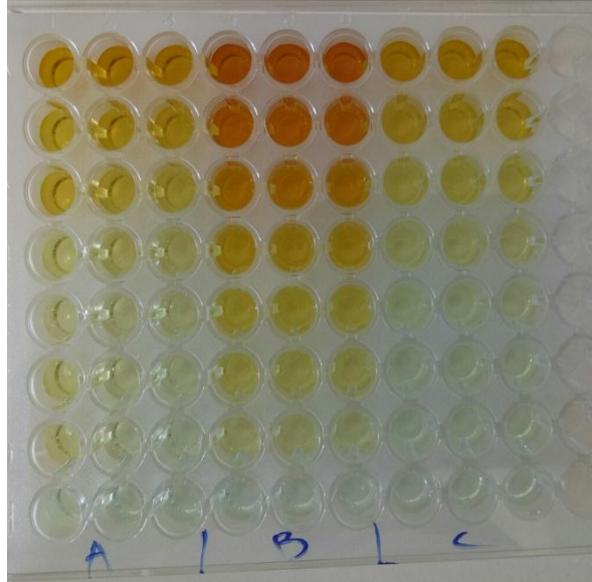
Une solution est préparée avec le mélange des volumes de : 50 μ l Cu (II) (10 mM), 50 μ l neocuprine (7,5 mM), et 60 μ l de solution tampon NH_4Ac (1 M, pH = 7,0). Différentes concentrations d'extrait ont été ajoutées au mélange initial afin de rendre le volume final de 200 μ l. Les microplaques de 96 puits ont été mises à l'abri de la lumière, et après 1 h, l'absorbance est mesurée à 450 nm. La capacité de réduction des extraits a été comparée à celles de l' α -tocophérol et du BHT.

b) Procédure

40 μ l extrait + 60 μ l Acétate d'ammonium (ACNH_4) + 50 μ l Neocupronin+ 50 μ l ($\text{Cu Cl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) + attendre 1 heure+ lecture à 450nm



Avena sativa L.



Cleome arabica L.

Figure 28 : Profile de microplaque de dosage de l'activité anti-radicalaire CUPRAC

▪ **Test de pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium (FRAP)**

Le test de FRAP est basé sur la réaction de réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) présent antioxydant (AH), (figure 29). Lors de la réduction du complexe ferrique en complexe ferreux une coloration bleu vert intense apparaît très rapidement. (Amarowicz *et al.*, 2004).

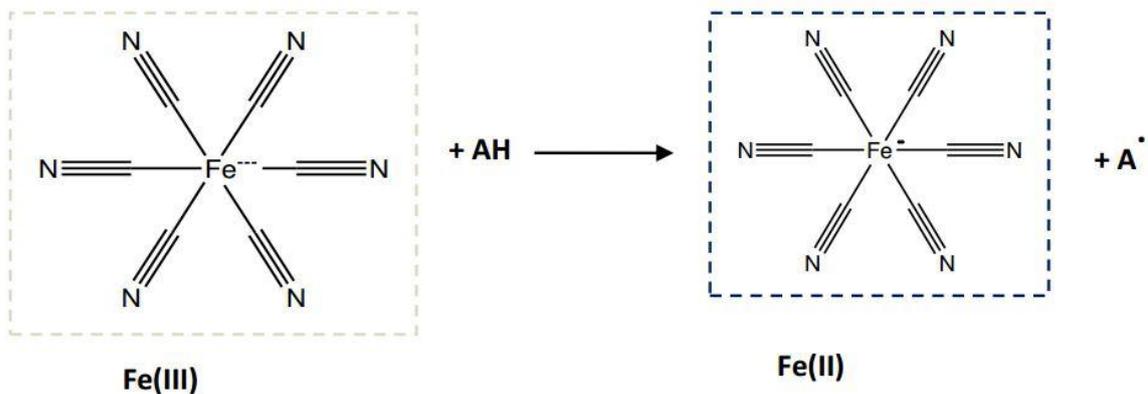


Figure 29: Réduction du fer ferrique en fer ferreux par un antioxydant (AH).

Le pouvoir réducteur du fer (Fe^{3+}) dans les extraits est déterminé selon la méthode décrite par (Oyaizu, 1986) rapportée par (Amarowicz *et al.*, 2004).

10 µl de l'extrait ont mélangé avec 40 µl d'une solution tampon phosphate (pH 6,6) et 50 µl d'une solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%. Le mélange est incubé à 50°C pendant 20 min. 50 µl d'acide trichloracétique à 10% avec un volume de 40 µl d' H_2O et 10 µl d'une solution de chlorure de fer ($FeCl_3, 6H_2O$) à 0,1% ont été ajoutés. L'absorbance a été mesurée à 700 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions, en remplaçant l'extrait par de le méthanol. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; le butyl-hydroxyanisol (BHA).

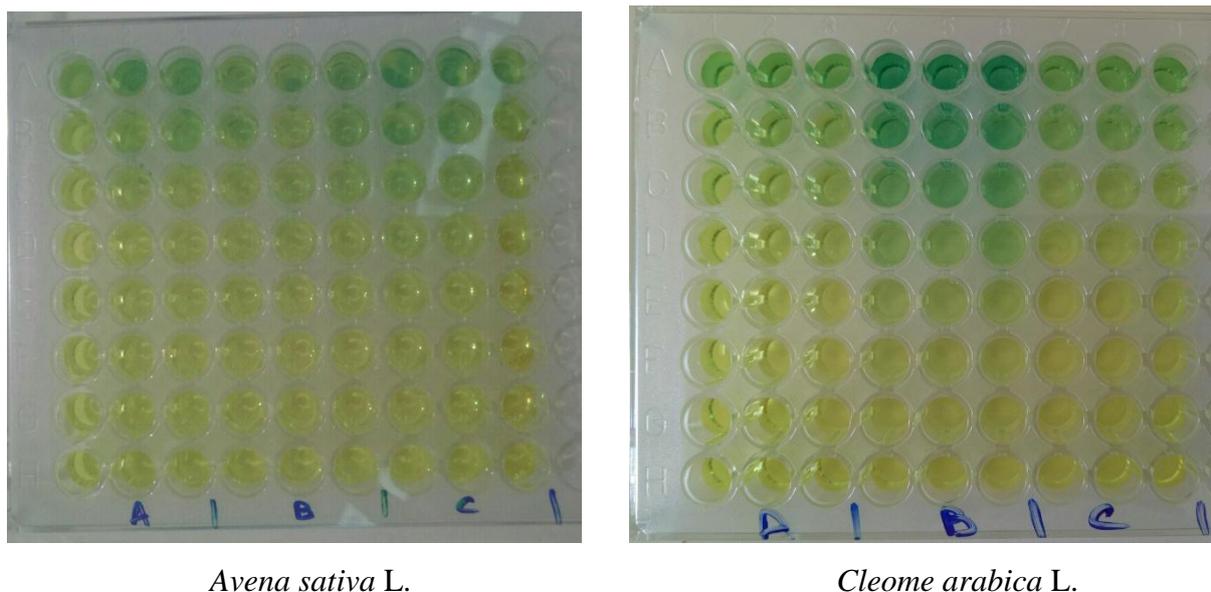


Figure 30 : Profile de microplaque de dosage de l'activité anti-radicalaire pouvoir réducteur

▪ **Test de dosage de Glavinoxyl radical**

a) Principe

L'activité du piégeage du radical est déterminée par la méthode de **Shi H et al (2001)**

Dans une microplaque à 96 puits un volume de 160 µl d'échantillon préparé dans du méthanol à différents concentrations. Après 120 min, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 428nm. Le pourcentage d'inhibition a été calculé selon l'équation suivante

$$\text{Glavinoxyl (\%)} = \frac{A_{\text{contrôle}} - A_{\text{échantillon}}}{A_{\text{contrôle}}} \times 100$$

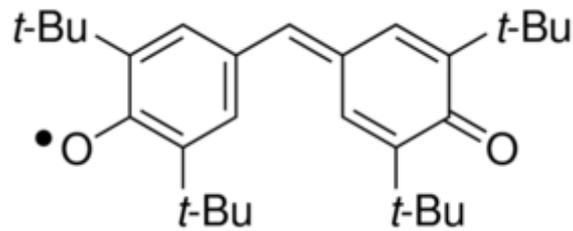
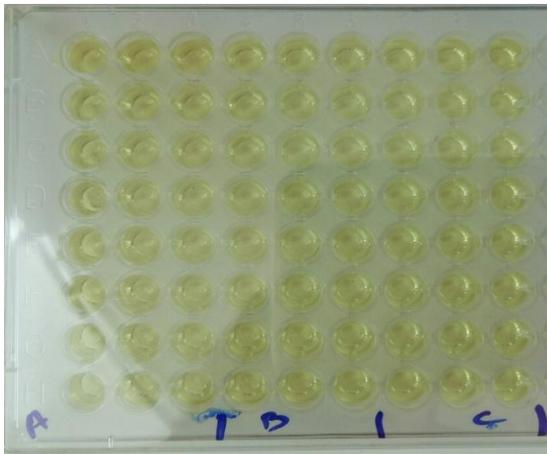


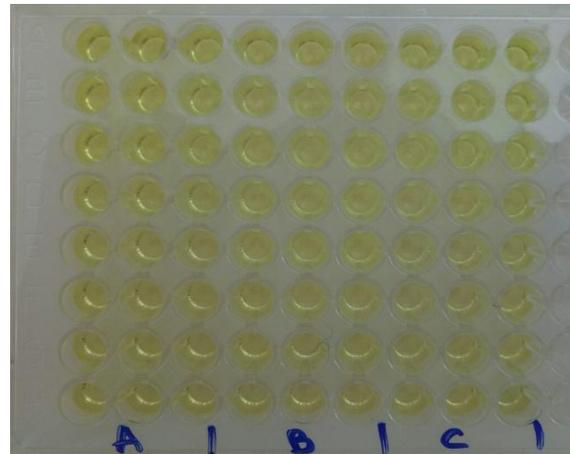
Figure 31 : Structure de radicale libre du galvinoxyle. (Shi H *et al.*, 2001)

b) Procédure

40 µl (extrait) +160 µl (0,1mM Galvinoxyl) (4 mg dans 100 ml MeOH) +incubation 120 mn + lecture 428 nm.



Avena sativa L.



Cleome arabica L.

Figure 32: Profile de microplaque de dosage de l'activité GOR

▪ **Test d'activités phénanthroline**

a) Principe

Méthode phénanthroline utilisé pour le dosage des capacités antioxydants de différents antioxydants et leurs mélanges.

La détermination du fer dans la méthode spectrophotométrique classique est basée sur la formation d'un complexe Fe(II)-phénanthroline de couleur rouge. (Szydłowska *et al.*, 2008)

b) Procédure

10 µl extrait + 50 µl FeCl₃ (0.2%) +30 µl Phénanthroline (0.5%) + 110µl MeOH+ incubation à l'obscurité pendant 20 min à 30°C + lecture à 510 nm. Le BHT est utilisé comme standard.

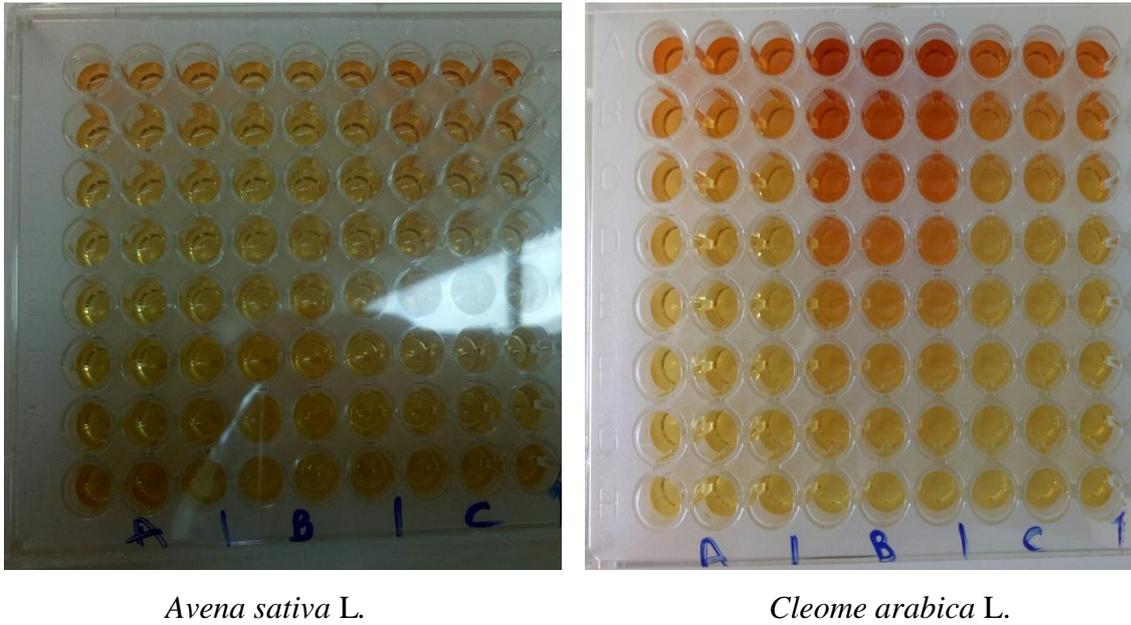


Figure 33: Profile de microplaque de dosage de l'activité phenanthroline

I.3. Analyses statistiques

Les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne \pm SD d'analyses en trois essais.

Les valeurs de CI_{50} (concentration d'inhibition à 50%) et de $A_{0.5}$ (la concentration indiquant 0.50 d'absorbance) sont calculées par la méthode de régression linéaire à partir des deux courbes : [% inhibition= f (concentrations)] pour la CI_{50} et [Absorbance=f (concentrations)] pour la $A_{0.5}$.

Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous allons présenter tous les résultats obtenus au cours des expériences effectuées ainsi que leurs discussions.

***Avena sativa* L.**

II.1 *Avena sativa* L.

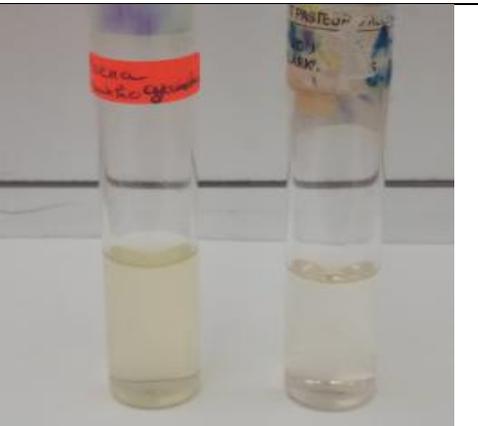
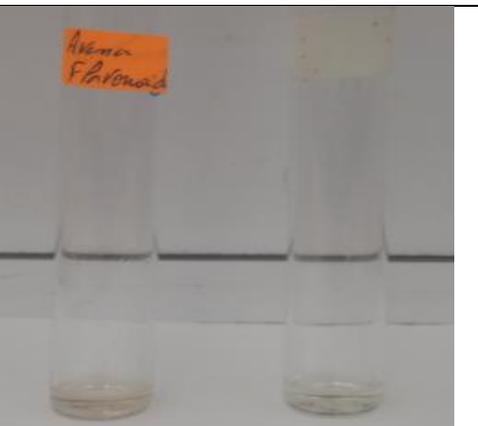
II.1.1 Criblage phyto-chimique

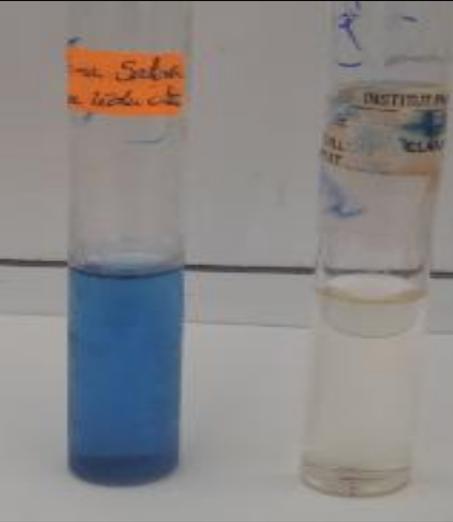
Les tests phytochimiques ont été réalisés sur l'extrait butanolique de l'*Avena sativa* L. dilué dans le méthanol.

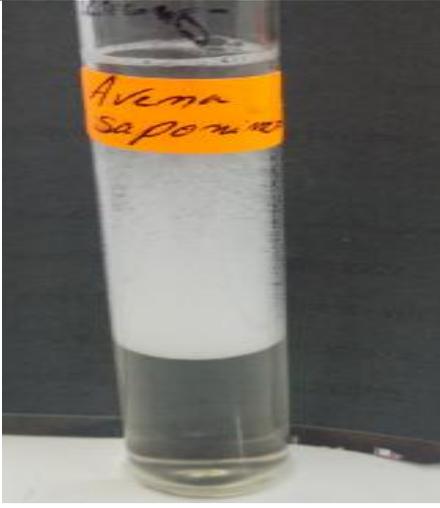
Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 07: Les résultats du criblage phytochimique d'extraits butanolique de l'*Avena sativa* L.

Tests	Résultat par rapport au témoin (Photos)	Présence/Absence dans l'extrait
<p>Tanins vrais</p>		<p style="text-align: center;">-</p>
<p>Phénols</p>		<p style="text-align: center;">+++</p>

<p>Flavonoïdes glucosides</p>		<p>+</p>
<p>Quinones libres</p>		<p>+</p>
<p>Anthocyanidines</p>		<p>++</p>
<p>Flavonoïdes</p>		<p>+</p>

<p>Alcaloïdes</p>		<p>+++</p>
<p>Flavonoïdes cyanidines</p>		<p>+++</p>
<p>Sucres réducteurs</p>		<p>-</p>

<p>Saponines</p>		<p>+++</p>
-------------------------	--	------------

(+) : Présents ; (++) : abondants ; (+++) : très abondants ; (-) : absents.

Les résultats du criblage phytochimique de *Avena sativa* L. mentionnés dans le **tableau 07**, indiquent la présence de divers composés avec une grande abondance pour la plupart. Il s'agit notamment, des flavonoïdes, des phénols. Il y a des composés très abondants comme les alcaloïdes, les saponines. Les tanins vrais et les sucres réducteurs sont absents.

Ces résultats sont confirmés par les travaux de (**Ranginder et al., 2013**) qui ont identifié de nombreux flavonoïdes, alcaloïdes et saponines dans cette plante.

II.1.2 Dosages des composés phénoliques

L'étude quantitative des extraits préparés à partir du son d'Avoine, au moyen des dosages spectrophotométriques avaient pour objectif la détermination de la teneur des composés phénoliques. La raison principale pour le choix de ces substances réside dans le fait que la majorité des effets pharmacologiques des plantes leur sont attribués.

II.1.2.1 Courbes d'étalonnages

Les courbes d'étalonnage sont élaborées par des solutions standards de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols et de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes préparés à des concentrations différentes.

A. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est calculée à partir de la gamme d'étalonnage de la quercétine et est exprimée en μg d'équivalent de quercétine par mg d'extrait ($\mu\text{gEQ}/\text{mg}$ d'extrait). La formule de la

régression linéaire de cette courbe est de $y=0,004x$ avec un coefficient de détermination R^2 égal à 0,997 (figure 34).

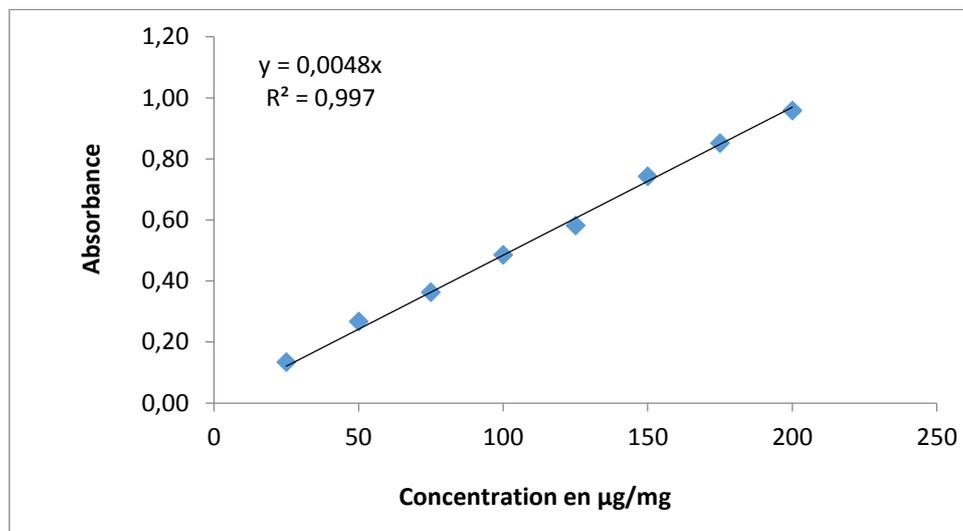


Figure 34: Courbe d'étalonnage de la Quercétine pour le dosage des flavonoïdes

A.1 Analyses spectrophotométriques des extraits

L'estimation quantitative des flavonoïdes totaux, en utilisant la méthode du trichlorure d'aluminium, a montré que l'extrait butanolique est moins riche en flavonoïdes par rapport aux deux autres extraits, la mesure de la densité optique a été effectuée à la longueur d'onde de 415 nm. Les résultats obtenus sont présentés au tableau (08)

Tableau 08: Taux de flavonoïdes totaux contenu présent dans chaque extrait d'*Avena sativa* L.

Contenu des Flavonoïdes ($\mu\text{g QE}/\text{mg}$ d'extraits)	
chloroforme	$32,22 \pm 1,76$
butanol	$12,56 \pm 0,44$
Acétate d'éthyle	$18,54 \pm 0,44$

Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus sont illustrés graphiquement dans la figure (35)

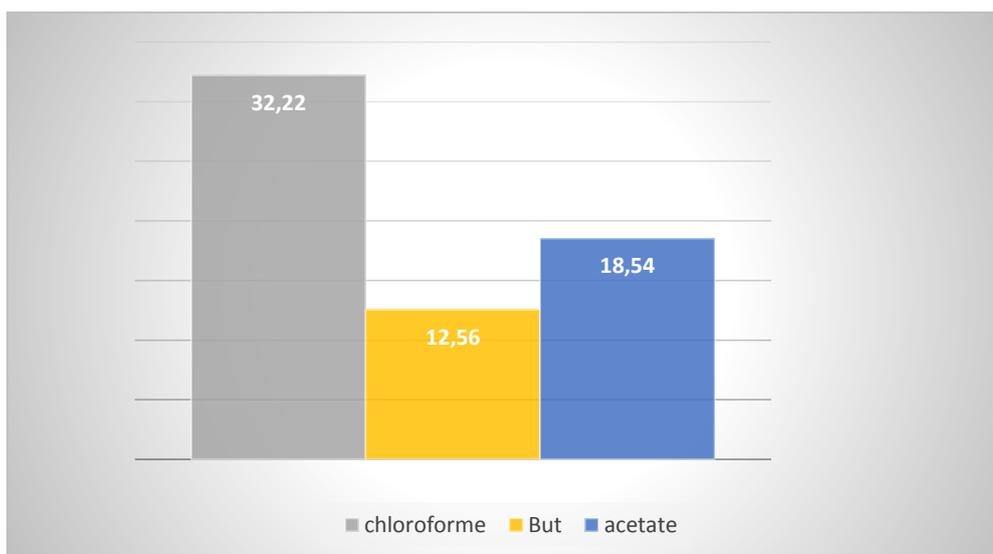


Figure 35 : Histogramme représentant la teneur en flavonoïdes des différents extraits d'*Avena sativa* L.

On remarque d'après les résultats du tableau ci-dessus que la quantité des flavonoïdes varie entre 12.56 et 32.22 µg/mg de l'*Avena sativa*. Le taux des flavonoïdes le plus élevé a été détecté dans l'extrait chloroformique (32.22µg/mg), cependant il est 2 fois supérieur à celui rapporté par le butanol (12.56 µg/mg).

B. Courbe d'étalonnage pour le dosage des phénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est calculé à partir de la gamme d'étalonnage de l'acide gallique et est exprimée en µg d'équivalent d'acide gallique par mg d'extrait (µgEAG/mg d'extrait). La formule de la régression linéaire de cette courbe est de $y=0.003x + 0,104$ avec un coefficient de corrélation R^2 égal à 0.997 (figure 36).

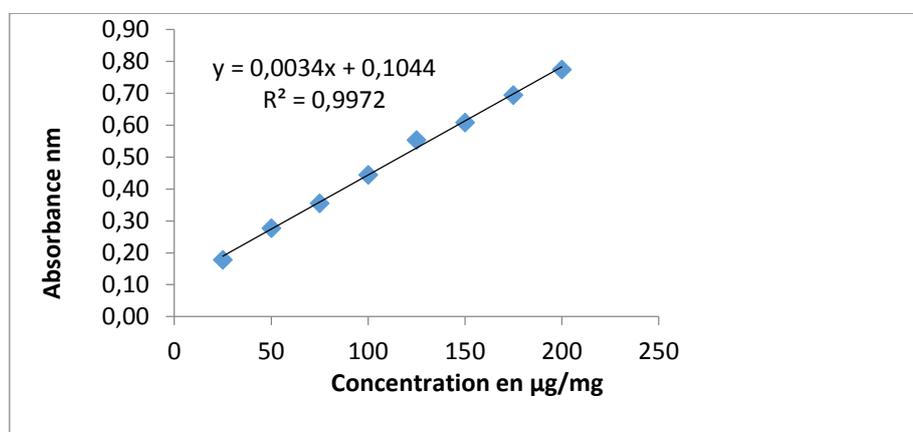


Figure 36: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols

B.1 Analyses spectrophotométriques des extraits

L'estimation quantitative des phénols totaux contenus dans les extraits de la plante *Avena sativa* L., en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu (FCR), a montré que l'extrait chloroformique ainsi que l'extrait butanolique sont relativement riche en polyphénols avec une teneur de 121,15 µg/mg et 134,11 µg/mg respectivement, Les résultats obtenus sont présentés au tableau (09).

Tableau 09: Taux de polyphénols totaux contenu dans chaque extrait d'*Avena sativa* L.

Extraits	Teneur total en composés phénoliques (µg GAE/mg)
Extrait chloroformique	121,15±12,34
Extrait d'acétate d'éthyle	60,17±6,78
Extrait butanolique	134,11±14,82

Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus sont illustrés graphiquement dans la figure

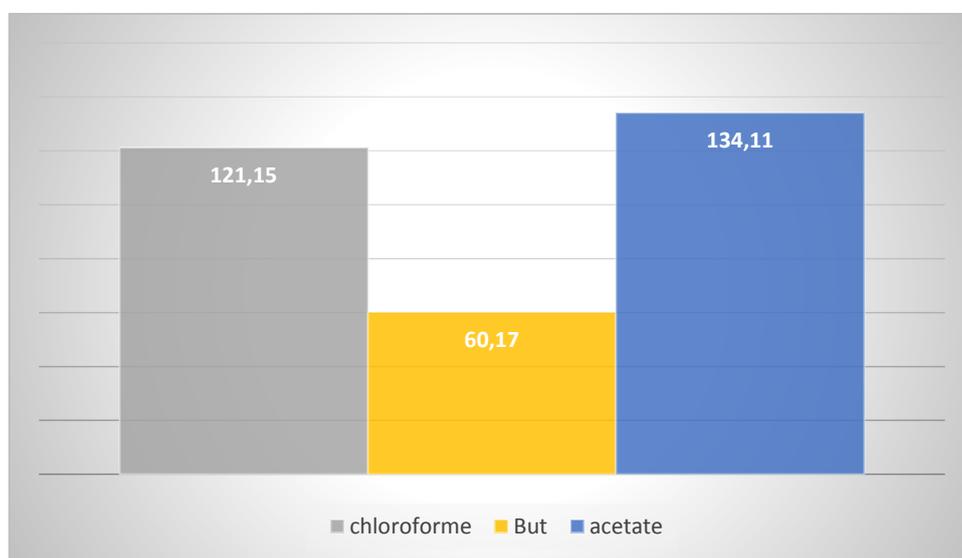


Figure 37: Histogramme représentant la teneur en polyphénols des différents extraits d'*Avena sativa* L.

La quantité des composés phénoliques totaux dans *Avena sativa* varie entre 60.17 et 134.11 µg/mg. Le taux le plus élevé a été détecté dans l'extrait acétate d'éthyle avec une teneur de

(134.11 µg/mg) suivi par l'extrait chloroformique (121.15 µg/mg) puis par le butanolique avec (60.17 µg/mg).

II.1.2 Activités antioxydantes

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer l'activité antioxydante. Dans cette étude les propriétés antioxydantes des extraits de chloroforme, d'acétate d'éthyle et de butanol des deux plantes *Avena sativa* L. ont été déterminées par les méthodes suivantes :

II.1.2.1 Activité anti-radicalaire DPPH

Pour détecter l'activité anti-radicalaire des différents extraits d'*Avena sativa* L.; nous avons utilisé le 2,2-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH), un radical stable, violet en solution et présentant un maximum d'absorption caractéristique à 517 nm.

Le protocole appliqué en routine repose sur la disparition de ce maximum lorsque le DPPH est réduit par un composé à propriété anti-radicalaire, entraînant ainsi une décoloration.

Les profils d'activités anti-radicalaires obtenus révèlent que les extraits d'*Avena sativa* L. possèdent une activité anti-radicalaire dose dépendante, ci-dessous des histogrammes représentant le pouvoir d'inhibition en fonction des concentrations des différents extraits de la plante en comparaison avec les standards (Figure 38).

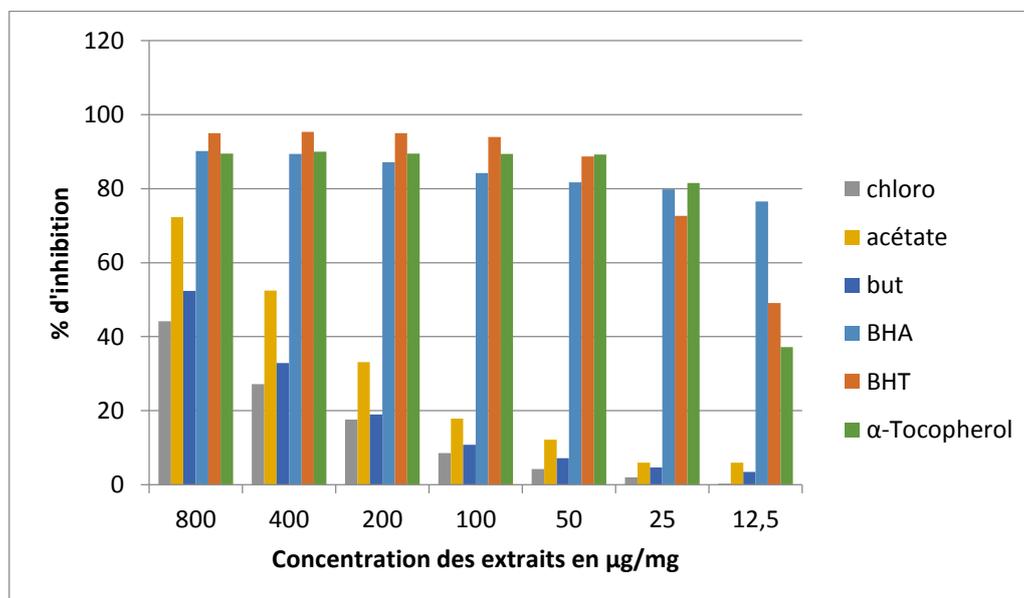


Figure 38: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d'*Avena sativa* (DPPH).

Les résultats sont exprimés en valeurs CI_{50} (concentration de l'échantillon nécessaire pour éliminer 50% des radicaux libres) d'*Avena sativa* (AS) et des standards sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10: Inhibition du radical DPPH par les différents extraits de l'*Avena sativa* L.

Extraits	% d'inhibition du test DPPH							
	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg	CI_{50} µg/mg
Extrait butanolique	3,49±1,77	4,65±2,55	7,20±4,72	10,81±3,23	18,97±0,48	32,91±1,75	52,37±1,11	743,39±3,64
Extrait acétate d'éthyle	5,99±2,01	5,99±2,01	12,15±3,18	17,85±2,41	33,10±3,90	52,51±3,35	72,34±1,64	395,25±3,97
Extrait chloroformique	0,25±1,32	1,96±1,32	4,23±2,21	8,54±4,23	17,62±2,33	27,17±2,00	44,17±1,25	>800
BHA ^b	76,55±0,48	79,89±0,26	81,73±0,10	84,18±0,10	87,13±0,17	89,36±0,19	90,14±0,00	6.14±0.41
BHT ^b	49,09±0,76	72,63±2,06	88,73±0,89	94,00±0,31	94,97±0,08	95,38±0,41	95,02±0,23	12,99±0,41
α-Tocopherol ^b	37,21±1,82	81,53±1,51	89,23±0,12	89,38±0,19	89,45±0,22	89,99±0,23	89,52±0,33	13,02±5,17

A des fins comparatives, trois antioxydants standards sont utilisés, le **BHA**, **BHT** et l' **α-Tocopherol** ; qui ont montrés une activité anti-radicalaire puissante avec des CI_{50} de l'ordre de 6.14, 12.99 et 13.02 respectivement.

Parmi les trois extraits de notre plante *Avena sativa* L., l'acétate d'éthyle représente l'extrait le plus actif avec une CI_{50} de l'ordre de 395.25 µg/mg suivi par l'extrait butanolique avec une CI_{50} de 743.39 µg/mg puis l'extrait chloroformique avec une CI_{50} de l'ordre supérieure de 800 µg/mg. En comparaison avec les antioxydants standards.

L'activité antioxydante de nos extraits est inférieur à celle obtenue par (**Syed Mohammed Basheeruddin Asdaq, 2013**) pour leur étude sur la plante *Avena sativa* avec une CI_{50} égale à 3.71 µg/ml pour une dose de 100 µg/ml (extrait méthanolique).

II.1.2.2 Activité de réduction du complexe cuivre-néocuproéne CUPRAC

Le test CUPRAC est basé sur la mesure de l'absorbance à 450 nm, après la formation d'un complexe stable entre la néocuproïne et les ions cuivreux. Les ions cuivreux dans les médias

sont produits par la réduction des ions cupriques par des antioxydants. Une absorbance plus élevée indique une capacité réductrice supérieure de l'antioxydant. Donc, $A_{0.50}$ valeurs correspondant à la concentration de 0,50 absorbance ont été calculés à partir du graphique d'absorbance en fonction de la concentration de chaque échantillon pour comparer les données d'activité.

La figure (39) représente l'histogramme des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de chaque extrait obtenus à partir des valeurs expérimentales.

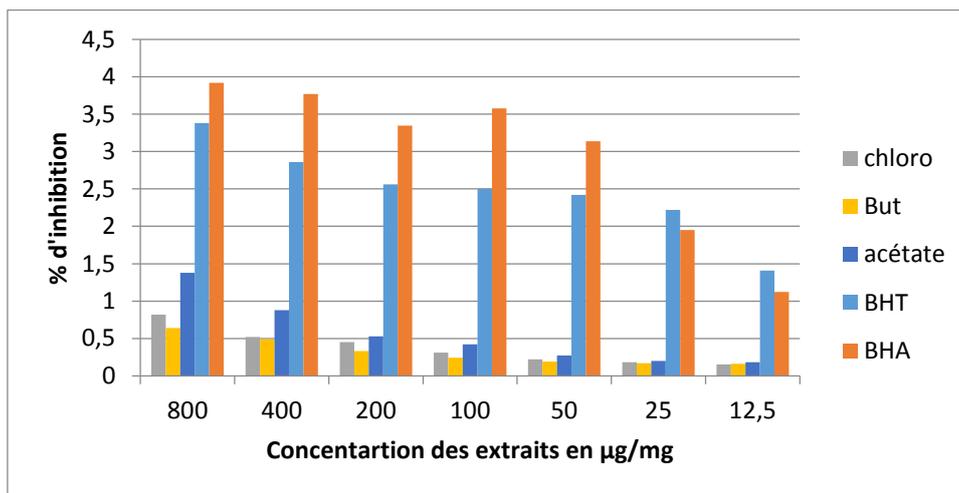


Figure 39 : Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d'*A.sativa* L. (CUPRAC)

Nous observons que le taux d'inhibition augmente en fonction de l'augmentation de la concentration utilisée. Le BHA et le BHT utilisés comme standards présentent les pourcentages d'inhibition les plus élevés.

Le tableau (11) montre la capacité antioxydante réductrice cuprique lorsque l'absorbance dans cette méthode est mesurée à 450nm, les résultats obtenus sont comparés aux normes BHT et BHA.

Tableau 11: Réduction du cuivre par les différents extraits de l'*Avena sativa* L.

Extraits	Absorbance du test CUPRAC							
	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg	$A_{0.50}$ (µg/mg)
Extrait chloroformique	0,15±0,00	0,18±0,01	0,22±0,00	0,31±0,02	0,45±0,01	0,52±0,00	0,82±0,06	316,90±5,36
Extrait butanolique	0,16±0,03	0,17±0,00	0,19±0,00	0,24±0,01	0,33±0,01	0,49±0,10	0,64±0,07	557,83±34,35
Extrait acetate d'éthyle	0,18±0,01	0,20±0,02	0,27±0,03	0,42±0,08	0,53±0,05	0,88±0,06	1,38±0,24	188,97±9,04
BHA^b	1,12±0,05	1,95±0,31	3,14±0,46	3,58±0,42	3,35±0,20	3,77±0,19	3,92±0,13	5,35±0,71
BHT^b	1.41±0.03	2.22±0.05	2.42±0.02	2.50±0.01	2.56±0.05	2.86±0.07	3.38±0.13	8.97±3.94

Nos résultats révèlent que la fraction acétate d'éthyle d'*Avena sativa* L. représente l'extrait le plus actif avec une $A_{0.50}$ de l'ordre de 188.97 $\mu\text{g}/\text{mg}$ suivi par l'extrait chloroformique avec une $A_{0.50}$ de 316.90 $\mu\text{g}/\text{mg}$ puis de l'extrait butanolique avec une valeur d' $A_{0.50}$ de 557.83. En comparaison avec les antioxydants standards l'extrait butanolique est beaucoup moins actif.

II.1.2.3 Activité du piégeage du cation radical ABTS⁺

Ce test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS, l'absorbance est mesurée à 734 nm.

La figure (40) représente l'histogramme des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de chaque extrait obtenus à partir des valeurs expérimentales.

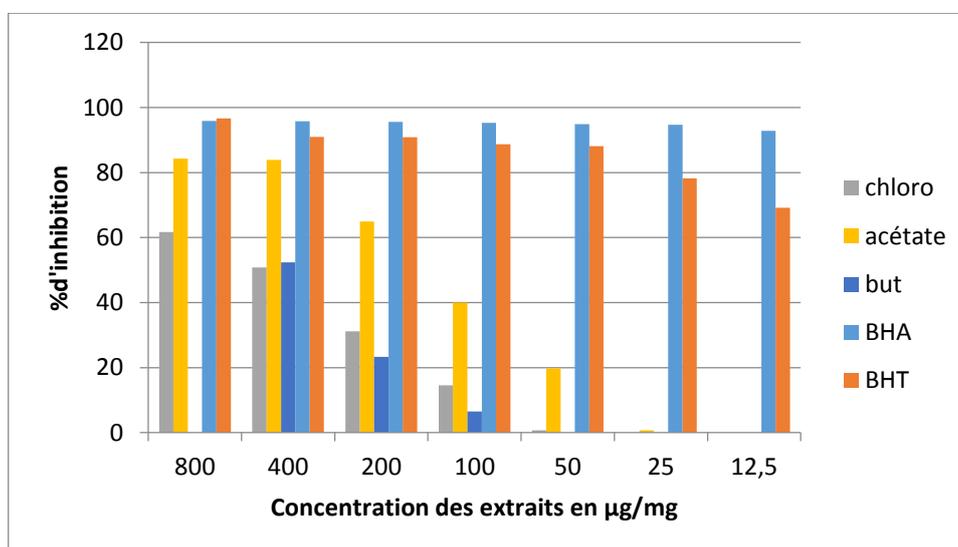


Figure 40 : Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d'*A.sativa* (ABTS).

Nous observons que le taux d'inhibition augmente en fonction de l'augmentation de la concentration utilisée. Le BHA et le BHT utilisés comme standards présentent les pourcentages d'inhibition les plus élevés.

Le tableau (12) montre l'activité antioxydante des extraits de cette plante comparés aux BHA et BHT.

Tableau 12: Activité anti-radicalaire de l'ABTs par les différents extraits de l'*Avena sativa* L.

Extraits	% d'inhibition d' ABTS							
	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg	CI ₅₀ µg/mg
Extrait chloroformique	NA	NA	0,76±1,53	14,53±1,36	31,13±2,97	50,85±3,91	61,73±4,15	393,63±41,37
Extrait butanolique	NA	NA	NA	6,49±2,42	23,31±3,47	52,37±1,13	NA	383,93±7,09
Extrait acetate d'éthyle	NA	0,69±1,82	19,75±4,37	40,05±0,70	64,91±2,06	83,91±0,38	84,27±0,55	140,18±4,16
BHT	69.21±0,40	78.23±1,34	88.12±1,28	88,76±3,07	90.85±1,74	90.95±0,51	96.68±0.39	1.29±0.30
BHA	92.83±1,42	94.68±0,42	94.95±0,90	95.32±0,25	95.59±0,47	95.83±0,15	95,86±0,10	1.81±0.10

NA= non absorbance

Les résultats obtenus montrent que les deux extraits chloroformique et butanolique d'*A.sativa* L. ont présenté une activité faible avec des CI₅₀ de 393.63 et 383.93 respectivement. Par rapport à celle d'acétate d'éthyle avec une CI₅₀ = 140.18 µg/mg.

Les deux extraits chloroformique et butanolique ne présentent pas une différence importante entre eux mais les valeurs sont plus élevées par rapport à celles du BHT et BHA.

II.1.2.4 Activité du pouvoir réducteur FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

La capacité réductrice d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (Yang et coll, 2008).

Les résultats de l'activité antioxydante par méthode de réduction de fer sont représentés par les pourcentages d'inhibition pour chaque concentration ainsi que les valeurs de la concentration d'inhibition de 50% pour les trois extraits de notre plante et les standards (Tableau 13)

Tableau 13 : Absorbance de l'activité du pouvoir réducteur par les différents extraits l'*Avena sativa* L.

Extraits	Absorbance du test pouvoir réducteur							
	3.125 µg	6.25 µg	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	A _{0.5} µg/mg
Extrait chloroformique	0,07±0,01	0,08±0,01	0,10±0,01	0,13±0,02	0,17±0,03	0,37±0,04	0,79±0,11	129,99±6,53
Extrait butanolique	0,08±0,00	0,08±0,00	0,10±0,01	0,13±0,01	0,17±0,00	0,26±0,05	0,46±0,02	>200
Extrait acetate d'éthyle	0,08±0,00	0,10±0,00	0,13±0,01	0,20±0,01	0,32±0,02	0,51±0,07	0,85±0,16	88,74±0,18
Ascorbic acid	0,35±0,05	0,46±0,03	0,84±0,12	0,93±0,30	1,18±0,34	1,37±0,20	1,44±0,21	6.77±1.15
Tannic acid	0.28±0.02	0,78±0,06	1,02±0,07	1,24±0,18	0,86±0,6	1,01±0,21	1,02±0,13	5.39±0.91
α-Tocopherol	0.11±0,00	0.16±0.00	0,21±0,03	0,35±0,03	0,73±0,03	1,37±0,08	1,81±0,09	34.93±2.38

Les résultats obtenus on permit de déterminer la valeur de l'A_{0.5} et de tracer des histogrammes représentant le pouvoir d'inhibition en fonction des concentrations des différents extraits de la plante en comparaison avec les trois standards (Figure 41).

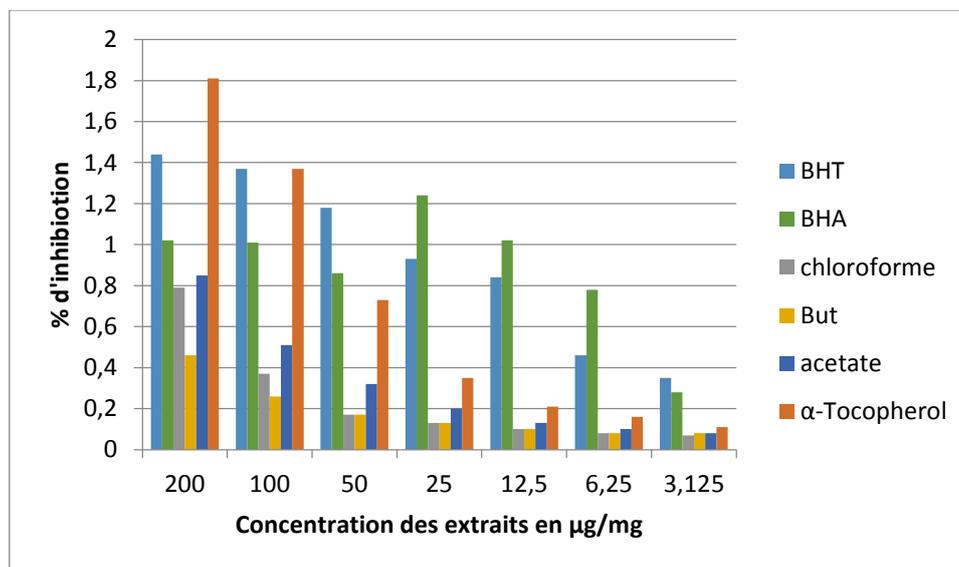


Figure 41: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Avena sativa* L. (FRAP).

Les résultats obtenus montrent que l'extrait d'acétate d'éthyle de l'*Avena sativa* L. a présenté une activité forte par rapport à ceux du chloroforme et du butanol avec des A_{0.5} de 88.74 ; 129.99 et >200 respectivement.

En comparaison avec les antioxydants standard les extraits de la plante *Avena sativa* L. sont les plus faibles.

En revanche les résultats du pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique obtenus par (Syed Mohammed Basheeruddin Asdaq, 2013) pour son étude sur la plante *Avena sativa* L. sont supérieurs par rapport à nos résultats avec une $A_{0.5} = 0.78$

II.1.2.5 Activité de réduction par formation du complexe Fe^{2+} Phenanthroline

Ce test est basé sur la capacité du phenanthroline à piéger les radicaux fe^{2+} , l'absorbance est mesurée à 510 nm et Le BHT est le BHA sont utilisés comme standards.

Les résultats obtenues ont montré que tous les extraits de la plante *Avena sativa* L. présente une activité de piégeage dose dépendante tableau (14).

Tableau 14: Absorbance des différents extraits de l'*Avena sativa* par l'activité de Phenanthroline

Extraits	Absorbances par l'activité de phenanthroline							
	3.125 µg	6.25 µg	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	$A_{0.5}$ µg/mg
Chloroformique	0,25±0,00	0,25±0,00	0,27±0,01	0,27±0,01	0,31±0,00	0,38±0,01	0,52±0,01	180,22±6,18
Butanolique	NA	0,24±0,01	0,26±0,01	0,26±0,01	0,29±0,01	0,32±0,00	0,42±0,01	>200
Acetate d'éthyle	0,23±0,01	0,24±0,01	0,26±0,02	0,27±0,02	0,32±0,01	0,42±0,02	0,59±0,08	135,46±1,26
BHA	0,49±0,01	0,59±0,01	0,73±0,02	0,93±0,01	1,25±0,04	2,10±0,05	4,89±0,06	0,93±0,07
BHT	0,47±0,01	0,47±0,01	0,53±0,03	1,23±0,02	1,84±0,01	3,48±0,03	4,84±0,01	2,24±0,17

La figure (42) représente l'histogramme des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de chaque extrait obtenus à partir des valeurs expérimentales.

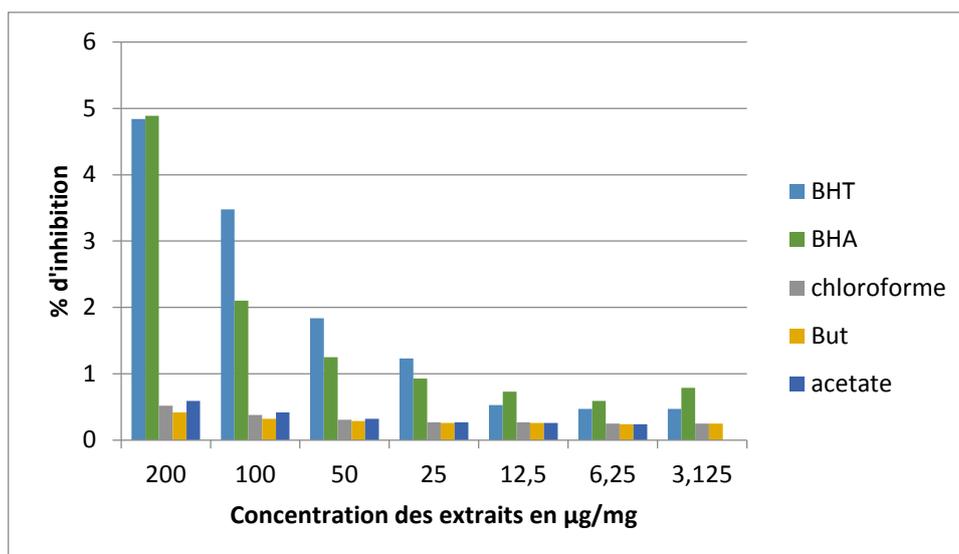


Figure 42 : Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits d'*A.sativa* L. (Phenanthroline).

D'après les résultats du tableau 14, nous constatons que l'extrait acétate d'éthyle possède des propriétés antioxydantes ($CI_{50} = 135,46 \pm 1,26 \mu\text{g/mg}$), supérieure à celle d'extrait chloroformique ($CI_{50} = 180,22 \pm 6,18 \mu\text{g/mg}$) et aussi à celle du butanol ($>200 \mu\text{g/mg}$)

En comparaison avec les standards, nous constatons que les extraits de la plante *A.sativa* L. possèdent des propriétés antioxydantes inintéressantes inférieurs à ceux des standards BHA ($CI_{50} = 0,93 \pm 0,07$) et le BHT ($CI_{50} = 2,24 \pm 0,17$).

Notre étude est la seule qui a réalisé le test Phenanthroline sur la plante *Avena sativa* L., par conséquent nos résultats ne peuvent pas être comparés avec d'autres études.

Cleome arabica L.

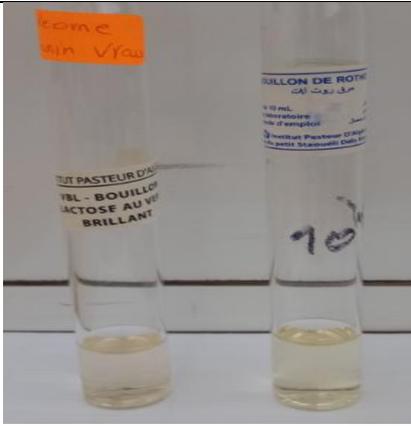
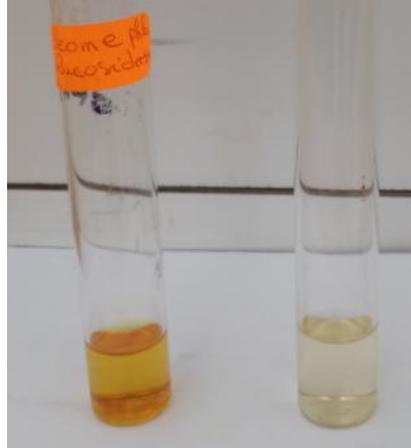
II.2 *Cleome arabica* L.

II.2.1 Criblage phyto-chimique

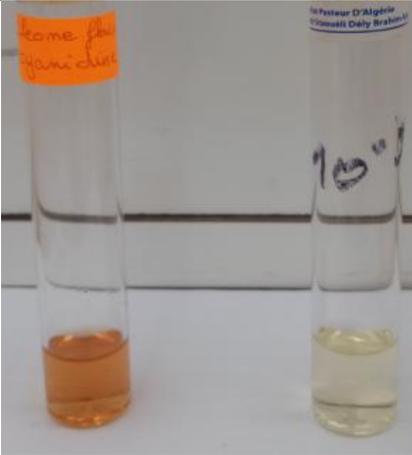
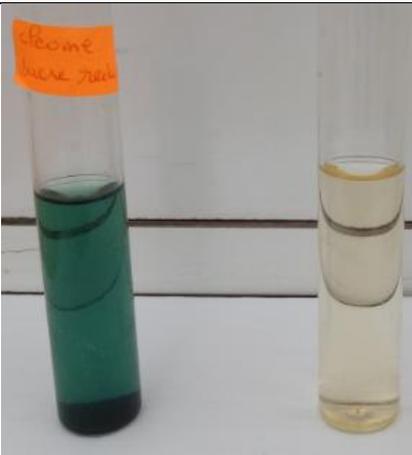
Les tests phytochimiques ont été réalisés sur l'extrait butanolique de *Cleome arabica* L. dilué dans le méthanol.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Résultats du criblage phytochimique de l'extrait butanolique de *Cleome arabica* L.

Tests	Résultat par rapport au témoin (Photos)	Présence/Absence dans l'extrait
Tanins vrais		-
Phénols		+++
Flavonoïdes glucosides		++

<p>Quinones libres</p>		<p>++</p>
<p>Anthocyanidines</p>		<p>+++</p>
<p>Flavonoïdes</p>		<p>+++</p>
<p>Alcaloïdes</p>		<p>+++</p>

<p>Flavonoïdes cyanidines</p>	 <p>The image shows two test tubes. The left tube contains an orange liquid, and the right tube contains a yellow liquid. An orange label on the left tube reads 'échantillon cyanidines'. The right tube has '10'' written on it.</p>	<p>+++</p>
<p>Sucres réducteurs</p>	 <p>The image shows two test tubes. The left tube contains a green liquid, and the right tube contains a yellow liquid. An orange label on the left tube reads 'échantillon sucres red'. The right tube has '10'' written on it.</p>	<p>+++</p>
<p>Saponines</p>	 <p>The image shows two test tubes. The left tube contains a yellow liquid, and the right tube contains a lighter yellow liquid. An orange label on the left tube reads 'échantillon saponine'. The right tube has '10'' written on it.</p>	<p>-</p>

Les résultats du criblage phytochimique de *Cleome arabica* L. mentionnés dans le **tableau 15**, indiquent la présence de divers composés avec une grande abondance pour la plupart. Il est riche notamment en flavonoïdes, des phénols et des alcaloïdes. Les tanins vrais et les saponines sont absents.

Parallèlement à l'estimation de la teneur en composés phénoliques, le criblage phytochimique de *C. arabica* L. a été effectué sur la partie aérienne et a révélé la présence de flavonoïdes, de phénols, d'alcaloïdes, de quinones libres, les anthocyanidines ainsi que les sucres réducteurs et les saponines. Ces résultats sont confirmés par d'autres travaux; **Ismail et al., 2005** et **Touil et al., 1998** ont identifié de nombreux glycosides et rhamnosyl flavonoïdes dans cette plante, **Takhi et al., 2011** ont prouvé la présence d'alcaloïdes dans l'extrait de *Cleome arabica* L. Et **Sharaf et al., 1997** ont confirmé la présence de flavonoïdes glycosilatés dans la même espèce, **Madi et al., 2017** ont prouvé la présence d'alcaloïdes de flavonoïdes ainsi que des saponines dans la même espèce.

II.2.2 Dosages des composés phénoliques

II.2.1 Courbes d'étalonnages

Les courbes d'étalonnage sont élaborées par des solutions standards de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols et de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes préparés à des concentrations différentes.

A. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est calculée à partir de la gamme d'étalonnage de la quercétine et est exprimée en μg d'équivalent de quercétine par mg d'extrait ($\mu\text{gEQ}/\text{mg}$ d'extrait). La formule de la régression linéaire de cette courbe est de $y=0,004x$ avec un coefficient de détermination R^2 égal à 0,997 (figure 43).

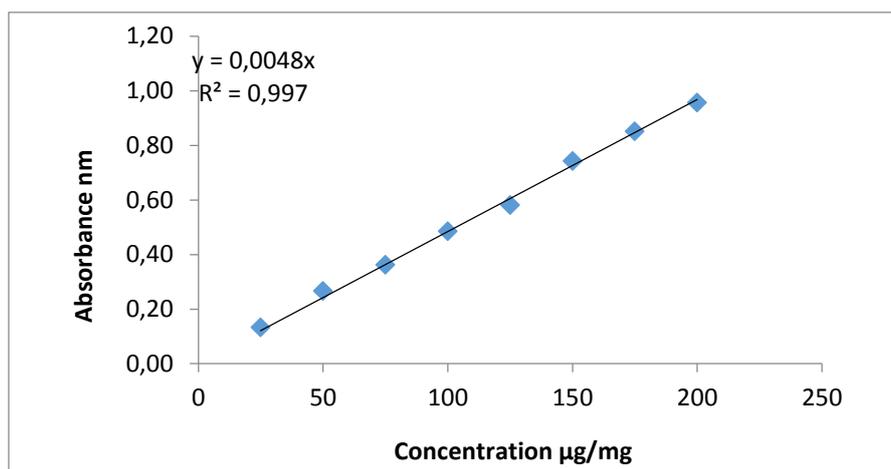


Figure 43: Courbe d'étalonnage de la Quercetine pour le dosage des flavonoïdes

A.1 Analyses spectrophotométriques des extraits

L'estimation quantitative des flavonoïdes totaux, en utilisant la méthode du trichlorure d'aluminium, a montré que l'extrait d'hydro-alcoolique est moins riche en flavonoïdes par rapport aux deux autres extraits (64,79 µg/mg) et (153,33 µg/mg) pour l'extrait méthanolique et butanolique respectivement, la mesure de la densité optique a été effectuée à la longueur d'onde de 415 nm. Les résultats obtenus sont présentés au tableau (16).

Tableau 16: Taux de flavonoïdes totaux contenu dans chaque extrait de *C. arabica L.*

Extraits	Contenu de flavonoïdes (µg QE/mg d'extrait)
Hydroalcoolique	33,12 ± 2,79
Butanolique	153,33 ± 6,77
Méthanolique	64,79 ± 0,73

Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus sont illustrés graphiquement dans la figure 44

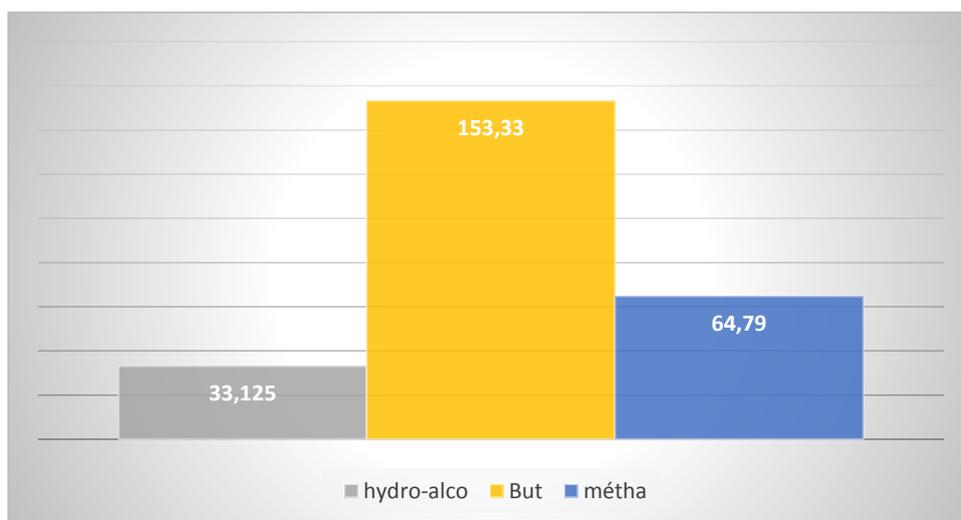


Figure 44: Histogramme représentant la teneur en Flavonoïde des différents extraits du *Cleome arabica L.*

B. Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est calculé à partir de la gamme d'étalonnage de l'acide gallique et est exprimée en μg d'équivalent d'acide gallique par mg d'extrait ($\mu\text{gEAG}/\text{mg}$ d'extrait). La formule de la régression linéaire de cette courbe est de $y=0.003x + 0,104$ avec un coefficient de corrélation R^2 égal à 0.997 (figure 45).

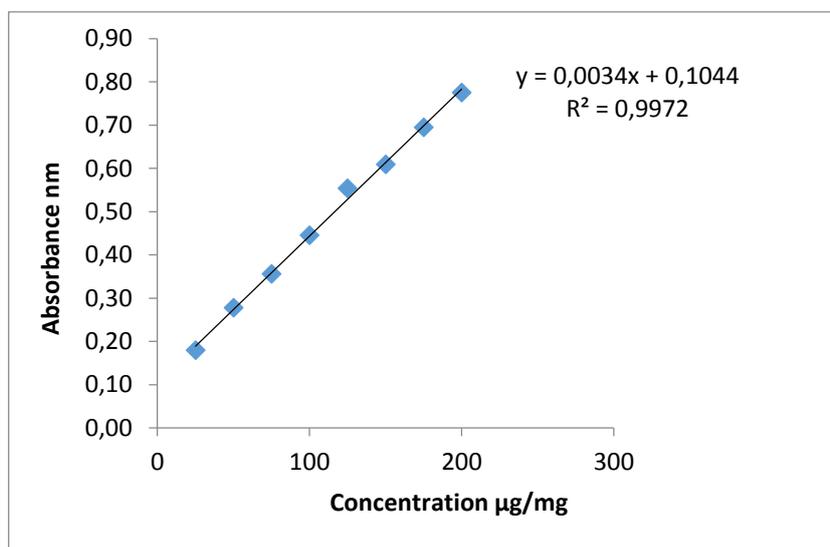


Figure 45: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols

B.1 Analyses spectrophotométriques des extraits

L'estimation quantitative des polyphénols totaux contenus dans les extraits de la plante *Cleome arabica.L.*, en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu, a montré que l'extrait chloroformique ainsi que l'extrait butanolique sont relativement riche en polyphénols par

rapports à l'extrait butanolique avec une teneur de (65.07µg/mg), (69.68µg/mg) et (205.37 µg/mg) respectivement, Les résultats obtenus sont présentés au tableau (17).

Tableau 17: Taux de polyphénols totaux contenu dans chaque extrait de *C. arabica* L.

Extraits	Taux des polyphenols totaux (µg GAE/mg)
Hydroalcoolique	65,07±13,25
Butanolique	205,37±20,59
Méthanolique	69,68±6,32

Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus sont illustrés graphiquement dans la figure 46

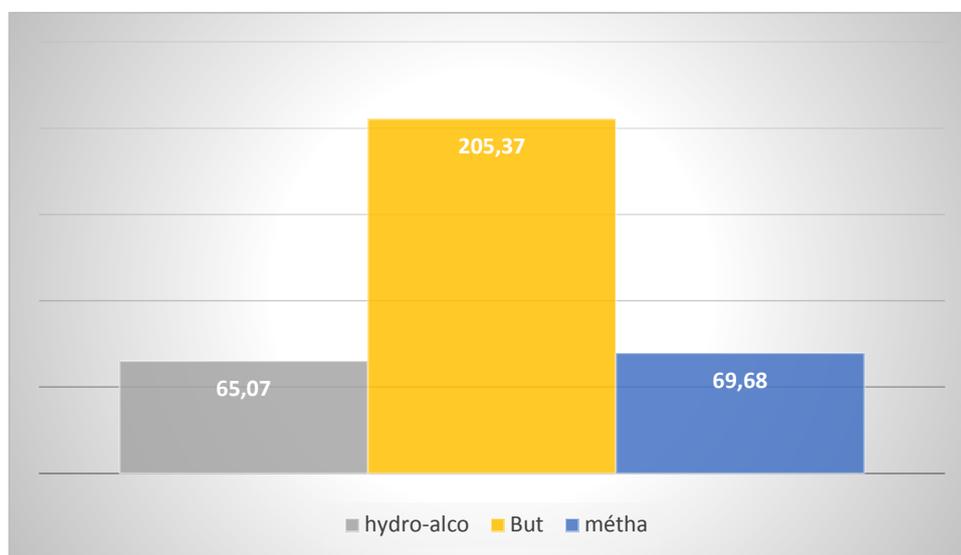


Figure 46: Histogramme représentant la teneur en phénols des différents extraits du *Cleome arabica* L.

La comparaison de nos résultats avec ceux trouvés dans l'étude de (Madi et al., 2017) qui ont analysé la teneur de l'extrait méthanolique en flavonoïdes et composés phénoliques des fruits du *Cleome arabica* L., indique que les teneurs obtenues sont (5.31±0.01 mg EC /g) tandis que la teneur de leurs extrait méthanolique en phénols est (28.86±0.01mg /ml).

II.2.2 Les activités anti-oxydante de l'extrait des feuilles du *Cléome Arabica L.*

II.2.2.1 Activité anti-radicalaire DPPH

L'activité anti-radicalaire (DPPH) de l'extrait méthanolique a été évaluée par son activité inhibitrice sur une solution méthanolique de DPPH, mesurée à 517 nm. Le standard utilisé est le **BHT**, **BHA** et **α -Tocopherol**. Les résultats de l'activité anti-radicalaire au DPPH sont représentés par les pourcentages d'inhibition pour chaque concentration ainsi que les valeurs de la concentration d'inhibition de 50% (Tableau 18).

Tableau 18: Inhibition du radical DPPH par les différents extraits du *Cleome arabica L.*

Extraits	% d'inhibition du test DPPH							
	12.5 μ g	25 μ g	50 μ g	100 μ g	200 μ g	400 μ g	800 μ g	CI ₅₀ μ g/mg
Hydro-alcoolique	2,77 \pm 5,74	2,25 \pm 4,92	6,48 \pm 4,05	19,81 \pm 4,28	39,52 \pm 3,77	66,64 \pm 3,12	82,31 \pm 0,60	286,81 \pm 5,68
butanolique	11,68 \pm 1,95	22,54 \pm 4,69	38,93 \pm 3,33	62,87 \pm 2,54	79,90 \pm 0,89	83,03 \pm 0,39	84,07 \pm 0,23	77,13 \pm 2,98
méthanolique	9,47 \pm 4,77	10,45 \pm 3,43	16,82 \pm 4,98	27,68 \pm 4,20	40,95 \pm 2,93	70,02 \pm 4,21	84,07 \pm 0,81	251,91 \pm 4,86
BHA ^b	76,55 \pm 0,48	79,89 \pm 0,26	81,73 \pm 0,10	84,18 \pm 0,10	87,13 \pm 0,17	89,36 \pm 0,19	90,14 \pm 0,00	6.14 \pm 0.41
BHT ^b	49,09 \pm 0,76	72,63 \pm 2,06	88.73 \pm 0,89	94.00 \pm 0,31	94.97 \pm 0,08	95.38 \pm 0,41	95.02 \pm 0,23	12.99 \pm 0.41
α-Tocopherol ^b	37,21 \pm 1,82	81,53 \pm 1,51	89,23 \pm 0,12	89,38 \pm 0,19	89,45 \pm 0,22	89,99 \pm 0,23	89,52 \pm 0,33	13.02 \pm 5,17

Les résultats obtenus ont permis de déterminer la valeur de l'CI₅₀ (la valeur qui correspond à 50% d'inhibition) et de tracer des histogrammes représentant le pouvoir d'inhibition en fonction des concentrations des différents extraits de la plante en comparaison avec les trois standards (Figure 47)

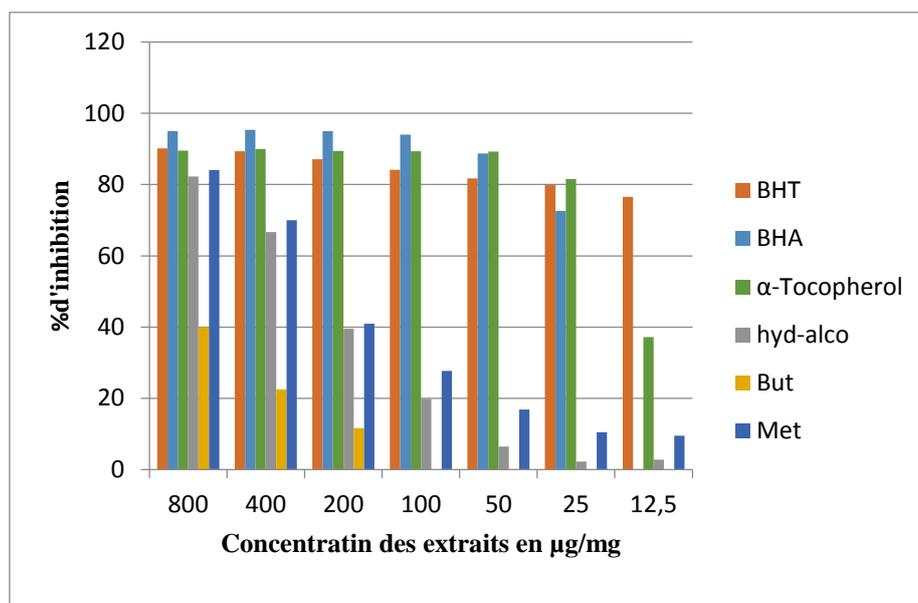


Figure 47: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Cleome arabica* L. (DPPH).

La CI50 exprime la quantité d'antioxydant requise pour réduire de 50% la concentration du radical libre. Elle est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante d'un composé. En effet, plus la valeur de CI50 est basse, plus l'activité antioxydante est grande (Dung et al., 2008). Sa détermination permet d'évaluer et de comparer l'efficacité de nos échantillons.

D'après les résultats du tableau 18, nous constatons que l'extrait butanolique possède des propriétés antioxydantes intéressantes ($CI_{50} = 77,13 \pm 2,98 \mu\text{g/mg}$), supérieure à celle d'extrait hydro-alcolique et méthanolique mais inférieure à celle des standards.

Par comparaison (Madi Aicha et al., 2017) ont montré que l'extraits de la *Cleome arabia* L.a un pouvoir d'inhibition inférieur à l'activité antioxydante de nos extraits avec une $CI_{50} = 0.46 \text{ mg/ml}$ et 0.0771 mg/ml respectivement.

II.2.2.2 Activité de réduction du complexe cuivre-néocuproéne CUPRAC

Le principe de ce test basé sur la conversion des hydroxyles phénoliques en quinones à travers la réduction du complexe Cu^{2+} -Nc, produisant ainsi un complexe chromogène de Cu^{+} -Nc qui absorbe à 450 nm.

Les valeurs exprimées représentent la moyenne \pm l'écart type (S.D) des trois répétions pour chaque essai.

Les résultats obtenus on permit de déterminer la valeur de l' $A_{0.5}$ (la valeur qui correspond à 50% d'inhibition) et de tracer des histogrammes représentant le pouvoir d'inhibition en

fonction des concentrations des différents extraits de la plante en comparaison avec les deux standards.

Tableau 19: Réduction du cuivre par les différents extraits du *Cleome arabica* L.

Extraits	Absorbance du test CUPRAC							
	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg	A _{0.50} (µg/mg)
Hydro-alcoolique	0,20±0,08	0,26±0,09	0,27±0,03	0,38±0,01	0,68±0,09	0,93±0,02	1,47±0,08	138,71±6,24
Butanolique	0,27±0,02	0,43±0,02	0,69±0,03	1,08±0,01	1,87±0,02	2,54±0,02	3,06±0,03	31,96±1,83
Methanolique	0,13±0,01	0,17±0,01	0,23±0,01	0,34±0,01	0,55±0,02	0,89±0,03	1,35±0,06	171,25±5,66
BHA ^b	1,12±0,05	1,95±0,31	3,14±0,46	3,58±0,42	3,35±0,20	3,77±0,19	3,92±0,13	5,35±0,71
BHT ^b	1.41±0.03	2.22±0.05	2.42±0.02	2.50±0.01	2.56±0.05	2.86±0.07	3.38±0.13	8.97±3.94

Les résultats révèlent que l'extrait butanolique exerce la plus grande activité inhibitrice des échantillons étudiés, avec une valeur de A_{0.5} = 31.96 µg/mg suivi par les deux extraits hydro-alcoolique et méthanolique avec des valeurs d'A_{0.5} égales à 138.71 et 171.25 µg/mg respectivement.

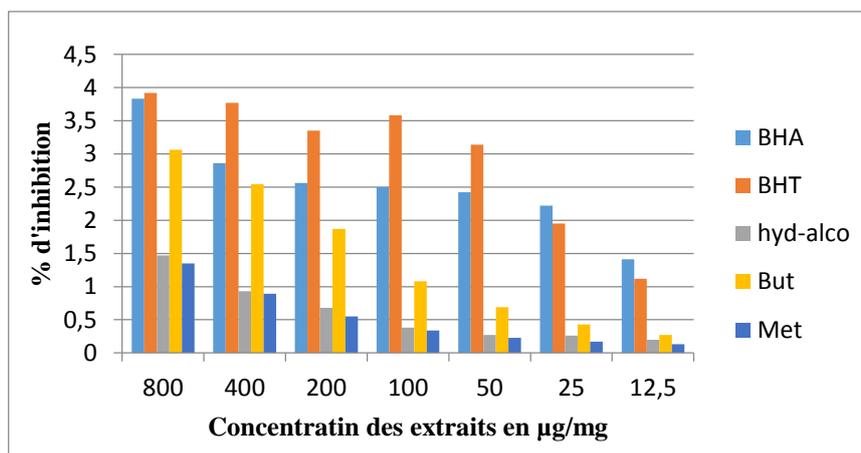


Figure 48: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Cleome arabica* L. (CUPRAC).

II.2.2.3 Activité du piégeage du radical Glavinoxyl GOR

Ce test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical galvinoxyl (GOR), où l'absorbance est mesurée à 428 nm.

Les résultats obtenus ont montré que tous les extraits de la plante *C. arabica* L. présentent une capacité d'inhibition dose dépendante (tableau (20)).

Tableau 20: Activité anti-radicalaire de GOR par les différents extraits du *Cleome arabica* L.

Extraits	Absorbances du test (GOR)							
	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg	CI ₅₀ µg/mg
hydro-alcoolique	1,09±0,68	5,22±1,34	8,83±1,77	28,16±0,71	62,65±1,70	73,12±0,28	Sat	163,40±3,68
Butanolique	11,04±0,87	27,84±0,77	62,91±0,30	71,40±0,42	71,81±0,24	74,03±0,20	Sat	40,80 ±0,10
méthanolique	2,60±0,59	4,32±1,09	12,92±1,54	31,84±2,06	59,35±1,22	73,19±0,32	Sat	166,00±3,31
BHT	34,66±2,62	49,23±0,77	61,29±0,69	68,89±0,26	70,02±0,50	70,49±0,55	71,13±0,74	3,32±0,18
BHA	25,99±2,56	39,15±0,88	54,16±0,27	65,02±1,26	70,19±0,51	70,32±0,65	70,60±0,10	5,38 ±0,06

Ci-dessous un histogramme représente le pouvoir d'inhibition en fonction des concentrations des différents extraits de notre plante en comparaison avec les deux standards (Figure 49).

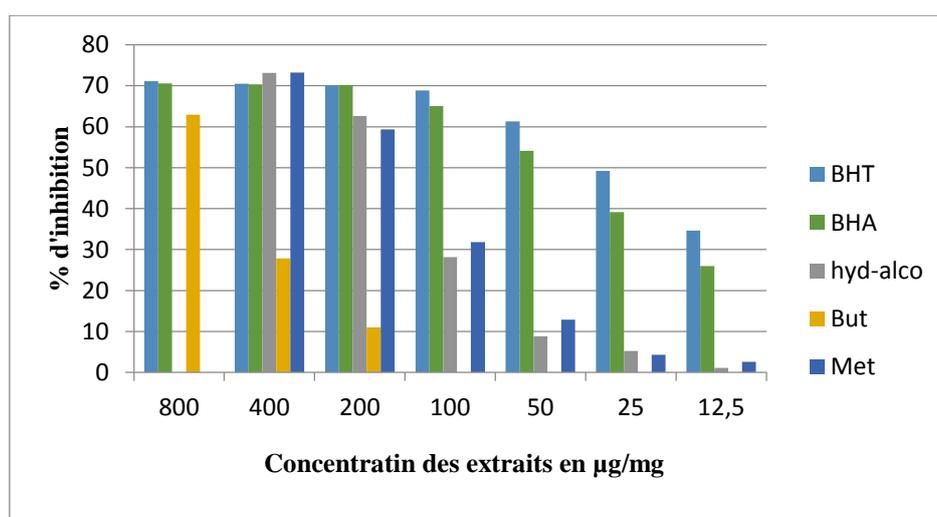


Figure 49: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Cleome arabica* L. (Glavinoxyl).

D'après les résultats du tableau, nous constatons que l'extrait butanolique possède des propriétés antioxydantes intéressantes ($CI_{50} = 40,80 \pm 0,10 \mu\text{g}/\text{mg}$), supérieure à celle d'extrait hydro-alcoolique ($CI_{50} = 163,40 \pm 3,68 \mu\text{g}/\text{mg}$) et aussi à celle du méthanol ($CI_{50} = 166,00 \pm 3,31 \mu\text{g}/\text{mg}$).

En comparaison avec les standards, nous constatons que les extraits de plante *C.arabica* L. possèdent des propriétés antioxydantes inintéressantes inférieures à ceux des standards BHA ($CI_{50} = 5.38 \pm 0,06 \mu\text{g}/\text{mg}$) et le BHT ($CI_{50} = 3.32 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{mg}$).

Notre étude est la seule qui a réalisé le test Glavinoxyl sur la plante *Cleome arabica* L., par conséquent nos résultats ne peuvent pas être comparés avec d'autres études.

II.2.2.4 Activité du piégeage du cation radical ABTS⁺

Ce test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS, l'absorbance est mesurée à 734 nm.

Les résultats de l'activité antioxydante par méthode de stabilisation du radical cationique ABTS sont représentés par les pourcentages d'inhibition pour chaque concentration ainsi que les valeurs de la concentration d'inhibition de 50% pour les trois extraits de notre plante et les standards (Tableau 21).

Tableau 21: Activité anti-radicalaire de l'ABTs par les différents extraits du *Cleome arabica* L.

Extraits	%d' inhibition du test ABTS							
	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg	CI ₅₀ µg/mg
Hydro-alcoolique	8,96±	14,32±	27,25±	48,07±	63,94±	80,63±	91,55±	108,22± 0,85
	1,24	1,91	0,36	0,56	6,25	2,10	1,20	
Butanolique	25,45±	40,70±	63,37±	77,54±	87,64±	91,71±	91,81±	34,82± 3,72
	2,62	4,87	1,27	0,45	0,15	0,09	0,80	
Methanolique	8,81±	13,19±	24,88±	39,57±	60,33±	81,50±	89,49±	150,68± 5,07
	1,52	0,91	0,54	0,31	2,25	0,98	0,71	
BHT	69,21±	78,23±	88,12±	88,76±	90,85±	90,95±	96,68±	1,29± 0,30
	0,40	1,34	1,28	3,07	1,74	0,51	0,39	
BHA	92,83±1,	94,68±	94,95±	95,32±	95,59±	95,83±	95,86±	1,81±0,10
	42	0,42	0,90	0,25	0,47	0,15	0,10	

La figure (50) représente l'histogramme des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de chaque extrait obtenus à partir des valeurs expérimentales. Nous observons que le taux d'inhibition augmente en fonction de l'augmentation de la concentration utilisée. Le BHA et le BHT utilisés comme standards présentent les pourcentages d'inhibition les plus élevés.

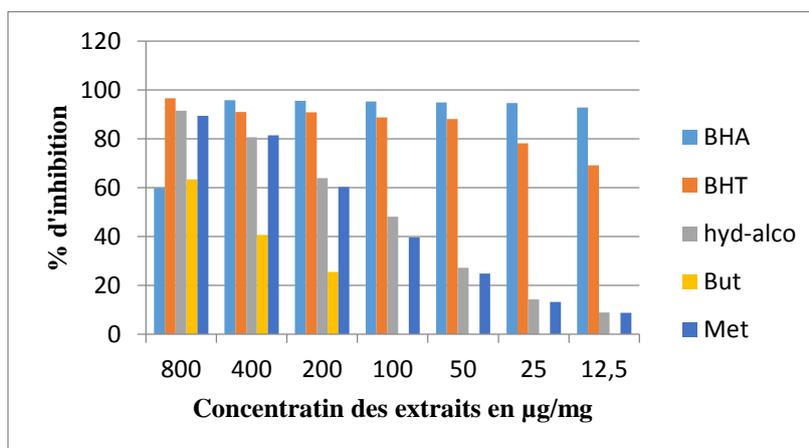


Figure 50: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Cleome arabica*.L (ABTS).

Les résultats obtenus montrent que l'extrait butanolique du *Cleome arabica* L. a présenté une forte activité par rapport à celle d'hydro-alcool et du méthanol avec des CI50 de 34.82, 108.22 et 150.68 µg/mg respectivement.

En comparaison avec les antioxydants standard l'extrait d'hydro-alcool et celle du méthanol du *Cleome arabica* L. sont les plus faibles.

L'activité antioxydante de notre extrait butanolique de la plante *C.arabica* L. est supérieure à celle obtenue par **JY Al-Humaidi et al., 2018** au cours d'une enquête phytochimique et activités antioxydantes in vitro de *C. amblyocarpa* et *Cleome ramosissima* en Arabie saoudite, avec des CI50 égales à 0.034 mg/ml et 0.095 mg/ml respectivement.

Alors que l'activité antioxydante de notre extrait hydro-alcoolique est inférieur à celle obtenue par **JY Al-Humaidi et al., 2018** , avec des CI50 égales à 0.108 mg/ml et 0.097 mg/ml respectivement .

II.2.2.5 Activité du pouvoir réducteur FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

La capacité réductrice d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (**Yang et coll, 2008**).

Les résultats de l'activité antioxydante par méthode de réduction de fer sont représentés par les pourcentages d'inhibition pour chaque concentration ainsi que les valeurs de la concentration d'inhibition de 50% pour les trois extraits de notre plante et les standards (Tableau 22).

Tableau 22: Absorbance de l'activité du pouvoir réducteur par les différents extraits du *Cleome arabica* L.

Extracts	%d' inhibition du test pouvoir réducteur							
	3.125 µg	6.25 µg	12.5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	A _{0.5} µg/mg
Hydro-alcoolique	0,06±0,00	0,07±0,00	0,09± 0,00	0,12±0,01	0,17±0,01	0,23±0,01	0,37±0,02	>200
Butanolique	0,09±0,01	0,11±0,01	0,16±0,01	0,23±0,02	0,38±0,03	0,48±0,01	0,75±0,08	105,24± 4,38
Méthanolique	0,07±0,00	0,07±0,00	0,09±0,00	0,11±0,01	0,17±0,01	0,25±0,00	0,34±0,03	>200
Ascorbic acid	0,35±0,05	0,46±0,03	0,84±0,12	0,93±0,30	1,18±0,34	1,37±0,20	1,44±0,21	6.77±1.15
Tannic acid	0.28±0.02	0,78±0,06	1,02±0,07	1,24±0,18	0,86±0,6	1,01±0,21	1,02±0,13	5.39±0.91
α-Tocopherol	0.11±0,00	0.16±0.00	0,21±0,03	0,35±0,03	0,73±0,03	1,37±0,08	1,81±0,09	34.93±2.38

Les résultats obtenus on permit de de déterminer la valeur de l'A_{0,5} et de tracer des histogrammes représentant le pouvoir d'inhibition en fonction des concentrations des différents extraits de la plante en comparaison avec les trois standards (Figure 51).

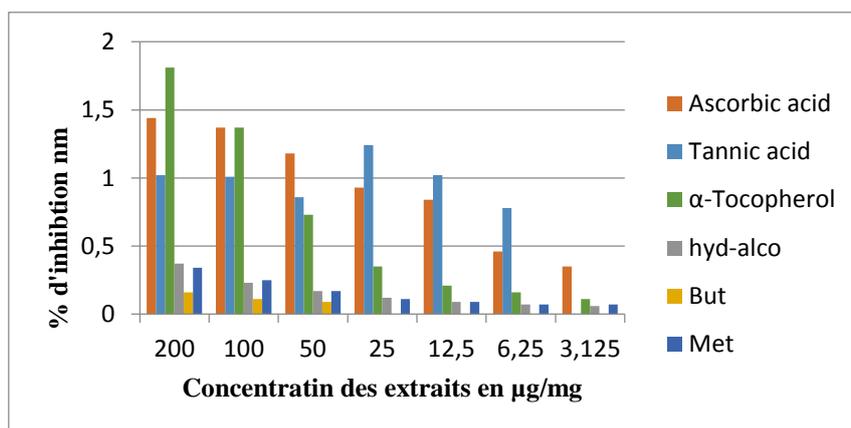


Figure 51: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Cleome arabica* L. (FRAP).

D'après les résultats obtenus, l'extrait présente une diminution proportionnelle de la réduction du fer par rapport aux concentrations utilisées. Nous avons constaté que nos échantillons ont été capables de réduire le fer ferrique en fer ferreux avec des valeurs d' $A_{0.5}$ inférieurs à celle des standards égale à 105.24 $\mu\text{g}/\text{mg}$ pour l'extrait butanolique et supérieur à 200 $\mu\text{g}/\text{mg}$ pour les deux autres extraits hydro-alcoolique et méthanolique.

Par comparaison on déduit que l'activité antioxydante de nos extraits est supérieur à celle obtenue par (Madi Aicha et al., 2017) pour leur étude de la plante *Cleome arabica* L. avec une $A_{0.5}$ égale à 0.105 et 1,07 mg/ml respectivement.

II.2.2.6 Activité de réduction par formation du complexe Fe^{2+} Phenanthroline

Ce test est basé sur la capacité du phenanthroline à piéger les radicaux fe^{2+} , l'absorbance est mesurée à 510 nm. Le BHT est le BHA sont utilisés comme standards.

Les résultats obtenues ont montré que tous les extraits de la plante *Cleome arabica* L. présente une activité de piégeage dose dépendante tableau (23).

Tableau 23: Absorbance des différents extraits du *Cleome arabica* L. par l'activité de Phenanthroline.

Extraits	Absorbances par l'activité de phenanthroline							
	3.125 μg	6.25 μg	12.5 μg	25 μg	50 μg	100 μg	200 μg	$A_{0.5}$ $\mu\text{g}/\text{mL}$
Hydro-alcoolique	0,21±0,01	0,22±0,01	0,23±0,01	0,28±0,01	0,34±0,01	0,46±0,01	0,71±0,02	113,55±0,08
Butanolique	0,26±0,00	0,31±0,01	0,39±0,02	0,56±0,03	0,83±0,04	1,30±0,05	2,16±0,07	20,67±2,04
méthanolique	0,21±0,01	0,22±0,00	0,24±0,01	0,27±0,01	0,34±0,00	0,45±0,03	0,68±0,03	119,10±9,80
	0.78125	1.5625	3.125 μg	6.25 μg	12.5 μg	25 μg	50 μg	$A_{0.5}$ $\mu\text{g}/\text{mL}$
BHA	0,49±0,01	0,59±0,01	0,73±0,02	0,93±0,01	1,25±0,04	2,10±0,05	4,89±0,06	0,93±0,07
BHT	0,47±0,01	0,47±0,01	0,53±0,03	1,23±0,02	1,84±0,01	3,48±0,03	4,84±0,01	2,24±0,17

La figure (52) représente l'histogramme des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de chaque extrait obtenus à partir des valeurs expérimentales.

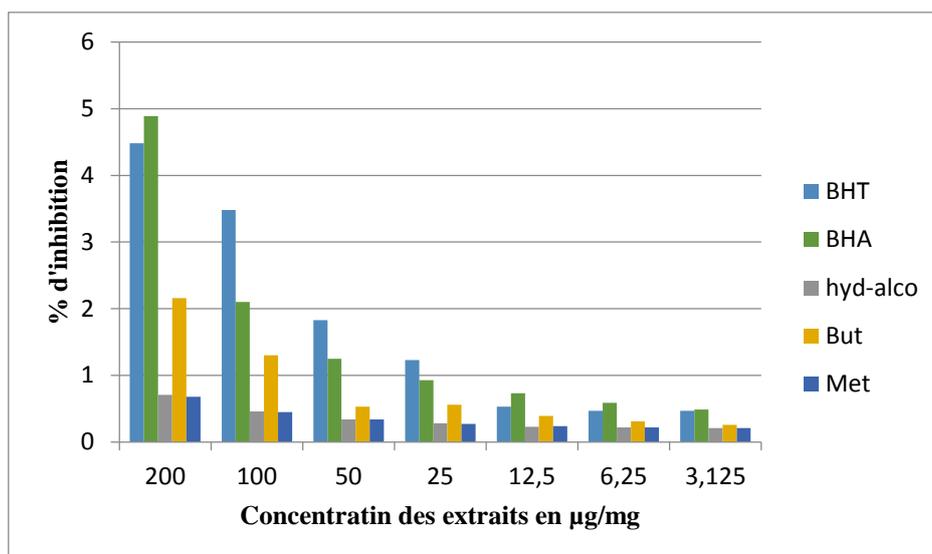


Figure 52: Histogramme représentant le pouvoir d'inhibition des différents extraits du *Cleome arabica* L. (Phenanthroline).

D'après les résultats du tableau 23, nous constatons que l'extrait butanolique possède des propriétés antioxydantes intéressantes ($CI_{50} = 20,67 \pm 2,04 \mu\text{g/mg}$), supérieure à celle d'extrait hydro-alcoolique ($CI_{50} = 113,55 \pm 0,08 \mu\text{g/mg}$) et aussi à celle du méthanol ($CI_{50} = 119,10 \pm 9,80 \mu\text{g/mg}$)

En comparaison avec les standards, nous constatons que les extraits de plante *C.arabica* L. possèdent des propriétés antioxydantes inintéressantes inférieurs à ceux des standards BHA ($CI_{50} = 0,93 \pm 0,07$) et le BHT ($CI_{50} = 2,24 \pm 0,17$).

Notre étude est la seule qui a réalisé le test Phenanthroline sur la plante *Cleome arabica* L., par conséquent nos résultats ne peuvent pas être comparés avec d'autres études.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les plantes médicinales sont la source de la majorité des antioxydants naturels et elles restent encore sous exploitées dans le domaine médical.

Dans le cadre de notre travail nous nous sommes intéressés à l'étude phytochimique et du pouvoir antioxydant des différents extraits de l'avoine (*Avena sativa* L.) et de Netil (*Cleome arabica* L.).

Le criblage phytochimique des feuilles de *Cleome arabica* L. et du son d'*Avena sativa* L. a révélé la présence de différentes familles de métabolites secondaires. Il s'agit essentiellement des flavonoïdes, quinone libres, saponosides, flavonoïdes glycosides, phénols et les sucres réducteurs, des alcaloïdes, flavonoïdes cyanidines et des anthocyanes. Ces constituants sont connus de part leurs diverses propriétés biologiques pouvant ainsi, contribuer à l'utilisation de *Cleome arabica* L. et l'*Avena sativa* L. comme remède en médecine traditionnelle.

Le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes nous a permis d'évaluer la richesse de l'avoine en ces composés: la teneur en polyphénols totaux est de (121.15 /134.11/60.17 µg EAG/mg). Alors que la teneur en flavonoïdes est de (32.22 / 12.56 /18.54µg QE/mg) pour les extraits chloroformique butanolique et acétate d'éthyle respectivement.

Tandis que le dosage des composés phénoliques de la plante *Cleome arabica* L. a montrés que l'extrait butanolique est le plus riche en phénols avec une teneur de 205.37 µg/mg, suivi par l'extrait méthanolique (69.68 µg GAE/mg) et puis par l'hydro-alcoolique 65.07 µg GAE/mg alors que la quantité des flavonoïdes est estimée à 153.33 µg/ml pour l'extrait butanolique à 64.79 µg QE/mg pour l'extrait méthanolique et à 33.12 µg QE/mg pour l'extrait hydro-alcoolique

L'activité antioxydante des différents extraits des feuilles de *Cleome arabica* L. et du son d'*Avena sativa* L. a été évalué à différentes échelles par le test DPPH, FRAP, GOR, ABTS, Phenanthroline ainsi que le test de CUPRAC ce qui nous a permis de confirmer leurs pouvoir scavenger de radicaux libres. Cette activité est liée en grande partie à la composition de l'extrait et sa richesse en composés phénoliques et flavonoïdes.

Selon les résultats obtenus dans cette étude, nous pouvons dire que l'*Avena sativa* L. et *Cleome arabica* L. sont riches en phénols totaux et flavonoïdes ; les extraits donne une bonne activité antioxydante dans la capacité de pouvoir réducteur (FRAP) et la capacité de piégeage de radicaux libres Phenanthroline.

Il serait intéressant à l'avenir d'isoler et identifier les composés phénoliques de ces deux plantes qui sont responsables d'une activité antioxydante.

Ces résultats préliminaires pourraient constituer une base scientifique pour la recherche de nouveaux traitements contre les maladies notamment cardiaques.

Références

Références

Agban A, Gbogbo KA, Hoekou YP, Atchou K, Tchacondo T, Batawila K, Souza C, Gbeassor M. 2013. Évaluation de l'activité antifongique des extraits de *Cassia alata L.* et de *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne Redh. (Fabaceae) sur *Candida albicans*. *J.Biol. Chem. Sci.*, 7(3): p 1041-104, DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.12>.

Ali meziani ,2014 : catalogue culture, céréales, profert, p09 PRAT S., 1971 : Les céréales 2ème édition, J.B Baillière et fils, Paris, p 9-23-315.

Amarowicz, R., Pegg, R., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., & Weil, J. (2004). Free radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chem*, 84: p 551-562.

Amouyel .P; Bauters.Ch ;Durand ;Zaleski.I ;Ferrières.J. (2001).Parie : Ed John Libbey ; p 29-50

Anonyme, 1971 : Exigence biologique des céréales. Ed p 6-7.

16. Apak R., Guclu K., Ozyurek M., Karademir S.E.(2004) .Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *J. Agric. Food Chem.*;52: p 7970–7981. doi: 10.1021/jf048741x.[[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Arbonnier M. 2002. Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN, Paris; p 576.

Assmann G ., Carmena R ., Valencia P.C ., Münster J.C ., Lewis B ., Mancini M., Olsson A., Linkoping R PAOLETTI ., Milan M et Helsinki. (2004). Maladies coronarienne : réduire le risque. Nouvelle Société Française d'Athérosclérose.

Association Française de Médecine Orthomoléculaire (AFMO). Mise à jour septembre 2016.

Baba Aissa, F. (2011). Encyclopédie des plantes utiles.Ed El maarifa Alger, p 471.

Badimon L et Chesebro L. (2002). Statistiques et documentation – Le taux des maladies cardiovasculaires. Fondation des maladies du cœur. , Vol 5 : p 58-89.

Baudin B. (2006). Stress oxydant et pathologies cardiovasculaires. *Mt Cardio* ; 2(1) p 43-52

Beneytout JL, (2001). Cholestérol-oxydase, et Cholestérole membranaire, *option bio*; 83: p 14.

Beniston, N.W. (1984). Fleurs d'Algérie. Edition Entreprise National du Livre (Algérie), p 359.

- Benmansour. N, 2016.** "Etude des activités antioxydantes et antibactériennes d'Artemisia judaica L. par les composés du métabolisme secondaire," Thèse de doctorat, Université Abou-Bakr-Belkaid Telemcen, Algérie, p 209.
- Berdah J et Amah G (2009).** les facteurs de risque cv concernent aussi les femmes. *Role du gynécologue gynécologie obstétrique et Fertilité* ; Vol 37 : p 186-193.
- Berube-Gagnon J. (2006).** Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces de *Picea mariana*. Thèse de doctorat à l'université de Québec.
- Boumellel W, Amrouche ., 2017.** L'effet de la date de semis sur la culture de l'avoine (*Avena sativa*.L) sur quelques paramètres de croissance et de production dans la région de Khemis-Miliana. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master. p 07.
- Boulal.H, Zaghouane.O, El mourid.M, Rezgui.S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé, l'avoine et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. *ITGC, INRA, ICARDA*, Algérie, p 176.
- Bouriche, H., Miles, E.A., Selloum, L. and Calder, P.C. (2005)** Effect of Cleome arabica leaf extract, rutin and quercetin on soybean lipoxygenase activity and on generation of inflammatory eicosanoids by human neutrophils. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 72 (3), p 195-201. ([doi:10.1016/j.plefa.2004.10.018](https://doi.org/10.1016/j.plefa.2004.10.018)).
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. & Berset, C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol*, 28: p 25-30.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3e édition. *Tec et Doc. Lavoisier*, Paris.
- Burkill, H.M. (1985).** The useful plants of west tropical Africa, (Families A-D), 2nd ed, Kew, UK: *Royal Botanic Gardens*, p 980.
- Calabrese, G. (2003).** Valeur nutritionnelle des raisins de table. *Bultion de l'office internationale du vin* : p 862-64.
- Carange, Julie (2010).** *Rôle antioxydant et anti-apoptotique des brassinostéroïdes, une nouvelle stratégie de neuroprotection?* Mémoire. Trois-Rivières, Université du Québec à Trois-Rivières, p 125.
- Carocho M, Ferreira IC. (2013).** A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food Chem Toxicol*; 51: p 15-25.
- Carr AC, Zhu BZ, Frei B (2000).** Potential antiatherogenic mechanisms of ascorbate (Vitamin C) and alpha-tocopherol (Vitamin E). *Circ Res*. 7(5): p 349-354.
- Catalano, L., Franco, I., De Nobili, M., & Eita, L. (1999).** Polyphenols in olive mill waste waters and their depuration plant effluents: a comparison of the Folin-Ciocalteu and HPLC methods. *Agrochimica*, 43: p 193-205.

Center, S.A. & Randolph, J.F. (2004). Influence of SAME on erythrocytes and liver tissue in healthy cats (abstract). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, Vol 14, p 357.

Chanforan, C. (2010). Stabilité de micro-constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Thèse de Doctorat : Université d'Avignon et des pays de vaucluse.

Chen, K. Suh, J. Carr, A.C. Morrow, J.D. Zeind, J. Frei, B. (2000). Vitamin C suppresses oxidative lipid damage in vivo, even in the presence of iron overload. *American Journal Physiology Endocrinology Metabolism*, Vol 279(6), p 1406-1412.

Chen Z., Peto R., Collins R., MacMahon S., Lu J., Li W. (1991). Serum cholesterol concentration and coronary heart disease in population with low cholesterol concentrations. In: *Bmj*, n. 303, p 276-82.

Chira K, Suh J-H, Saucier C, Teissédre P-L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie* ; 6 : p 75-82.

Clément-Grandcourt et prats., 1971. Les céréales. Bailliére et co. Paris France.p 351.

Codoñer-Franch P, Valls-Belles V, Arilla Codoñer A, Alonso-Iglesias E. 2011. Oxidant mechanisms in childhood obesity: the link between inflammation and oxidative stress. *Translational Res.*, 158(6): p 369-384. DOI:10.1016/j.trsl.2011.08.004.

Deaton, CM. Marlin, DJ. (2003). Exercise-associated oxidative stress. *Clinical Techniques in Equine Practice*, Vol 2(3), p 278-291.

Djeridane, A., Yousfi, M., Brunel, J.M., & Stocker, P. (2010). Isolation and characterisation of new steroid derivative as a powerful antioxydant from *Cleome arabica* in screening the in vitro antioxydant capacity of 18 Algerian medicinal plants. *Food and chemical toxicology*, 48, p 2599-2606.

Dohou, N., Yamni, K., Gmira, N., Idrissi Hassani, L.M. (2003). Screening phytochimique d'une endémique ibéro-marocaine Thymelaealythroides, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*. 142, p 61-78.

Dransfield, G., Guest, P.J., Lyth, P.L., McGarvey, D.J., & Truscott, T.G. (2000). Photoactivity tests of TiO₂-based inorganic sunscreens: Part 1: Non-aqueous dispersions. *J Photochem Photobiol*, 59: 1-3; p 147-151.

Ece, A. Gurkan, F. Celik, F. Boşnak, M. Yel, S. Balik, H. Erel, O. (2007). Paraoxonase, total antioxidant activity and peroxide levels in marasmic children: relationships with leptin. *Clinical Biochemistry Journal*, Vol 40(9-10), p 634-639.

Fillet., 2000. *La graine de blé composition et utilisation* ; INRA paris p 46-82 .

Fizer UE. (2004). Santé cardiovasculaire : L'athérosclérose. Fonction des maladies du cœur.

- Framingham .(2014)** Autoévaluation du risque cardiovasculaire <http://www.hbroussais.fr> .
- Fusco, D. Colloca, G. Lo Monaco, MR. Cesari, M. (2007).** Effects of antioxidant supplementation on the aging process. *Clinical Interventions in Aging journal*, Vol 2(3), p 377-87.
- Gardes-Albert M, Bonnefont-Rousselot D, Abedinzadeh Z, Jore D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène : comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? *L'actualité chimique*.
- Georgé, S., Brat, P., Alter, P., & Amiot, J.M. (2005).** Rapid determination of polyphénols and vitamin C in plant-derived products. *J Agric Food Chem*, 53: p 1370-1373.
- Ghedira K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie ; 4* : p 162-69.
- Giller N. (2009).** Situation 3 : personne adulte soignée en chirurgie ou médecin. *Haute Ecole de santé Fribprg*
- Girotti-Chanu C. (2006).** Etude de la lipolyse et de la synthèse de composés du derme sous l'effet de la cirsimarine, flavone extraite de *Microtea debilis*. Thèse de doctorat. Lyon.
- Graham I., Atar D., Borch-Johnsen K., Boysen G., Burell G et Cifkova R, 2007 Oct;28.** European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: executive summary. *Eur Heart J.* (19): p 2375-2414
- Guimont M.C (2002).** L'alipoprotéine Lp (a) : son intérêt dans l'interprétation du bilan lipidique. Thèse pour l'obtention du diplôme docteur d'état en pharmacie. Univ de Lyon.
- Hadduchi.F; Chaouche.TM; Ksouri.R, 2014.** Phytochemical screening and in vitro antioxidant activities of aqueous-extracts of *Helichrysumstoechas subsp. rupestre* and *Phagnalonsaxatile subsp. saxatile*. *Chin J Nat Med* 12: p 415–422.
- Halliwell B. (1999).**Antioxidant defance mecanismes: from the beginning to the end. *Free Radic Res*; 31(4): p 261-272.
- Havsteen BH. (2002).** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol Therap*; 96: p 67-202.
- Hennebelle T, Sahpaz S, Bailleul F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie ;(1)* : p 3-6.
- HERPIN D et PAILLARD F. (2003).** Facteurs de risque cardio-vasculaires et prévention. Thème N° 129.
- Huang D, Ou B, Prior RL. (2005).** "The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 53 (6): p 1841-56.

Iqbal Hussain; Moneeb.Ur RehmanKhattak; Riazullah; Zia Muhammad; Naeem Khan; Farhat Ali Khan; ZahoorUllah and SajjadHaider, 2011: Phytochemicals screening and antimicrobial activities of selected medicinal plants of Khyberpakhtunkhwa Pakistan. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* Vol. 5(6), p 746-750,

Ismail, I.S., Ito, H., Selloum, L., Bouriche, H., Yoshida, T., 2005. Constituents of *Cleome arabica* leaves and twigs. *Natural Medicine* **59**, p 53.

Jehan Y Al-Humaidi1*, Mahmoud A Al-Qudah2, Muneera S Al-saleem1 and Shorouk M Al-Oteib1 (2018).Phytochemical Investigation and in vitro Antioxidant Activities of *Cleome amblyocarpa* and *Cleome ramosissima* growing in Saudi Arabia.*Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 10(2): p 170-177.

Josiane Cillard (2011) Faculté de Pharmacie Université de Rennes EA 1274« Mouvement-Sport Santé ».

Justine, Odile, Carole PASTRE (2005).Thèse : intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques.

Kannel WB., D'Agostino RB., Cobb JL. (1996). Effect of weight on cardiovascular disease.In: *Am J Clin Nutr*, n. 63, p 419S- 22S.

Khalil, A. (2002). Molecular mechanisms of the protective effect of vitamin E against atherosclerosis. *Can J Physiol Pharmacol.* 80(7): p 662 – 669.

Kontos MC, Fritz LM, Anderson FP, Tatum JL, Ornato JP, Jesse RL.(2003). Impact of the troponin standard on the prevalence of acute myocardial infarction. *Am Heart J.* 146: p 446–452.

Laguerre M, Lopez-Giraldo L J, Lecomte J, Pina M, Villeneuve P. (2007). Outils d'évaluation *in vitro* de la capacité antioxydante. *Ol Corps Gras Lipides*, 14, p 278-292.

Langsjoen PH, Langsjoen AM. — The clinical use of HMG CoA – reductase inhibitors and the associated depletion of coenzyme Q10 - A review of animal and human publications. *Biofactors*, **2003**, **18**, p 101-111.

Lipsskaya TY. (2001). The physiological role of the creatine kinase system: evolution of views biochemistry (Moscow); Vol 66: p 115-129.

Macheix, J.J., Fleuriet, F. & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques, p 134.

Mader, SS. (2010). Biologie humaine, 1ère édition. Bruxelles : Edition De Boek.

Madi,A.,Zaghed,N.,Halmi,S.,Belkhiri,A.(2017).Antioxidant Activity And Phenolic Compounds Contents Of Spider Flower (*Cleome Arabica Ssp.Arabica*), A Well Acclimated

Species In The Algerian Desert Areas. *European Scientific Journal*. Edition Vol.13, No.12
ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431

Maire, R. 1933. Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, No 03, Alger, p 361.

Marmot MG et Mustard JF. (1996). Les maladies coronariennes et la santé des populations. In: *Etre ou ne pas être en bonne santé*, ed. RG. Evans, ML. Barer, T. Marmor, Paris: John Libbey Eurotext, p 195-219.

Matés, J. Perez-Gomez, C. Nunez Castro, I. (1999). Antioxidant enzymes and human diseases. *Clinical Biochemistry Journal*, Vol 32, p 595-603.

Mercan, MD. (2010). Le stress oxydatif. Unilabs A.R.L., Lausanne. p 3-15.

Mezzetti, A. Pierdomenico, SD. Costantini, F. Romano, F. De Cesare, D. Cucurullo, F. Imbataro, T. Riario-sforza, G. Di Giacomo, F. Zuliani, G. Fellin, R. (1998). Copper/zinc ratio and systemic oxidant load: effect of aging and aging-related degenerative diseases. *Free radical biology medicine journal*. Vol 25(6), p 676-681.

Müller L., Gnoyke S., Popken A.M., V. Böhm V. (2010). Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT - Food Science and Technology*, 43: p 992–999.

Nagendran, B., Kalyana S., Samir, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agriindustrial by products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99, p 191–203.

Najjaa.N; Zouari.S; Arnault.I; Auger.J; Emna.A; Neffati.M, (2011). Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre *Allium* *Allium roseum* L. et *Allium ampeloprasum* L, *Acta Bot. Gallica*, 158(1), p 111-123.

Negre-Salvayre A & Salvayre R. (2005). Effet protecteur des acides gras contre le stress oxydatif : Implication en physiopathologie vasculaire. *OCL* ; 12(5) : p 433-38.

Nibouche .Santé. MAGN°33. Octobre 2014.

OMS(1958), OMS(2015), OMS(2017), OMS(2018).

OMS, 2003, Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques : rapport d'une Consultation OMS/FAO d'experts, Série de rapports techniques 916, Genève.

Opara E S. (2002). Oxidative stress, micronutriments, diabetes mellitus and its complications. *J of the Royal Soc for the promotion of Health*; **122**: p 28-34.

Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nut*, 44: 307-315.

Ozenda, P. 1991. Flore et végétation du Sahara. Ed. CNRS, Paris, p 662.

- Pincemail J., Degrunne F., Voussure S., Malherbe C., Paquot N. and Defraigne J.O. (2007).** Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition Clinique et Métabolisme* 21 : p 66-75.
- Pi-Sunyer FX. (1991).** Health implications of obesity. In: *Am J Clin Nutr*, n. 53, p 1595S-603S.
- Prior, RL. Cao, G. (2006).** In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Control Release Journal*, Vol 113(3), p 189-207.
- Quezel, P., Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed Centre National de la recherche scientifique. Tome 1, p 386.
- Rabaud Ch, Tronel H, Fremont S, May T, Canton P, Nicolas J-P. (1997).** Radicaux libres et infection par le VIH. *Annales de Biologie Clinique* ; 55 (6) : p 565-71.
- Ratnam, VD. Ankola, DD. Baradwaj, V. Sahana, DK. Ravi Kumar, MNV. (2006).** Role of antioxidants in Sciences, Vol 81, p 895-905.
- Rajesh Kumar Rawri1, K. Bharathi2, K.N. Jayaveera3 and SMB Asdaq* (2013).** In Vitro Antioxidant Activities Of Avena Sativa (Oats) Alcoholic Seed Extracts. *International Journal of Pharmaceutical Archive* 2(5), p 125-128.
- Rajinder Singh, Subrata De & Asma Belkheir (2013)** Avena sativa de (Avoine), un potentiel nutraceutique et agent thérapeutique: Aperçu, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53: 2, p 126-144.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999.** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio. Med.* 26, p 1231-1237.
- Reilly, C. (2006).** Selenium in food and health, 2ème édition. New York Springer.
- Renuka B, Rajurkar ZH, Govind TG (2003).** Studies on levels of glutathione S transferase, its isolation and purification from *Helicoverpa armigera*. *Current Science*, 85: p 1355-1360.
- Ruz J., Keller U et Bliard C. (2002).** Les facteurs de risque des maladies cardiovasculaires. Agence de santé publique du Canada (ASPC).
- Safar M et Blachez J. (2000).** Les recommandations actuelles sur l'hypertension artérielle et sa thérapeutique. Une analyse critique. *La presse médicale*; 29: p 756-759.

Sarni-Manchado P, Cheynier V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. *Editions TEC et DOC*, p 398.

Sarr SO, Fall AD, Gueye R, Diop A, Diatta K, Diop N, NDiaye B, Diop YM. 2015. Etude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de *Vitex doniana* (Verbenaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(3): p 1263-1269.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.11>.

Serdar, Z. Aslan, K. Dirican, M. Sarandol, E. Yeşilbursa, D. Serdar, A. (2006). Lipid and protein oxidation, Vol 39(8), p 794-803.

Sharaf, M., Mansour, R.M.A., Saleh, N.A.M., 1992. Exudate flavonoïds from aerial parts of four *Cleome* species. *Biochemical Systematics & Ecology* **20**, p 443-448.

Shi H, Noguchi N, Niki E.(2001) Galvinoxyl method for standardizing electron and proton donation activity. *In Methods Enzymol* ;335: p 157-66.

Siriwardhana N., Kalupahana N.S., Cekanova M., Lemieux M., Greer B et Moustaid-Moussa N. (2013). Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds. *J. Nutr. Biochem.* 24: p 613-623. doi: 10.1016.

Sirodot.g-e., 2016. L'avoine, description, classification, Etude du grain des variétés Françaises et Etrangères, culture.

Soltner.d, 1990. Phytotechnie spécial, les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies ; *Sciences et Technique*.

Soltner.d, 2005. Les grandes productions végétales. 20eme Edition. Collection science et techniques agricoles. p 472.

Surget A., et Barron C., 2005. Histologie du grain de blé, Industrie des céréales 145.

Szydłowska-Czerniaka A, Dianoczki C, Recseg K, Karlovits G, Szlyk E.(2008) Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta* ; 76: p 899-905.

Takhi, D., Ouinten, M., & Yousfi, M. (2011). Study of Antimicrobial Activity of Secondary Metabolites Extracted Fromspontaneous Plants from the Area of Laghouat, Algeria. *Advances in Environmental Biology*, 5(2), p 469-476.

Tigrine, C., Bulzomi, P., Leone, S., Bouriche, H., Kameli, A., Marino,M. (2013). *Cleome arabica* leaf extract has anticancer properties in human cancer cells. *Pharmaceutical Biology*, 51(12), p 1508–1514.

Topçu G., Ay A., Bilici A., Sarıkürkcü C., Öztürk M., and Ulubelen A. 2007. A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. *Food Chemistry* 103: p 816–822

Touil, A., & Rhouati, S. (1998). Flavonol glycosides from *Cleome arabica*. *Journal de la société algérienne de chimie*, 8, p 117-120.

Virmany R., Kolodzei FD., Burk A.P et Farb A. (2000). Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions, arterioscler. *Thromb. Vasc; Biol*; Vol 20 (N°): p 1262-1275.

Willett WC., Manson JE., Stampfer MJ. (1995). Weight, weight change, and coronary Heart disease in women. Risk within the normal weight range. In: *JAMA*, n. 273, p 461-5.

Wollenweber, E. & Dorr, M. (1992). Flavonoïd aglycones of *Cleome spinosa* (Cleomaceae). *Phytochemical Bulletin*, 24, p 2-4.

Wolters, M. Hermann, S. Golf, S. Katz, N. Hahn, A. (2005). Selenium and antioxidant vitamin status of elderly German women. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol 24, p 1 - 17.

Yammamich I et Wallimann A. (2001). Creatine kinase gene mutation in a patient with muscle creatine kinase deficiency. *Clinical chemistry*; Vol 47: p 1967-1973.

Yves-Alain.B; Janat.A; Mamyrbekova.B; Boua.B; Fézan.H.Trabi; Ehouan, E, 2007. Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthiana* (Baill.) Herend. and Zarucchi (Caesalpinaceae), *Sciences & Nature* Vol. 4 N°2: p 217 – 225.

Zhihua J, Elias SJA, Ying M, Linda J, Jinming S, Siqi Z, Shujun L, Ruiying W, Tianzhu Z, Ganglin Y, Junqiu L, Jiacong S, Guimin L (2004). Expression of selenocysteine-containing glutathione S-transferase in *Escherichia coli*. *Biochem and Bioph Res Commun*, 321: p 94-101.

Sites web consultés

<https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/risque-cardiovasculaire/maladies-cardiovasculaires>.

Consulté le 28/06/2019

https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Stress_oxudant. Consulté le 22/07/2019

<https://www.gbif.org/species/3871515>. Consulté le 02/07/2019

www.google.dz/maps.

<https://www.espritsante.com/articles/acide-gallique>. Consulté le 31/05/2019

Annexes

Annexes

Matériel de laboratoire

Appareillage

- **Lecteur de microplaque multi-mode Enspire^R PerkinElmer**

Le lecteur à plusieurs modes de fonctionnement de plat d'Enspire est une platform très accessible à la recherche :

- ✓ Pour la détection quantitative de l'émission et/ou l'absorbance de la lumière.
- ✓ A utilisateurs multiples de recherches qui exigent la technologie à rendement élevé, bien que la flexibilité pour une étendue des applications large tout en donnant la priorité à la sensibilité.
- ✓ Permettant des données plus appropriées au sujet des systèmes biochimiques et de la cellule.



Figure 01: Lecteur de microplaque.

- **Rotavapeur**

L'évaporateur rotatif est un système permettant de vaporiser le composé le plus volatil d'un mélange.



Figure 02: Evaporateur rotatif.

- **Etuve**

Enceinte de chauffage fonctionnant, dans la majorité des cas, dans l'air parfois sous vide ou gaz neutre, permettant d'effectuer des traitements thermiques à température réglée de l'ordre de 500 °C maximum.



Figure 03: Etuve Memmert.

D'autres appareils ont été aussi utilisés



Figure 04: Bain-marie.



Figure 05: Balance de précision.

• **Verrerie et petit matériel**

*Tube à essai

*Béchers

*Erlenmeyers

*Papier aluminium

*Embouts

*Micropipettes

*Pipettes graduées

*Verres de montre

*Spatules

*Gants

*Eppendorfs

*Flacons

*Entonnoirs

*Barreaux magnétiques

*Portoirs

✚ **Produits et réactifs chimiques**

Tableau 01: Réactifs et produits chimiques.

Solution DPPH	
DPPH.....	6mg
MeOH.....	100ml
Solution ABTs	
ABTs (7Mm).....	19.2mg
H ₂ O.....	5ml
K ₂ S ₂ O ₈ (2.45).....	3.3mg

H₂O.....5ml

16 heures à l'abri de la lumière.

Acétate d'ammonium (AcNH₄)

AcNH₄.....1,927g

H₂O.....25ml

Chlorure de cuivre (II) (Cu Cl₂, 2H₂O)

(Cu Cl₂, 2H₂O).....0,042625g

H₂O.....25ml

Neocupronin

Neocupronin.....0,039g

MeOH.....25ml

Glavinoxyl à (0,1mM)

Glavinoxyl.....4mg

MeOH.....100mg

Folin Ciocalteu (FCR) (2M) dilué 10 fois

FCR.....1ml

H₂O.....9ml

Carbonate de sodium (Na₂CO₃, 7,5%)

Na₂CO₃.....7,5g

H₂O.....100ml

Nitrate d'aluminium (Al(NO₃)₃, 9H₂O)

(Al(NO₃)₃, 9H₂O).....10g

H₂O.....100ml

Acétate de potassium (CH₃COOK, 1M)

CH₃COOK.....9,80ml

H₂O.....100ml

Trichloracétique (TCA) à 10%

TCA.....1g

H₂O.....10ml

Phenantroline à (0.5%)

1,10-phenantroline.....0,05g

MeOH.....10ml

Chlorure ferrique FeCl₃ à (0,2%)

FeCl₃.....0,02g

H₂O.....10ml

Réactif Mayer

Iodure de potassium (KI).....10g

Chlorure de mercure (HgCl₂).....2,70g

H₂O.....20ml

Solution de Feheling

Solution A

Sulfate de cuivre7g

H₂O.....100ml

Solution B

Tartrate double de sodium et de potassium.....34,6g

Hydroxyde de sodium.....10g

H₂O.....100ml

Préparation de NaOH

Hydroxyde de sodium.....2g

H₂O.....50ml

Equipement et appareils	Verreries et petit matériel	Réactifs et produits chimiques
<ul style="list-style-type: none"> - Agitateur - Bain marie - Balance de précision - Etuve - Un lecteur microplaque (Perkin Elmer, Enspire) -Spectromètre -Rotavape 	<ul style="list-style-type: none"> -Tube à essai - Béchers - Erlenmeyers - Papier aluminium - Des embouts - Micro pipette - Pipettes graduées - Cuves - Spatule - Gants - Balance - Des eppendorfs 	<ul style="list-style-type: none"> HCl 50 %. - réactif de Mayer - Méthanol - Acide chlorhydrique - FeCl₃ à 1 % - NaOH 1/10 - magnésium - réactif de Fehling - l'éthanol à 96%. - KOH à 1% - Hydroxyle d'amoniac - Carbonate de sodium - Folin-Ciocalteu - 10% nitrate d'aluminium - Potassium acétate - Quercetine - DPPH - BHT - α-tocopherol - K₂S₂O₈ - ABTS - FeCl₂ - ferrozine - Eau distillée

Résumés

Résumé

Avena sativa L. est une plante herbacée annuelle ou bisannuelle de la famille des Poacées (graminées, *Poaceae*). Connue sous le nom el khortal, choufane.

Cleome arabica L. plante vivace de la famille des capparidacées de 30 cm de hauteur, à tiges dressées et ramifiées, *C. arabica* présente de petites feuilles poilues, trifoliées à folioles lancéolées. C'est une plante à odeur fétide, toxique et présente des effets hallucinogènes. Connue sous le nom ذفيرة عربية,

Cette étude effectuée sur les extraits chloroformique, butanolique et acétate d'éthyle des grains de l'*Avena sativa* et les extraits hydro-alcoolique, butanolique et méthanolique des feuilles de *Cleome arabica* L. qui sont obtenus par macération à froid en utilisant comme solvant le méthanol /eau (7/3, V/V).

Les tests phytochimiques ont révélé que ces deux plante sont riche en flavonoïdes, les phénols, flavonoïdes glycosides, quinones libre, anthocyanes, alcaloïdes, flavonoïdes cyanidines dans les parties (graines et feuilles) de la plante, la présence des sucres réducteurs seulement dans les feuilles de *Cleome arabica* et les saponines seulement dans des grains d'*Avena sativa*.

Le dosage des composés phénoliques de la plante *Avena sativa* a montré que l'extrait butanolique est riche en phénols totaux avec une teneur de 134.11µg EAG/mg d'extrait, suivi par l'extrait chloroformique et acétate d'éthyle avec une teneur de 121.15µg/mg et 60.17µg/mg respectivement alors que la quantité des flavonoïdes est estimée à 32.22 µg QE/mg pour l'extrait chloroformique, 12.56 µg QE/mg pour l'extrait butanolique et une teneur de 18.54 µgQE/ml pour l'extrait acétate d'éthyle.

Tandis que le dosage des composés phénoliques de la plante *Cleome arabica* L. a montrés que l'extrait butanolique est le plus riche en phénols avec une teneur de 205.37 µg/mg, suivi par l'extrait méthanolique (69.68 µg GAE/mg) et puis par l'hydro-alcoolique 65.07 µg GAE/mg alors que la quantité des flavonoïdes est estimée à 153.33 µg/mg pour l'extrait butanolique, à 64.79 µg QE/mg pour l'extrait méthanolique et à 33.12 µg QE/mg pour l'extrait hydro-alcoolique.

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour évaluer l'activité antioxydante d'*Avena sativa*.L. Et *Cleome arabica* L. : DPPH, CUPRAC, ABTS, FRAP, Phénanthroline, GOR.

Mots clés :

Avena sativa, *Cleome arabica* L., activité antioxydante, screening phytochimique, DPPH, ABTS, CUPRAC, GOR, FRAP, Phenanthroline.

SUMMARY

Avena sativa L. is a herbaceous plant Annual or biennial from the from the grass family (poaceae), Known as el khortal, choufane.

Cleome arabica L. A perennial plant of the family of capparidacées reaches up to 30 cm tall, with raised and ramified stems. *C. arabica* présente de petites feuilles poilues, trifoliées à folioles lancéolées. It is a plant with a foul odor, toxic and has hallucinogenic effects. Known as ذفيرة عربية, Netil.

This study was carried out on the chloroformic, butanolic and ethyl acetate extracts of *A.sativa* seeds and the hydro-alcoholic, butanolic and methanolic extracts of *Cleome arabica* L. leaves, which are obtained by cold maceration using the solvent methanol / water (7/3, V / V).

Phytochemical tests revealed that these two plants are rich in flavonoids, phenols, flavonoid glycosides, free quinones, anthocyanins, alkaloids, cyanidin flavonoids in the parts (seeds and leaves) of each plant, the presence of reducing sugars only in the leaves of *Cleome arabica* and saponins only in grains of *Avena sativa*.

The dosage of the phenolic compounds of the plant *Avena sativa* showed that butanolic extract is rich in total phenols with a content of 134.11 µg EAG / mg extract., Followed by chloroform extract and ethyl acetate with a content of 121.15 µg / mg and 60.17 µg /mg respectively, whereas the amount of flavonoids is estimated at 32.22 µg EQ / ml for the chloroformic extract., 12.56 µg EQ / mg for the butanolic extract and a content of 18.54 µg EQ / mg for the ethyl acetate extract.

Whereas the determination of the phenolic compounds of the *Cleome arabica* L. plant showed that the butanol extract is the richest in phenols with a content of 205.37 µg / mg, followed by the methanolic extract (69.68 µg GAE / mg) and then the hydro-alcoholic 65.07 µg GAE / mg while the amount of flavonoids is estimated at 153.33 µg / mg for butanol extract. at 64.79 µg EQ / mg for the methanolic extract and at 33.12 µg EQ / mg for the hydroalcoholic extract.

Several methods have been used to evaluate the antioxidant activity of *Avena sativa*.L, and *Cleome arabica* L.: DPPH, CUPRAC, ABTS, FRAP, Phenanthroline, GOR.

KEYWORDS

Avena sativa, *Cleome arabica* L. antioxidant activity, screening phytochimique, DPPH, ABTS, CUPRAC, GOR, FRAP, Phenanthroline.

ملخص

Aveva sativa L. هو نبات عشبي سنوي او كل سنتين. معروف باسم شوك الخرطال او الشوفان.

cleome arabica L. هو نبات معمر طوله 30سم، سيقانه منتصبه ومتفرعة. يحتوي هذا النبات على أوراق صغيرة

وتلاثية كما يتميز برائحته الكريهة والسامة، يصنف هذا النبات من بين النباتات ذات تأثيرات مهلوسة وهو معروف أيضا باسم الذفرة العربية.

نفتت هذه الدراسة على كل من مستخلص الكلوروفورم، البوتانول وأستات الإثيل لبذور الشوفان *Avena sativa L.* ومستخلص الكحول المائي، البوتانول والميثانول لأوراق الذفرة العربية *Cleome arabica L.* التي تم الحصول عليها بواسطة النقع باستخدام الماء / ميثانول (70/30).

كشفت الفحوصات الكيميائية النباتية أن كلا النباتين غنيتان بالفلافونويدات flavonoïdes، الفينولات phénols، جليكوسيدات الفلافونويد flavonoïdes glucosides، الكينونات الحرة quinones libres، الأنثوسيانيدين anthocyanidines، القلويدات alcaloïdes، الفلافونويد السياندين flavonoïdes cyanidines في بذور الشوفان وأوراق الذفرة العربية، أما السكريات المختزلة sucres réducteurs فتوجد فقط في أوراق *Cleome arabica* والصابونين saponines فقط في بذور *Avena sativa*.

أظهر التقدير الكمي الإجمالي لكل من الفينولات والفلافونويدات أن مستخلصات النباتين غنية بهاته المركبات.

تم استخدام عدة طرق لتقييم نشاط مضادات الأكسدة في *Avena sativa L.* ، DPPH ، *Cleome arabica L.* ، GOR ، Phenanthroline ، FRAP ، ABTS ، CUPRAC

كلمات مفتاحية:

Avena sativa، *Cleome arabica L.*، نشاط مضادات الأكسدة، الفحص الكيميائي النباتي، DPPH، CUPRAC، ABTS، FRAP، Phenanthroline، GOR.

Etude de l'activité antioxydante des extraits de deux plantes :
Avena sativa L. et *Cleome arabica* L.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie de la nutrition

Résumé :

Avena sativa L. est une plante herbacée annuelle ou bisannuelle de la famille des Poacées (graminées, *Poaceae*).

Connue sous le nom el khortal, choufane.

Cleome arabica L. plante vivace de la famille des capparidacées de 30 cm de hauteur, à tiges dressées et ramifiées, *C. arabica* présente de petites feuilles poilues, trifoliées à folioles lancéolées. C'est une plante à odeur fétide, toxique et présente des effets hallucinogènes. Connue sous le nom ذفيرة عربية,

Cette étude effectuée sur les extraits chloroformique, butanolique et acétate d'éthyle des grains de l'*Avena sativa* et les extraits hydro-alcoolique, butanolique et méthanolique des feuilles de *Cleome arabica* L. qui sont obtenus par macération à froid en utilisant comme solvant le méthanol /eau (7/3, V/V).

Les tests phytochimiques ont révélé que ces deux plante sont riche en flavonoïdes, les phénols, flavonoïdes glycosides, quinones libre, anthocyanes, alcaloïdes, flavonoïdes cyanidines dans les parties (graines et feuilles) de la plante, la présence des sucres réducteurs seulement dans les feuilles de *Cleome arabica* et les saponines seulement dans des grains d'*Avena sativa*.

Le dosage des composés phénoliques de la plante *Avena sativa* a montré que l'extrait butanolique est riche en phénols totaux avec une teneur de 134.11µg EAG/mg d'extrait, suivi par l'extrait chloroformique et acétate d'éthyle avec une teneur de 121.15µg/mg et 60.17µg/mg respectivement alors que la quantité des flavonoïdes est estimée à 32.22 µg QE/mg pour l'extrait chloroformique ., 12.56 µgQE/mg pour l'extrait butanolique et une teneur de 18.54 µgQE/mg pour l'extrait acétate d'éthyle.

Tandis que le dosage des composés phénoliques de la plante *Cleome arabica* L. a montrés que l'extrait butanolique est le plus riche en phénols avec une teneur de 205.37 µg/mg, suivi par l'extrait méthanolique (69.68 µg GAE/mg) et puis par l'hydro-alcoolique 65.07 µg GAE/mg alors que la quantité des flavonoïdes est estimée à 153.33 µg/mg pour l'extrait butanolique, à 64.79 µg QE/mg pour l'extrait méthanolique et à 33.12 µg QE/mg pour l'extrait hydro-alcoolique.

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour évaluer l'activité antioxydante d'*Avena sativa*.L. Et *Cleome arabica* L. : DPPH, CUPRAC, ABTS, FRAP, Phénanthroline, GOR

Mots clés : *Avena sativa* L., *Cleome arabica* L., Activité antioxydante, screening phytochimique, DPPH, ABTS, CUPRAC, GOR, FRAP, Phenanthroline.

Date de soutenance : 16/07/2019