



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université Amar Thelidji- Laghouat



FACULTE : TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : **Mahmoud Mechikel**
Habati Raid

DOMAINE : Sciences et Technologies
FILIERE : Génie des Procédés
OPTION : Génie des Procédés de l'environnement

Thème

**Etude de l'effet du solvants sur l'activité
antioxydant des extrait phénolique «Laurus
nobilis »**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
MERIGUI Khaled	MAA	Président
MECHRAOUI Omar	MCA	Examineur
GUENANE Hadjira	MCA	Rapporteur
DJEKIDEL Alia	Doctorante	Co-rapporteur

Promotion : JUIN 2024

REMERCIEMENTS

Avant tout nous tenons à remercier le bon Dieu, le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donné pour la réalisation de ce modeste travail.

Par ailleurs, nos parents qui ont sacrifié tous leurs efforts et leurs moyens pour nous soutenir durant toutes nos études.

Notre premier mot de remerciements, va naturellement vers notre promotrice Mademoiselle GUENANE Hadjira d'avoir acceptée de diriger ce travail.

Nous remercions également DJEKIDEL Alia, doctorante à l'Université Ammar Theliji, pour les efforts qu'elle a déployés à nos côtés.

Nous exprimons toute notre reconnaissance envers les membres du jury Mr MECHRAOUI OMAR et Mr KHALED MERIGUE avoir accepté de juger notre modeste travail.

A ces remerciements, nous tenons à associer tous les enseignants de département de Génie des procédés pour leur soutien et leurs encouragements.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous remercions aussi Nos familles, nos proches et nos camarades.

DEDICACE

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU

De m'avoir donné la force et le courage de mener

À bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A ma tendre mère OUM ELKHAIR et mon très cher père L'AID

A mes sœur

A mon binôme : RAID HABATI

A mes meilleurs amis :

Raid, Kada, Nail Mohamed, bachir, Abdel rahmen, Dahou

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

DEDICACE

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU
De m'avoir donné la force et le courage de mener
À bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A ma tendre mère Z. FATIMA et mon très cher père AHMED

A mes sœur

A mon binôme : MAHMOUD MECHIKEL

A mes meilleurs amis :

Mahmoud, Kada, bachir, Abdel rahmen, I. boukhalkhal

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Table de matières

<i>Remerciements</i>	9
<i>DEDICACE</i>	
<i>Table de matières</i>	
<i>Liste des figures</i>	
<i>Liste des tableaux</i>	
INTRODUCTION GENERALE	9
Chapitre I	11
<i>Synthèse bibliographique</i>	<i>12</i>
<i>I.Généralités sur la plante étudiée</i>	<i>13</i>
<i>I.1. Laurus Nobilis (Laurier)</i>	<i>13</i>
<i>I.1.1.1.Origine et distribution de la plante</i>	<i>13</i>
<i>I.1.1.2.Description botanique de Laurus nobilis</i>	<i>13</i>
<i>I.1.2Utilisation traditionnelle et propriété pharmaceutique</i>	<i>14</i>
<i>I.1.2.1 Utilisation Traditionnelle</i>	<i>14</i>
<i>I.1.2.2Activités biologiques</i>	<i>14</i>
I.2. COMPOSÉS PHÉNOLIQUES (POLYPHÉNOLS)	15
<i>I.2.1. Généralités</i>	<i>15</i>
<i>I.2.2. Différentes classes des polyphénols</i>	<i>15</i>
<i>I.2.2.1. Phénols simples et les acides phénoliques</i>	<i>15</i>
<i>I.2.2.2. Acides hydroxybenzoïques</i>	<i>16</i>
<i>I.2.2.3. Acides hydrox-cinnamiques</i>	<i>16</i>
<i>I.2.2.4. Stilbènes</i>	<i>17</i>
<i>I.2.2.5. Flavonoïdes</i>	<i>17</i>
<i>I.2.2.6. Tanins</i>	<i>17</i>
<i>I.3. Propriété thérapeutique des composés phénoliques</i>	<i>18</i>
<i>I.3.1.Contre les maladies cardiovasculaires</i>	<i>18</i>
<i>I.3.2.Activité anti-cancérogène</i>	<i>18</i>
<i>I.3.3.Activité anti-inflammatoire</i>	<i>18</i>
I.4. RADICAUX LIBRES ET LES ANTIOXYDANTS	19
<i>I.4.1. Stress oxydatif</i>	<i>19</i>
<i>I.4.2. Radicaux libres</i>	<i>19</i>
<i>I.4.3. Nature des radicaux libres</i>	<i>19</i>
<i>I.4.3.1. Espèces réactives de l'oxygène (ERO)</i>	<i>19</i>

• <i>Anion superoxydes</i>	19
• <i>Radical hydroxyle</i>	19
• <i>Peroxyde d'hydrogène H₂O₂</i>	20
• <i>Oxygène singulet O₂•</i>	20
<i>I.4.4. Antioxydants</i>	20
<i>I.4.4.1 Systèmes antioxydants</i>	20
<i>I.4.4.1.1. Antioxydants enzymatiques</i>	21
<i>I.4.4.1.2. Antioxydants non enzymatiques</i>	21
<i>I.4.4.2. Utilisation des antioxydants</i>	22
<i>Chapitre II</i>	23
<i>PARTIE EXPERIMENTALE</i>	24
<i>II. Matériels et méthodes</i>	25
<i>II.1. Produits Chimiques Et Instruments :</i>	26
<i>II.2. Préparation des échantillons</i>	27
<i>II.3. L'extraction des composés phénoliques</i>	27
<i>II.4. Analyse quantitative</i>	28
<i>II.4.1. Dosage de polyphénols totaux</i>	28
<i>II.4.2. Dosage de flavonoïdes</i>	29
<i>II.5. Évaluation de l'activité antioxydante</i>	29
<i>II.5.2. Test de Phosphomolybdate</i>	31
<i>II.5.3. Test de FRAP (Ferric Reducing antioxidant Power)</i>	32
<i>CHAPITRE III</i>	34
<i>RESULTAT</i>	35
<i>ET DISCUSSION</i>	35
<i>III. Résultats et discussion</i>	36
<i>III.1. Dosage de polyphénols totaux et Flavonoïdes</i>	36
<i>III.2. Activité antioxydante :</i>	37
<i>III.3. Test de Phosphomolybdate</i>	38
<i>III.4. Test de la réduction du fer (FRAP)</i>	39
<i>Conclusion</i>	41
<i>Référence</i>	
<i>ANNEXE</i>	

Liste des figures

Figure 1: <i>Laurus nobilis</i> (jardinage.lemonde.fr).....	13
Figure 2: Structure chimique du noyau phénol.	15
Figure 3: Quelques exemples des acides hydroxybenzoïques.	16
Figure 4: Quelques exemples des acides hydroxy-cinnamiques.....	16
Figure 5: Quelques exemples des structures chimiques des stilbènes.....	17
Figure 6: Organigramme expliquant les différentes étapes dans ce travail	25
Figure 7: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	28
Figure 8: Courbe d'étalonnage de la rutine.	29
Figure 9: Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• (Fettah, 2019)	30
Figure 10: Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.....	31
Figure 11: Réaction d'un antioxydant avec le FRAP.....	32
Figure 12: Résultats du dosage des polyphénols et flavonoïdes de chaque solvant	37

Liste des tableaux

Tableau 1: Principaux antioxydants non enzymatiques et sources alimentaires associées. -----	22
Tableau 2: Produits Chimiques Et Instruments -----	26
Tableau 3: teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes de chaque solvant -----	36
Tableau 4: Les valeurs des IC50 trouvées pour tous les extraits des trois solvants étudiés pour le DPPH de <i>Laurus nobilis</i> -----	37
Tableau 5: Les valeurs VCEAC des extraits étudiés mesurées par le test du Phosphomolybdate et le test de FRAP de feuilles de <i>Laurus nobilis</i> -----	Error! Bookmark not defined.

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

À travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales dans le but de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des hommes. Depuis l'Antiquité, ces plantes ont joué un rôle essentiel dans les pratiques thérapeutiques de nombreuses civilisations à travers le monde (**Zekhnini A. and Hatimi A. 2015**).

Aujourd'hui, les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments, considérées comme une source de matière première inestimable pour la découverte de molécules bioactives nécessaires à la mise au point de futurs traitements. En effet, les propriétés thérapeutiques des plantes sont dues à la présence de centaines, voire des milliers de composés naturels bioactifs appelés métabolites secondaires. Ces derniers sont par la suite accumulés dans différents organes et parfois dans des cellules spécialisées de la plante (**Barla et al. 2007**).

Parmi ces métabolites secondaires, on retrouve de nombreuses familles de composés doués d'activités biologiques, telles que les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes. Ces molécules naturelles suscitent un intérêt grandissant dans le domaine de la recherche pharmaceutique et nutraceutique, en raison de leurs propriétés bénéfiques pour la santé, notamment leurs vertus antioxydantes. (**Iserin, 2001**).

Dans notre présente étude, nous nous intéressons plus particulièrement à l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Laurus nobilis* (laurier noble), une plante aromatique et médicinale appartenant à la famille des Lauracées et largement répandue dans la région méditerranéenne. Cette activité antioxydante des extraits de *Laurus nobilis* suscite un intérêt croissant dans le domaine de la valorisation des plantes médicinales, en raison de leurs potentielles applications dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique et alimentaire (**Bruneton., 1993**).

Ainsi, l'étude approfondie des propriétés antioxydantes de cette plante aromatique constitue un axe de recherche important pour mieux comprendre et exploiter son potentiel thérapeutique et nutraceutique

Dans le cadre de cette étude, ce mémoire est composé de Trois chapitre. Dans le premier chapitre de ce manuscrit, nous avons commencé par une étude bibliographique des *Laurus nobilis* (les caractères botaniques et la systématique) des différentes espèces végétales, l'intérêt biologique et quelques travaux antérieurs réalisés sur cette plante et les composés phénoliques, leur biosynthèse, les huiles essentielles en présentant leurs différentes structures chimiques, ainsi que leur intérêt thérapeutique

Dans le deuxième chapitre, nous avons envisagé la partie expérimentale qui se déroule en

Deux axes :

Dans le premier axe, nous avons réalisé l'extraction et la détermination des teneurs en Composés phénoliques (phénols totaux, flavonoïdes).

Dans le deuxième axe, nous nous sommes intéressés à évaluer le pouvoir antioxydant des extraits des plantes par quatre techniques chimiques (piégeage du radical DPPH, test phosphomolybdate et test de FRAP)

Dans le troisième chapitre, nous avons rapporté les résultats obtenus entre autre les teneurs des composés phénoliques, l'étude de l'activité antioxydante des extraits de *Laurus nobilis*. Enfin le travail est clôturé pconclusion (**Park et al, 2001**

Chapitre I

Synthèse
bibliographique

I. Généralités sur la plante étudiée

I.1. Laurus Nobilis (Laurier)

Laurus nobilis L., membre de la famille des lauracées qui renferme 32 genres et environ 2000-2500 espèces (**Barla et al. 2007**). *Laurus*, nom latin, d'origine celte qui veut dire « Toujours vert » allusion au feuillage persistant de la plante (**Pariente, 2001**).

Les feuilles sont largement appliquées et connues comme assaisonnement et herbe médicinale depuis les périodes antiques grecs et romain (**Demir et al. 2004**). Il est intéressant de noter que cette herbe qui était pendant longtemps employée dans l'alimentation comme condiment et en médecine traditionnelle a, en fait, des propriétés qui peuvent suggérer de nouvelles applications (**Ferreira et al. 2006**).

I.1.1.1. Origine et distribution de la plante

Originnaire du bassin méditerranéen, *Laurus nobilis* L. pousse dans les lieux humides et ombragés, mais également dans les jardins, où elle est cultivée comme condiment (**Iserin, 2001**).

Actuellement, la plante est largement cultivée dans beaucoup de pays comme plante ornementale et pour la production commerciale tels que la Turquie, l'Algérie, la France, la Grèce, le Maroc, l'Amérique centrale et les États-Unis Méridionaux (**Demir et al. 2004 ; Barla et al. 2007**).

I.1.1.2. Description botanique de *Laurus nobilis*

Laurus nobilis, Arbuste ou arbre aromatique de 2 à 10 m de haut à tige droite grise dans sa partie basse et verte en haut. Ses feuilles sont alternées, coriaces, légèrement ondulées sur les bords, longues de 16 cm sur 8 cm de large, persistantes vert foncé et glacées sur leur face supérieure et plus pâle en dessous. Les fleurs sont dioïques (petites fleurs mâles et femelles sur des pieds séparés), jaunes, groupées par 4 à 5 en petites ombelles. Le fruit est une petite baie ovoïde de 2 cm de longueur sur 1 cm de largeur, noir vernissé à maturité. (**Iserin, 2001 ; Demir et al., 2004 ; Beloued, 2005**).



Figure 1: *Laurus nobilis* (jardinage.lemonde.fr)

I.1.2 Utilisation traditionnelle et propriété pharmaceutique

I.1.2.1 Utilisation Traditionnelle

Alimentation Le laurier noble a été utilisé pendant des milliers d'années pour aromatiser les aliments, apportant une saveur distinctive à de nombreux plats, notamment dans les cuisines méditerranéennes 2. **Médecine Traditionnelle** : En médecine traditionnelle, le laurier noble est intégré pour ses diverses propriétés bénéfiques, notamment en tant qu'antidiabétique, anti convulsant et antifongique.

Essence Son huile essentielle a été utilisée pour ses activités anti convulsantes, analgésiques et anti-inflammatoires, démontrant des effets positifs sur la santé.

Autres Usages Le laurier noble est également utilisé en aromathérapie et en massage thérapeutique. Ses feuilles peuvent être utilisées pour faire des cataplasmes contre les irritations cutanées. Ainsi, le laurier noble a été largement utilisé dans la médecine traditionnelle et la cuisine pendant des siècles, tirant parti de ses propriétés aromatiques, médicinales et thérapeutiques.

I.1.2.2 Activités biologiques

Les différents composés de *Laurus nobilis* confèrent à la plante diverses activités biologiques :

- **Propriétés antioxydants** Les composés phénoliques et les huiles essentielles ont montré des effets antioxydants intéressants.
- **Activités anti-inflammatoires et antidiabétiques** Les feuilles et les fruits ont démontré des propriétés anti-inflammatoires et antidiabétiques potentielles.
- **Activité anti diarrhéique** Certains composés du laurier noble ont des effets anti diarrhéiques.
- **Propriétés neuroprotectrices** Des extraits riches en polyphénols ont manifesté des effets neuroprotecteurs prometteurs.

I.2. COMPOSÉS PHÉNOLIQUES (POLYPHÉNOLS)

I.2.1. Généralités

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. À l'heure actuelle, plus de 8000 molécules ont été isolées et identifiées (**Mompon et al. 1998**). Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (**Boizot et Charpentier., 2006**).

Ils sont divisés en plusieurs catégories : anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannins, quinones, acides phénols, xanthones et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représentent le groupe le plus commun et largement distribué (**Bruneton., 1993**).

Et aussi sont des substances ayant des propriétés antioxydantes très importantes, permettant de lutter contre la formation de radicaux libres en excès dans l'organisme (substances qui vont favoriser le vieillissement cellulaire), ils possèdent des propriétés bénéfiques pour la santé (**Kaliliet de Villier, 2011**).

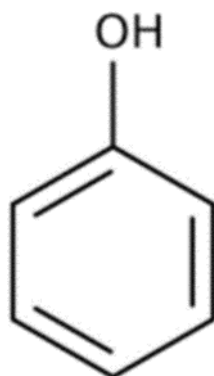


Figure 2: Structure chimique du noyau phénol.

I.2.2. Différentes classes des polyphénols

Les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances chimiques, ils peuvent être classifiés selon le nombre et l'arrangement de leurs atomes de carbones. En simplifiant, les polyphénols sont séparés en 4 grandes classes (**Crozier et al, 2006**).

I.2.2.1. Phénols simples et les acides phénoliques

Le terme d'acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. En phytochimie, l'emploi de cette dénomination est réservé aux seuls dérivés des acides benzoïque et cinnamique (**Bruneton, 1993**).

I.2.2.2. Acides hydroxybenzoïques

Les acides hydroxybenzoïques sont dérivés de l'acide benzoïque et ont une formule de base de type C6-C1. Ils sont particulièrement représentés chez les Gymnospermes et les Angiospermes d'où ils sont souvent libérés après hydrolyse alcaline du matériel végétal. Les acides hydroxybenzoïques existent fréquemment sous formes d'esters ou des glycosides. Les principaux acides hydroxybenzoïques retrouvés dans les végétaux sont les acides phydroxybenzoïque, protocatéchique, vanillique, gallique et syringique (**Bruneton, 1993**).

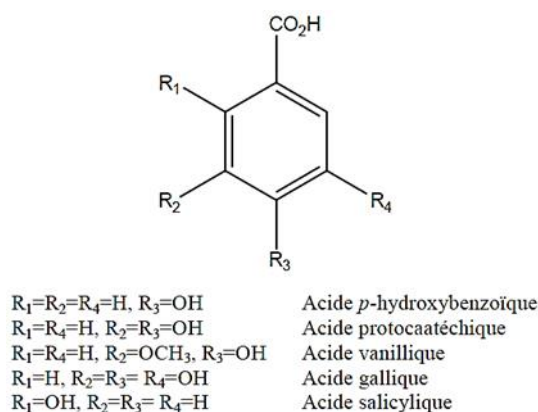


Figure 3: Quelques exemples des acides hydroxybenzoïques.

I.2.2.3. Acides hydroxycinnamiques

Les acides hydroxycinnamiques représentent une classe très importante dont la structure de base C6-C3 dérivé de celle de l'acide cinnamique. De plus, l'existence d'une double liaison dans la chaîne latérale conduit à deux séries isomères (*cis* ou *Z* et *trans* ou *E*) dont les propriétés biologiques peuvent être différentes. Les formes *trans* sont cependant naturellement prépondérantes et il est possible que les formes *cis* ne correspondent qu'à des artefacts d'extraction (**Macheix, 2005**).

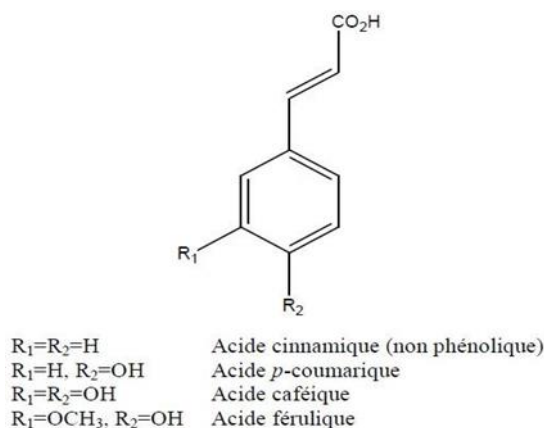


Figure 4: Quelques exemples des acides hydroxycinnamiques.

I.2.2.4. Stilbènes

Les stilbènes présentent une structure en C6-C2-C6, avec un cycle A portant deux fonctions hydroxyles en position méta et un cycle B portant des fonctions hydroxyles ou méthoxyles en métal, ortho et para. Les deux noyaux aromatiques sont reliés par une double liaison. Les stilbènes se trouvent en petites quantités dans l'alimentation humaine (**Belkheiri, 2010**). Leur solubilité est négligeable dans l'eau et accrue dans la plupart des solvants organiques (**Jean-Denis, 2005 ; Crozier et al, 2006**).

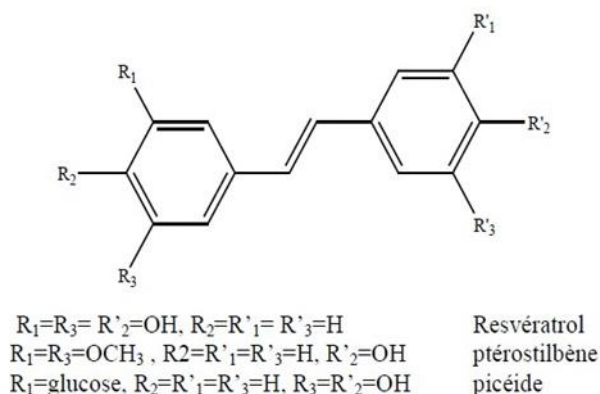


Figure 5: Quelques exemples des structures chimiques des stilbènes.

I.2.2.5. Flavonoïdes

Ils constituent le plus large groupe des phénols dans la plante. Les flavonoïdes identifiés jusqu'à maintenant sont de 4000 composés ; ces pigments sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles aussi sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement UV.

I.2.2.6. Tanins

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structures variées, ayant en commun la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre imputrescible. Ces substances ont en effet la propriété de se combiner aux protéines, ce qui explique leur pouvoir tannant. Très répandu dans le règne végétal, ils peuvent exister dans divers organes, mais on note une accumulation plus particulièrement dans les tissus âgés ou d'origine pathologique.

Ils sont localisés dans les vacuoles, quelques fois combinés aux protéines et aux alcaloïdes. On distingue : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (**Catier et Roux, 2007**).

I.3. Propriété thérapeutique des composés phénoliques

En raison de ces vertus, les composés phénoliques sont largement utilisés dans les domaines thérapeutiques et pharmaceutiques. Parmi les nombreux intérêts qu'offrent les polyphénols à la santé, nous pouvons citer les suivants

I.3.1. Contre les maladies cardiovasculaires

Consommation des polyphénols favorise la protection contre les altérations cardiaques et vasculaires (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**).

Les polyphénols pris lors d'un repas permettraient de lutter contre l'oxydation du mauvais cholestérol(LDL). Cela empêcheraient ainsi les phénomènes à l'origine de l'obstruction des artères.

I.3.2. Activité anti-cancérogène

Les substances polyphénoliques sont capables d'activer les mécanismes naturels de la défense anticancéreuse. En effet, les premiers stades de la phase d'initiation cancéreuse peuvent être bloqués par la capacité des tissus cibles à intercepter et à métaboliser les agents mutagènes (**Ames et al, 1995**).

Récemment, une étude vise à évaluer l'effet hépatoprotecteur de plusieurs polyphénols, plus particulièrement des flavonoïdes sur les dommages causés à l'ADN des cellules hépatiques par divers composés hépatotoxiques et carcinogènes (qui oxydent les bases, et cause de la rupture des deux brins d'ADN). La myricétine et la quercétine ont permis de diminuer la rupture des 2 brins d'ADN (**Delgado et al, 2004**).

I. 3.3. Activité anti-inflammatoire

Des recherches récentes ont démontré que les flavonoïdes, notamment les flavonols, peuvent prévenir de la douleur musculaire en accélérant la réparation des tissus au niveau moléculaire. De manière spécifique, ils inhibent l'enzyme NOS responsable de la synthèse de l'oxyde nitrique, qui est déclencheur chimique de l'inflammation. D'autres études, affirment l'action inhibitrice de ces flavonoïdes, plus particulièrement la lutéoline, l'apigenine, catéchine sur la cyclo-oxygénase enzyme synthétiques des molécules impliquées fortement dans le processus inflammatoire (**Scalbert et al, 2005**).

I.4. RADICAUX LIBRES ET LES ANTIOXYDANTS

I.4.1. Stress oxydatif

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre profond de la balance entre les pro-oxydants et les antioxydants en faveur des premiers (**Pincemail et al, 1999**), ce déséquilibre provient soit d'une production exagérée d'agents oxydants, soit d'une altération des mécanismes de défense (**Morena et al, 2002**).

I.4.2. Radicaux libres

Un radical libre est défini comme toute molécule possédant un ou plusieurs électrons non appariés (**Jacques et André, 2004**), cette molécule est très instable et réagit rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité, une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (**Martínez, 1995**).

I.4.3. Nature des radicaux libres

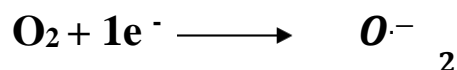
I.4.3.1. Espèces réactives de l'oxygène (ERO)

Notre organisme a besoin d'énergie pour fonctionner correctement. Les cellules transforment les nutriments apportés par l'alimentation en énergie et en eau.

Cette transformation génère environ 2% de molécules d'oxygène. L'oxygène peut s'avérer délétère en raison de son caractère oxydant, il est à l'origine de la formation de dérivés plus réactifs appelés espèces réactives de l'oxygène (**Ichai et al, 2010**).

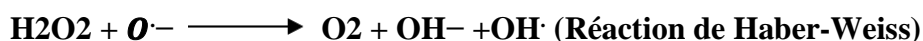
- **Anion superoxydes**

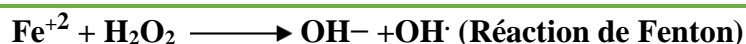
La molécule d'oxygène, en présence d'une quantité d'énergie suffisante, peut acquérir un électron supplémentaire et former ainsi l'anion superoxyde. Cet anion intervient comme facteur oxydant dans de nombreuses réactions (**Koehler, 2006 ; Al-Mamun et al, 2007**).



- **Radical hydroxyle**

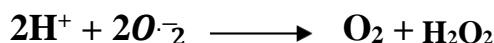
Est formé principalement par la dégradation du H₂O₂ en présence de O₂^{•-} et de métaux de transition sous la forme réduite, comme le présente la réaction de Haber-Weiss, ou par des voies qui ne font pas appel à l'anion superoxyde (réaction de Fenton) (**Lacolley, 2007**).





•Peroxyde d'hydrogène H₂O₂

C'est un oxydant faible, sa demie durée de vie se chiffre en heures. Le H₂O₂ est le résultat d'une dismutation spontanée ou enzymatique (superoxide dismutase "SOD") du radical superoxyde (**Dacosta, 2003**).



Le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) est également un agent oxydant très réactif ; c'est pour cela qu'on l'utilise souvent comme désinfectant et comme agent de blanchiment. S'il n'est pas rapidement détruit, il peut se décomposer et produire des radicaux hydroxyles qui s'attaquent aux macromolécules de la cellule (**Karp, 2010**).

•Oxygène singulet O₂•

Lorsque de l'énergie est apportée à l'oxygène, celui-ci passe à l'état singulet qui représente la forme activée. C'est une forme très énergétique de grande réactivité qui peut oxyder de nombreuses molécules. Il est formé à partir de l'ion superoxyde selon la réaction suivante :



I.4.4. Antioxydants

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui, présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ce substrat (**Park et al, 2001**). Et capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit.

I.4.4.1 Systèmes antioxydants

La nature des systèmes antioxydants diffère selon les tissus et les types cellulaires et selon qu'on se trouve dans le milieu intracellulaire ou extracellulaire. Les défenses antioxydantes de notre organisme peuvent se diviser en deux systèmes : enzymatiques et non enzymatiques.

I.4.4.1.1. Antioxydants enzymatiques

Représentés principalement par trois enzymes :

- Le superoxyde dismutase (SOD).
- La catalase.
- La glutathion peroxydase (GPx).

I.4.4.1.2. Antioxydants non enzymatiques

Ce sont des antioxydants naturels capables de prévenir les dommages oxydatifs. Ils peuvent se comporter comme des piègeurs des radicaux libres par les interventions directes sur les molécules pro-oxydantes ou indirectement, en chélatant les métaux de transition, empêchant ainsi la réaction de Fenton (**Piquet et Hébuterne, 2007**).

Ces agents piègeurs possèdent plusieurs avantages par rapport aux antioxydants enzymatiques, en particulier par leur petite taille qui leur permet de traverser la membrane cellulaire et d'atteindre facilement leurs cibles. Parmi les antioxydants naturels de faible poids moléculaire, on peut citer les plus connus et les plus importants ci-dessous :

• Vitamine E

Le terme générique de vitamine E désigne en fait la famille constituée des tocophérols et tocotriénols, la forme la plus active étant l' α -tocophérol. Cette vitamine est décrite comme étant le principal antioxydant liposoluble dans le plasma chez l'homme. L' α -tocophérol est capable, d'une part, de piéger chimiquement l'oxygène singulet (O_2) en s'oxydant en quinone, d'autre part, de réagir avec le radical hydroxyle ($OH\bullet$) mais son principal rôle biologique est de réagir avec les radicaux peroxydes ($ROO\bullet$) pour former un radical tocophéryl.

• Vitamine C

L'acide L'ascorbique ou vitamine C est présent le plus couramment sous forme d'ascorbate. Il est considéré comme le plus important antioxydant dans les fluides extracellulaires. C'est un piègeur très efficace des anions superoxydes, du peroxyde d'hydrogène, des radicaux hydroxyles et de l'oxygène singulet (**Evans, 2000**). Le rôle antioxydant de la vitamine C est basé sur sa réaction avec les radicaux peroxydes aqueuses, le produit formé étant le radical ascorbyle. En piégeant les radicaux peroxydes dans la phase aqueuse avant qu'ils initient la peroxydation lipidique, la vitamine C protège les biomembranes et lipoprotéines.

Pour la partie d'antioxydants non enzymatiques, le tableau suivant rassemble les principaux antioxydants non enzymatiques et leurs sources alimentaires associées (Tableau I.05) :

Tableau 1: Principaux antioxydants non enzymatiques et sources alimentaires associées.

Principaux nutriments antioxydants	Sources alimentaires
Vitamine C	Agrume, melon, brocoli, fraise, kiwi, choux, poivron
Vitamine E	Huile de tournesol, de soja, de maïs, beurre, œufs, noix
β -carotène	Légumes et fruits orangés et vert foncés
Sélénium	Poisson, œufs, viandes, céréales, volaille
Zinc	Viande, pain complet, légumes verts
Flavonoïdes	Fruits, légumes, thé vert
Acides phénoliques	Céréales complètes, baies, cerises
Tanins	Lentilles, thé, raisins, vin

I.4.4.2. Utilisation des antioxydants

Les antioxydants jouent un rôle important dans le métabolisme humain. Les réactions biochimiques qui ont lieu dans notre organisme produisent des radicaux libres initiant des réactions d'oxydation en chaîne qui ont une action néfaste sur les cellules de notre corps, en les abîmant et en accélérant le processus de vieillissement. Normalement, le corps humain maintient l'équilibre entre les antioxydants et les radicaux libres en produisant simultanément les deux types de substances dans le processus métabolique. Le déséquilibre entre ces deux types de composés conduit à un phénomène appelé stress oxydatif. L'initiation des phénomènes de réactions d'oxydations en chaîne dans l'organisme humain peut conduire à des pathologies comme l'athérosclérose, le cancer, l'infarctus, les allergies, les rhumatismes et d'autres.

- Dans l'industrie chimique : pour éviter le durcissement du caoutchouc ou en métallurgie pour protéger les métaux de l'oxydation.
- Dans l'industrie agro-alimentaire : pour éviter le rancissement des corps gras.
- Dans l'industrie teinturerie : pour éviter l'oxydation des colorants au soufre ou des colorants de cuve lors de la teinture.

Chapitre II

***PARTIE
EXPERIMENTALE***

II. Matériels et méthodes

Notre travail de recherche est réalisé au niveau du laboratoire de génie des procédés de l'université Ammar Telidjide Laghouat, l'ensemble des méthodes expérimentales que nous avons mené dans ce travail se structure comme illustré l'organigramme suivant :

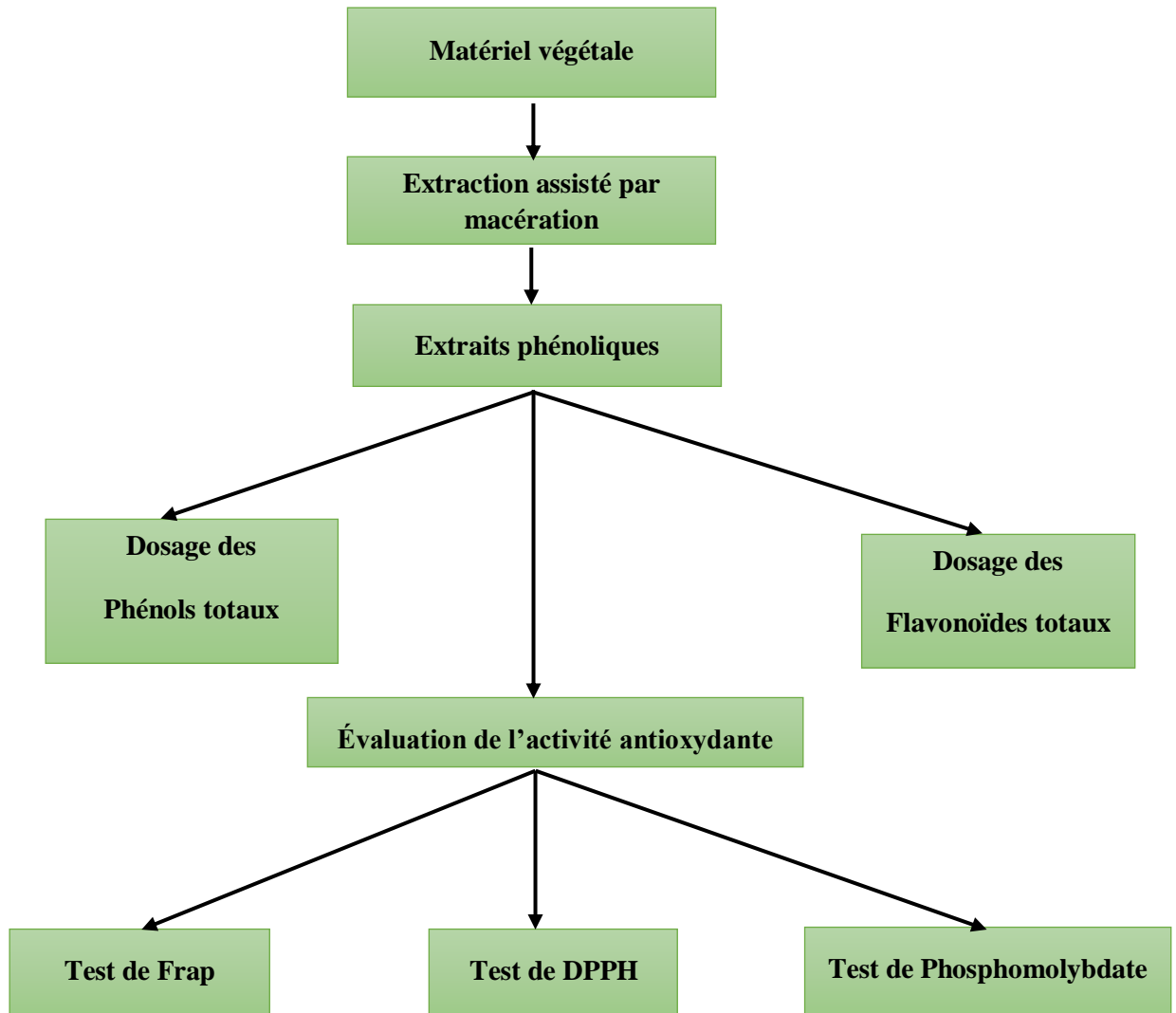


Figure 6: Organigramme expliquant les différentes étapes dans ce travail

II.1. Produits Chimiques Et Instruments :

L'ensemble des Produits Chimiques Et Instruments utilisé pour réaliser cette étude est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 2: Produits Chimiques Et Instruments

Produit	Marque	Instrument	Marque
Éther de pétrole (R-O-R)	ANALAR NORMAPUR		
Méthanol. (CH ₃ -OH)	SIGMA- ALDRICH		
Éthanol (C ₂ H ₆ O)	SIGMA- ALDRICH	Spectrophotomètre UV-vis	SHIMADZU
Folin-Ciocalteu	SIGMA- ALDRICH	Etuve	Memmert
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)	SIGMA- ALDRICH	Balance électrique	KERN ABS
Hexane (C ₆ H ₁₄)	SIGMA- ALDRICH	Vortex	VELP
Monomolybdate d'ammonium (NH ₄) ₂ MoO ₄	BIOCHEM	moulin à café	Moulinex
Acide ascorbique (vitamine C)	ANALAR NORMAPUR	Micropipette	EASY
Rutine	SIGMA- ALDRICH	Bain-marie	Memmert
Chlorure d'aluminium (AlCl ₃)	MERCK	Micropipette	Socorex
DPPH (C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆)	ALDRICH		
Acide sulfurique (H ₂ SO ₄)	SIGMA- ALDRICH		
Hexacyanoferrate de potassium (K ₃ [Fe (CN) ₆])	SIGMA- ALDRICH		
Acide gallique	SIGMA- ALDRICH		
Phosphate monopotassique , (KH ₂ PO ₄)			
Phosphate dipotassique (K ₂ HPO ₄)	SIGMA- ALDRICH		
Chlorure ferrique (FeCl ₃)	BIOCHEM		
Phosphate disodique			

(Na ₂ HPO ₄) SIGMA- ALDRICH			
Acide trichloroacétique (C ₂ HCl ₃ O ₂) SIGMA-ALDRICH			

II.2. Préparation des échantillons

Les échantillons des feuilles de *Laurus nobilis* ont été récoltés de la région bordj snouci (Wilaya de Laghouat) durant les premières semaines de mois juillet 2023. Les feuilles sont séchées à l'ombre pendant un mois, elles ont été broyées à l'aide d'un moulin à café puis tamisées et conservées dans des sacs à papier ou des flacons en verre.

II.3. L'extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques a été procédée comme suit :

Trois solvants ont été utilisés : Méthanol, éthanol et l'hexane dans lesquels une macération de 10 g de la matière végétale dans 100 ml de solvant a été effectuée pendant 72 h. La macération a été suivie par une filtration.

L'extrait a subi une extraction liquide – liquide Pour éliminer les pigments de couleur tels que la chlorophylle d'un extrait végétal, la dépigmentation a été effectuée en utilisant l'éther de pétrole jusqu'à épuisement des pigments, les fractions obtenues ont été conservées dans des flacons bien scellées jusqu'à utilisation (dosage des phénols et des flavonoïdes, l'évaluation de l'activité antioxydante).

II.4. Analyse quantitative

II.4.1. Dosage de polyphénols totaux

La concentration en polyphénols a été déterminée par spectrophotométrie selon la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et al, 1974). Ce réactif de couleur jaune est constitué par un mélange d'acide phospho-tungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque les poly-phénols sont oxydés, ils réduisent le réactif de Folin-Ciocalteu en un complexe ayant une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés (Boizot et Charpentier, 2006).

On met 100 µl d'extrait ou de l'acide gallique sont mélangés avec 200 µl du réactif Folin-Ciocalteu à 10 % et 2 ml d'eau distille, après 2 min on ajoute 1ml de Na₂CO₃ à 7,5 % (m/v). Le mélange est agité et incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 minutes et l'absorbance est mesurée à 760 nm par un spectrophotomètre UV-visible. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g E). En utilisant la courbe d'étalonnage de l'acide gallique comme référence.

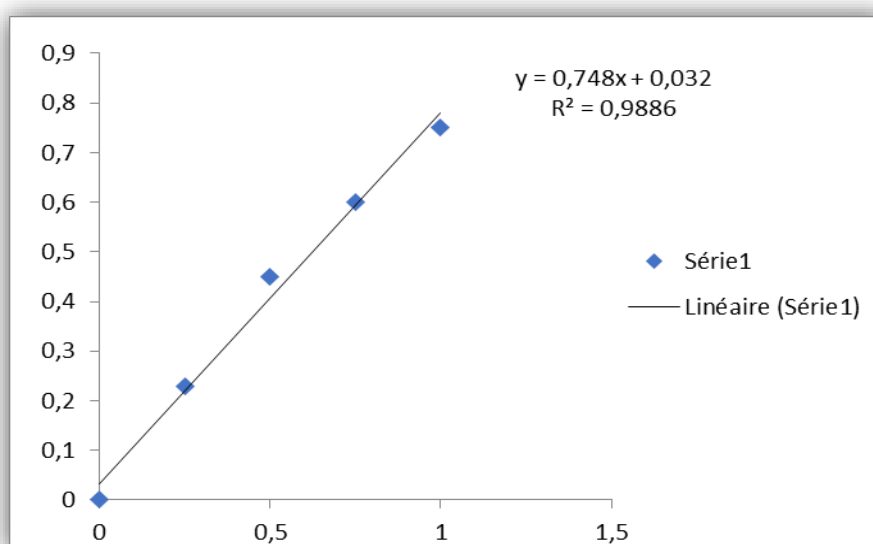


Figure 7: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

II.4.2. Dosage de flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes contenus dans les extraits de feuilles de *thymus capitatus* a été effectué par une méthode basée sur la formation de complexe entre les composés phénoliques et le trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ (méthode colorimétrique) (Bahorun et al., 1996). Les complexes produits sont de couleur jaune absorbent dans le visible à 430 nm.

Le flavonoïde utilisé comme référence dans cette méthode est la rutine. On met 1,5 ml d'extrait ou de rutine, avec 1,5 ml d' $AlCl_3$ à 3,6%, puis le mélange est vigoureusement agité, l'absorbance est lue à 430 nm. La quantification des flavonoïdes se fait en fonction d'une courbe d'étalonnage réalisée par un flavonoïde standard rutine (0- 0,05 mg/ml), et sont exprimées en milligramme d'équivalent de rutine par gramme d'extrait (mg ER/g E).

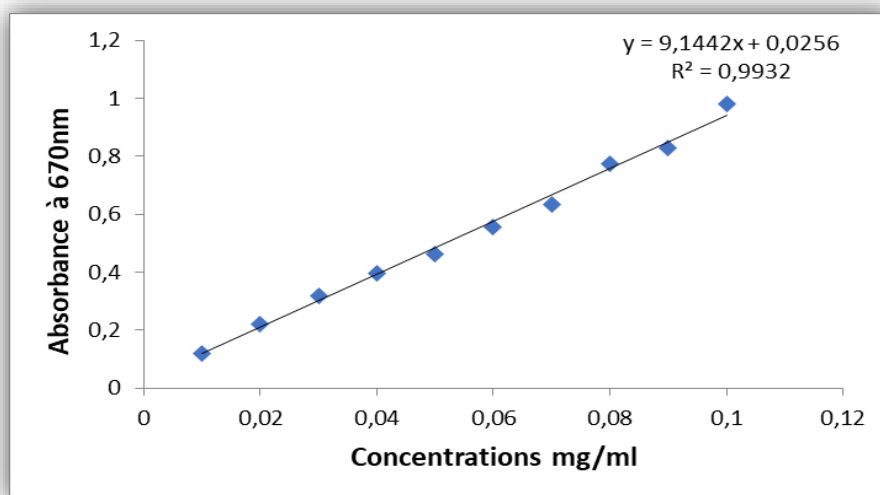


Figure 8: Courbe d'étalonnage de la rutine.

II.5. Évaluation de l'activité antioxydante

Les méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant d'un produit pur ou d'un mélange (l'extrait phénolique) sont nombreuses. Parmi lesquelles on a adopté les méthodes : la méthode de DPPH (2,2-diphényl-2-picryl-hydrazyle), et la méthode de phosphomolybdate et la méthode de FRAP (Ferric Reducing antioxidant Power).

II.5.1. Test de piégeage du radical libre DPPH

a. Principe

Afin d'étudier l'activité anti radicalaire de notre extrait, nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (diphénylpicrylhydrazyl) comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par Bouhamdi, (2012). Le DPPH est caractérisé par une couleur violette dont l'intensité est mesurée à 517 nm. En présence d'un donneur d'hydrogène. Le DPPH est réduit à la forme non radicalaire de couleur jaune pale (forme d'hydrazine) (Figure 9).

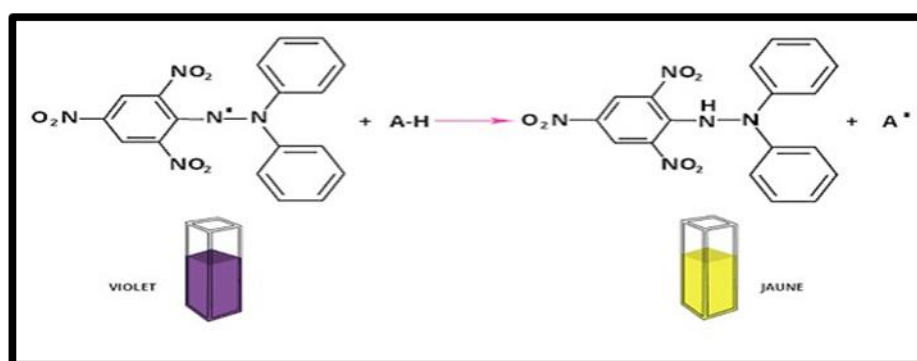


Figure 9: Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• (Fettah, 2019)

b. Mode opératoire

- Nous avons préparé une solution de DPPH (0,024 mg/ml) par solubilisation de 2.4 mg de DPPH dans 100ml de méthanol (La valeur d'absorbance doit être comprise entre 0,7 et 0,8. Si la valeur d'absorbance est supérieure à 0,8 la solution est diluée avec du méthanol).
- Les tubes de dosages contiennent 200µl de différentes concentrations de l'extrait ou de l'acide ascorbique et 1,800 ml de solution de DPPH.
- Le mélange est laissé à l'obscurité à la température ambiante pendant 30 minutes et mesurée à 517 nm.

c. Expression des résultats

L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire}\% = \frac{[\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}]}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

L'étude de la variation de l'activité antiradicalaire en fonction de la concentration des extraits, permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (IC50), une faible valeur de l'IC50 correspondant à une grande efficacité de l'extrait.

Le calcul des IC50 a été réalisé graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des fractions testées. La valeur de l'IC50 est exprimée en mg/ml (3 répétitions pour chaque concentration).

II.5.2. Test de Phosphomolybdate

a. Principe

La méthode de (Prieto et al.1999) a été employée pour évaluer la capacité réductrice des extraits phénoliques. Cette méthode est basée sur la réduction du molybdène de l'étage d'oxydation (VI) à l'étage d'oxydation (V) en présence de l'antioxydant. Cette réduction, se matérialise par la formation d'un complexe verdâtre à un pH acide détectable dans le visible à 695 nm.

b. Mode opératoire

0,2 ml de chaque extrait dilué est ajouté à 2 ml de la solution de réactif phosphomolybdique contenant le Molybdate d'ammonium (1.483%), phosphate de sodium (0.766%) et l'acide sulfurique (10%) préparé dans l'eau distillée. Le mélange a été placé dans un bain marie à une température 95°C pendant 90 minutes. Après refroidissement à une température ambiante, l'absorbance a été mesuré à 695 nm. Une courbe d'étalonnage a été préparée en utilisant différentes concentrations de la vitamine C ; les résultats sont exprimés comme (mmole de vitamine C) par g et la capacité réductrice exprimés en tant qu'équivalent de la vitamine C.

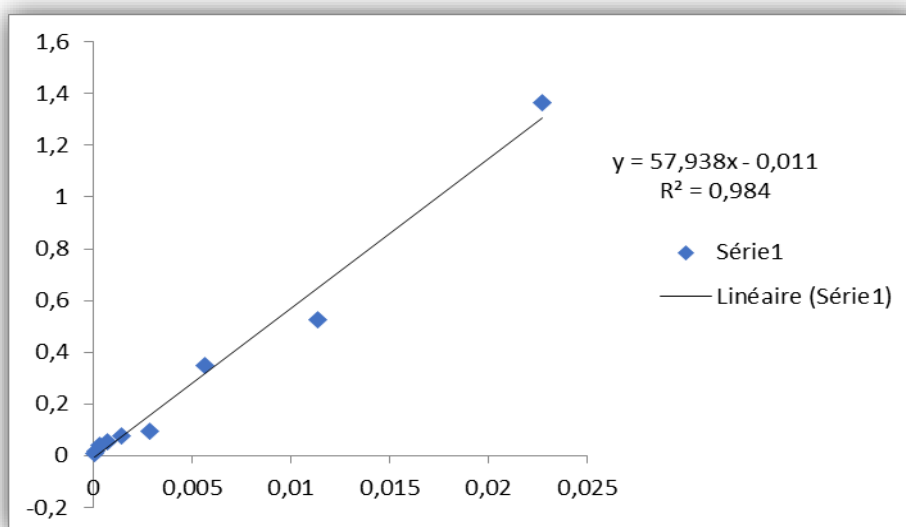


Figure 10: Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.

b. Mode opératoire

Le pouvoir réducteur des extraits est déterminé par la méthode de FRAP (Bassène, 2012). Ainsi, 0,1 ml d'échantillon à différentes concentrations est mélangé avec 2 ml de tampon phosphate (0,2 M ; pH=6,6) et 2 ml d'hexacyanoferrate de potassium [K₃Fe(CN)₆] à 1%. Après une incubation du mélange à 50 °C pendant 20 minutes, 0,2 ml d'acide trichloracétique 10 % y était ajouté, puis les tubes sont centrifugés à 3000 tours/mn pendant 10 minutes. Ensuite, 2 ml du surnageant de chaque tube est mélangé avec 0,2 ml eau distillé et 0,4 ml d'une solution de FeCl₃ à 0,1% et mesurer les absorbances à 700 nm, Une courbe d'étalonnage a été préparée en utilisant différentes concentrations de la vitamine C ; les résultats sont exprimés comme (mmole de vitamine C) par g et la capacité réductrice exprimés en tant qu'équivalent de la vitamine C.

CHAPITRE III

RESULTAT
ET DISCUSSION

III. Résultats et discussion

III.1. Dosage de polyphénols totaux et Flavonoïdes

Les teneurs en polyphénol totaux et flavonoïdes dans les extraits de notre plante sont représentés dans le tableau et la figure suivants :

Tableau 3: teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes de chaque solvant

Les extraits de L.nobilis	Teneurs	
	Polyphénols Mg EAG/g	Flavonoïdes Mg ER/g
Extrait méthanolique	18,016± 0.04	4,136 ± 0.01
Extrait éthanolique	10.02±0.101	2.15±0.063
Extrait hexanolique	1,382 ± 0.094	0,107 ± 0.003

D'après les résultats mentionnés dans le tableau / et la figure / On observe une forte teneur en polyphénols totaux dans l'extrait méthanoïque (**18,016± 0.04 mg EAG/g**), Suivi par l'extrait éthanoïque (**10.02±0.101 mg EAG/g**), tandis que l'extrait de l'hexane révèle le teneur le plus faible en polyphénols totaux (**1,382 ± 0.094 mg EAG/g**).

Pour la teneur de flavonoïdes la plus élevée est l'extrait méthanolique avec une valeur de (**4,136 ± 0.01 mg ER/g**), et l'extrait éthanolique (**2.15±0.063 mg ER/g**) et la plus faible teneur est l'extrait de l'hexane avec une valeur de (**0,107 ± 0.003 mg ER\ g**).

Le rendement d'extraction avec le solvant du méthanol est supérieur à ceux de l'éthanol et l'hexane. Les alcools ont la capacité d'augmenter la perméabilité des parois cellulaires en facilitant l'extraction d'un plus grand nombre de molécules polaires, de moyenne et de faible polarité, ce qui confirme nos résultats. Les différents extraits organiques de notre plante renferment des taux en rendement décroissants : Extrait méthanolique >Extrait éthanolique >Extrait hexanolique, ce qui signifie que les teneurs en extraits varient en fonction de polarité du solvant d'extraction utilisé, la technique d'extraction joue également un rôle important dans le taux de rendement en extrait.

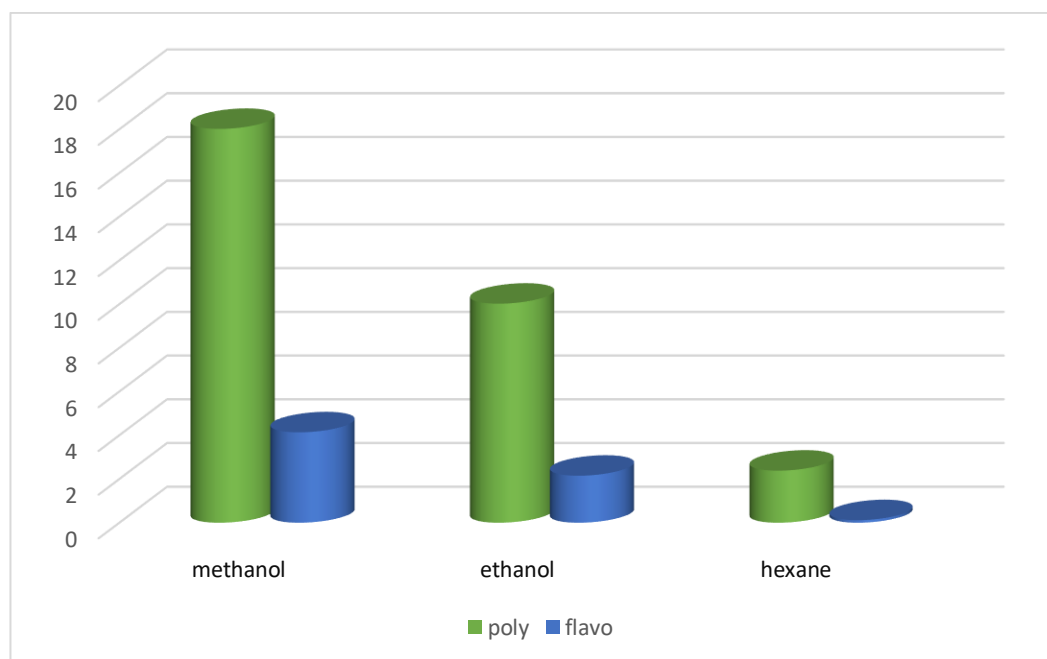


Figure 12: dosage des polyphénols et flavonoïdes de chaque solvant

III.2. Activité antioxydante :

Dans notre étude, nous avons utilisé trois tests afin d'évaluer l'activité antioxydante in vitro : DPPH, FRAP, Phosphomolybdate ces tests sont différents les uns des autres sur le plan de leurs principes, les conditions expérimentales et leur potentiel antioxydant via les extraits.

Les résultats sont exprimés en IC50 qui est défini comme étant la concentration de l'extrait exprimée nécessaire pour balayer 50% du radical DPPH et calculée à partir des courbes de la variation du pourcentage d'inhibition I % en fonction de la concentration de chaque extrait. De même, L'efficacité est estimée à partir de l'activité de l'acide ascorbique comme référence standard. Il faut rappeler que plus la valeur d'IC50 est petite plus l'activité antioxydant des extraits est grande. Les résultats obtenus de ce test sont regroupés dans le tableau et la figure suivante :

Tableau 4: Les valeurs des IC₅₀ trouvées pour tous les extraits des trois solvants étudiés pour le DPPH de *Laurus nobilis*

Les extraits de <i>L.nobilis</i>	IC ₅₀ (µg/ml)
Méthanol	52.95 ± 2,51
Éthanol	57,1 ± 0.273
Hexane	177.12 ± 5,21
Acide ascorbique	0.0011± 0.00095

En comparant les valeurs d'IC₅₀ de tous les extraits par rapport la valeur d'IC₅₀ d'antioxydant standard (**0.001±0.00095mg/ml**). On peut dire que l'extrait méthanolique a montré une meilleure capacité à piéger le radical DPPH• avec de valeur d'IC₅₀ de (**52.95 ± 2,51 µg/ml**), en suite l'extrait éthanolique de (**57,1 ± 0.273 µg/ml**), tandis que, l'activité anti radicalaire la plus faible a été exprimée par l'extrait de l'hexane avec de valeur d'IC₅₀ est 2(**177.12 ± 5,21 µg/ml**).

Les résultats obtenus montrent une augmentation du pourcentage de réduction du DPPH en fonction de la concentration de l'extrait. Ainsi, on remarque que l'extrait méthanolique de *L. nobilis* a un pouvoir anti radicalaire important, mais il reste inférieur à celui du pouvoir de vitamine C (Acide ascorbique) d'IC₅₀= **0.001±0.00095mg/ml**.

III.3. Test de Phosphomolybdate

L'activité antioxydant est mesurée selon un nouveau terme appelé VCEAC (vitamine C Equivalent Antioxydant Capacité). On définit le VCEAC comme la concentration molaire de la solution de vitamine C qui possède un pouvoir réducteur équivalent à solution de concentration 1 M de composé étudié. L'évolution de l'activité antioxydant de nos extraits de *L. nobilis* est comparée par rapport à l'acide ascorbique (vitamine C) Le paramètre VCEAC, plus la valeur de VCEAC est importante, plus le pouvoir antioxydant des extraits est important. Les différentes valeurs de VCEAC calculés pour chaque extrait sont regroupées dans le tableau.

Tableau 5: Les valeurs VCEAC des extraits étudiés mesurées par le test du Phosphomolybdate de feuilles de *L. nobilis*

Les extraits de <i>L. nobilis</i>	Test de Phosphomolybdate VCEAC(M)
Extrait méthanolique	0.355 ± 0,007

Extrait éthanologique	0.236 ± 0.006
Extrait hexanolique	0,013 ± 0.0001

Pour le test de phosphomolybdate L'extrait méthanolique des feuilles de *L. nobilis* montré la capacité antioxydant totale la plus élevée avec de valeur de VCEAC de **(0.355 ± 0,007M)**, suivis par l'extrait éthanologique avec de valeur de **(0.236 ± 0.006M)**. Par contre l'extrait de l'hexane a montré une capacité antioxydante totale plus faible avec de valeur de VCEAC **(0,013 ± 0.0001)**.

III.4. Test de la réduction du fer (FRAP)

Par ce test, on évalue la capacité d'un composé à transformer le Fe^{3+} en Fe^{2+} . On détermine ainsi la capacité de ce composé à donner des électrons. Cette propriété constitue un important mécanisme de l'action antioxydante.

Tableau 6: Les valeurs VCEAC des extraits étudiés mesurées par le test de FRAP de feuilles de *L. nobilis*

Les extraits de <i>L. nobilis</i>	Test de FRAP VCEAC(M)
Extrait méthanolique	0,385 ± 0.0009
Extrait éthanologique	0,270 ± 0.005
Extrait hexanolique	0,037 ± 0.0001

pour le test de FRAP L'extrait méthanolique des feuilles de *L. nobilis* montré la capacité antioxydant totale la plus élevée avec de valeur de VCEAC de **(0,385 ± 0.0009 M)**, suivis par l'extrait éthanologique avec de valeur de **(0,270 ± 0.005M)**. Par contre l'extrait de l'hexane a montré une capacité antioxydante totale plus faible avec de valeur de VCEAC **(0,037 ± 0.0001)**.

D'une manière générale, les extraits du solvant polaire, et moyennement polaire qui sont l'extrait méthanolique et éthanologique ont donné les meilleurs résultats de l'activité antioxydante avec presque tous les tests réalisés suivis par les extraits du solvant faiblement polaire qui sont l'extrait de l'hexane, ce qui signifie que le pouvoir antioxydant des extraits est proportionnel à la polarité des solvants utilisés.

Le grand pouvoir antioxydant enregistré avec nos extraits polaires est attribué à leur richesse en composés phénoliques. Nos résultats sont en accord avec ce qui est annoncé dans la bibliographie par plusieurs auteurs que le pouvoir antioxydant d'un extrait dépend de sa teneur en composés phénoliques (Amri et al. 2015 ; Guettaf et al. 2016, Djermane et al. 2020...).

Conclusion

L'étude a permis d'évaluer les propriétés antioxydantes de *L. nobilis* en utilisant différents solvants d'extraction (éthanol, méthanol et hexane). Les résultats ont montré que les extraits méthanoliques présentent la concentration la plus élevée de polyphénols et de flavonoïdes, suivis par les extraits éthanoliques, tandis que les extraits hexanoliques en contiennent le moins. Cette tendance est également reflétée dans les capacités antioxydantes mesurées par les tests IC_{50} (DPPH), VCEAC (phosphomolybdate) et VCEAC (FRAP), où les extraits méthanoliques ont montré la meilleure activité antioxydante. En revanche, les extraits hexanoliques ont démontré la plus faible efficacité antioxydante.

Ces résultats soulignent l'importance du choix du solvant dans l'extraction des composés bioactifs de *L. nobilis*. Le méthanol s'est avéré être le solvant le plus efficace pour extraire les composés antioxydants, suggérant qu'il pourrait être le solvant de prédilection pour les applications nécessitant des extraits riches en polyphénols et flavonoïdes. Ces conclusions peuvent guider les futures recherches et applications dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et cosmétique, où les propriétés antioxydantes des extraits de *L. nobilis* peuvent être exploitées.

Référence

A

- Amri O., Elguiche R., Tahrouch S., Zekhnini A. and Hatimi A. (2015). Antifungal and Antioxidant Activities of Some Aromatic and Medicinal Plants from the Southwest of Morocco. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(7) : 672-678. (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, édition AFSSAPS2008,

B

- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., luyckx, M., Vasseur, J., Cazin, M., Cazin, J. C. et Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung*, Vol. (46) ; 1086-1089.
- Bassene, E. (2012). *Initiation à la recherche sur les substances naturelles : Extraction-Analyse-Essais Biologiques*. Presses Universitaires de Dakar.
- Baytop, T. (1984). *Therapy with medicinal plants (past and present)*. Istanbul University Publications, 3255, 520)
- Boizot, N. et Charpentier, P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. *Le cahier des techniques de l'Inra*, pp : 79-82.
- Bouhamdi, A. (2012). *Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des feuilles de Pergularia tomentosa L. de la région d'Adrar*. Mémoire de Master en Biochimie appliqué. Université Abou-Bekr Belkaid. Tlemcen, pp : 57- 42.

D

- Djermane, N., Gali, L., Arhab, R., Gherraf, N., Bensouici, C., Erenler, R., ... & Abdessamed, A. (2020). Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial, and enzyme inhibitory activities of *Erucaria uncata* and *Thymeleae hirsuta*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101834.

F

- Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. and Abdelly C. (2008). Phenolic Composition of *Cynara cardunculus* L. Organs and their Biological Activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331: 372-379.
- Fettah, A. (2019). Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydante - antibactérienne) des extraits de la plante *Teucrium Polium* L. sous espèce *Thymoïdes* de la région Beni Souik, Biskra. Thèse de Doctorat en Chimie. Université Mohamed Khider Biskra, 87p.

G

- Guettaf S., Abidli N., Kariche S., Bellebcir L. and Bouriche H. (2016). Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of Aqueous Extract of *Genista Saharæ* (Coss. & Dur.). *Der Pharmacia Lettre*, 8 (1) : 50-60.

H

- Hinneburg, A., & Keim, D. A. (1998). An efficient approach to clustering in large multimedia data bases with noise (Vol. 98, pp. 58-65). *Bibliothek der Universität Konstanz*

P

- Prieto, P, Pineda, M, Aguilar, M. : Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex : Specific application to the determination of vitamin E, *Analytical Biochemistry*, 1999, 269, 337-341.

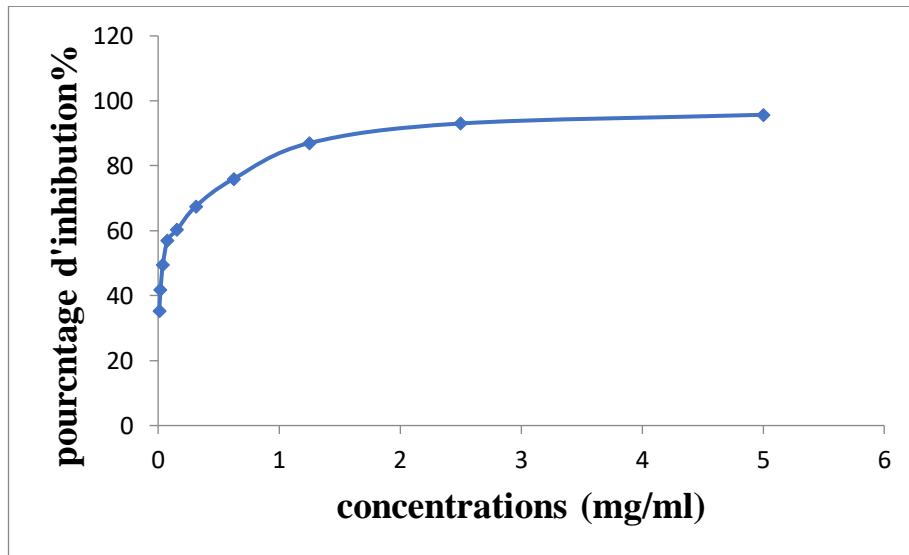
S

- Singleton, A., Vernon, L., Rudol, O., Rosa, M., Lamuel, R. (1974). Analysis of total phenols and other oxidation substances and antioxidants by means of folin-ciocalteu. *Methodes in enzymologie*, 299 ; 152-178.

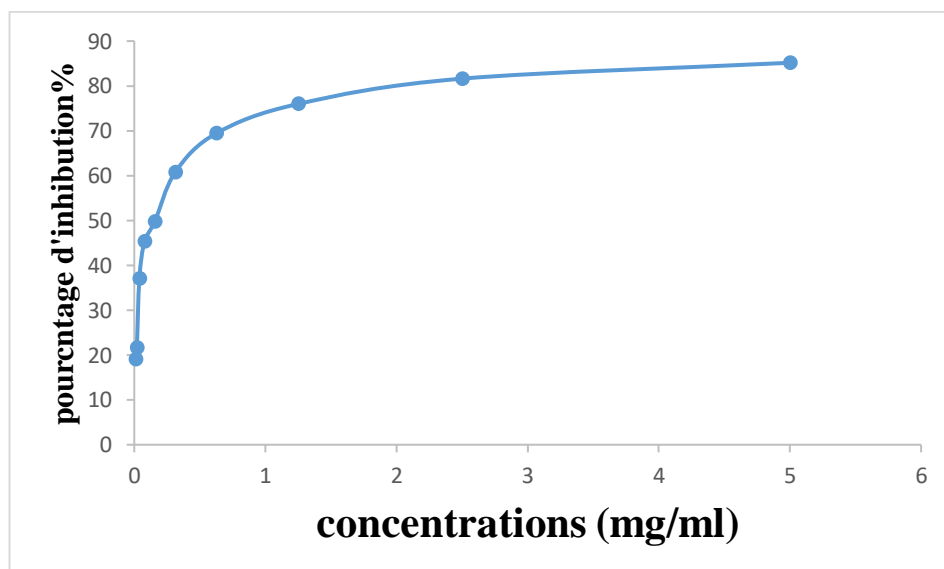
ANNEXE

 **Test de DPPH :**

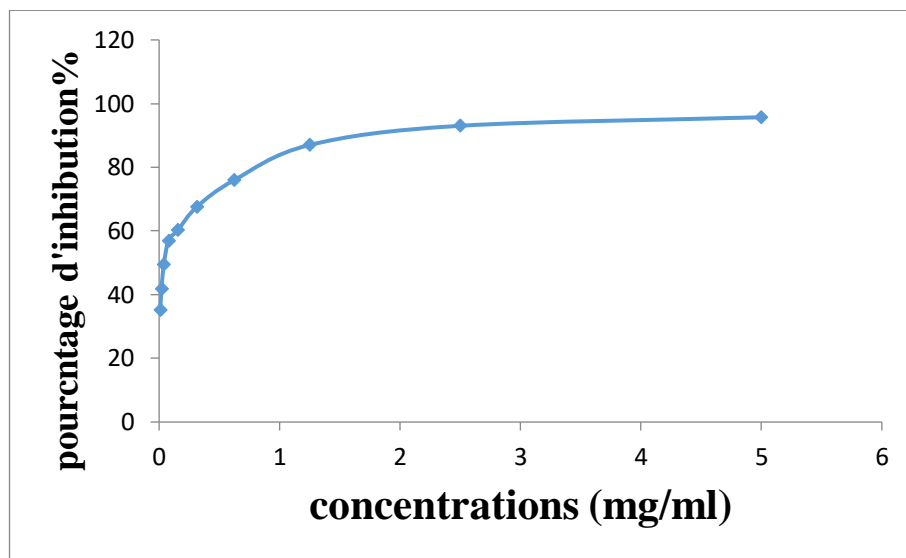
Extrait d'acétate d'éthyle :



Extrait méthanolique :

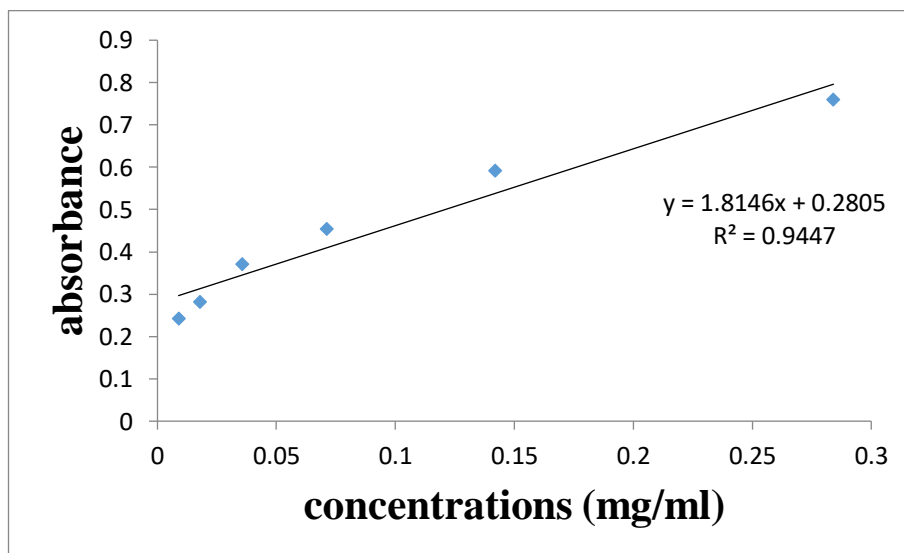


Extrait de l'hexane :

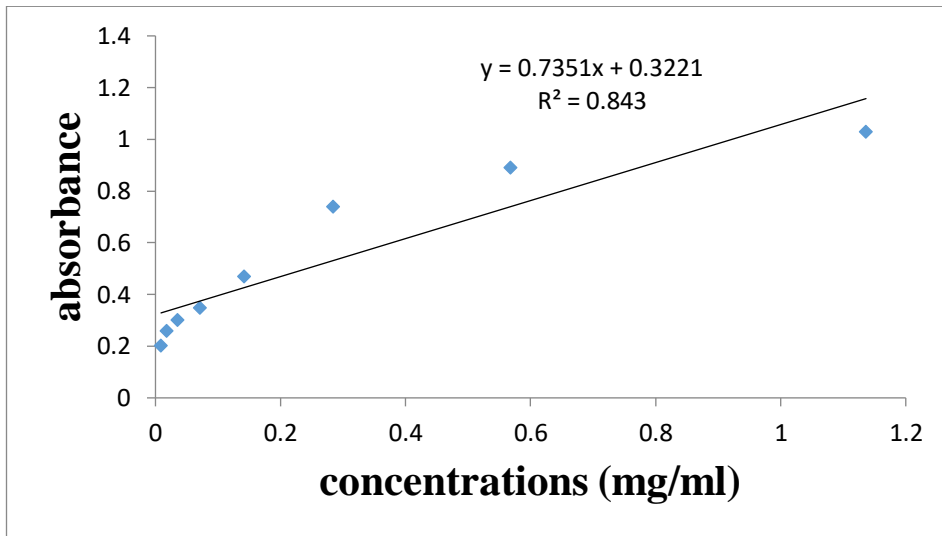


Test de molybdate :

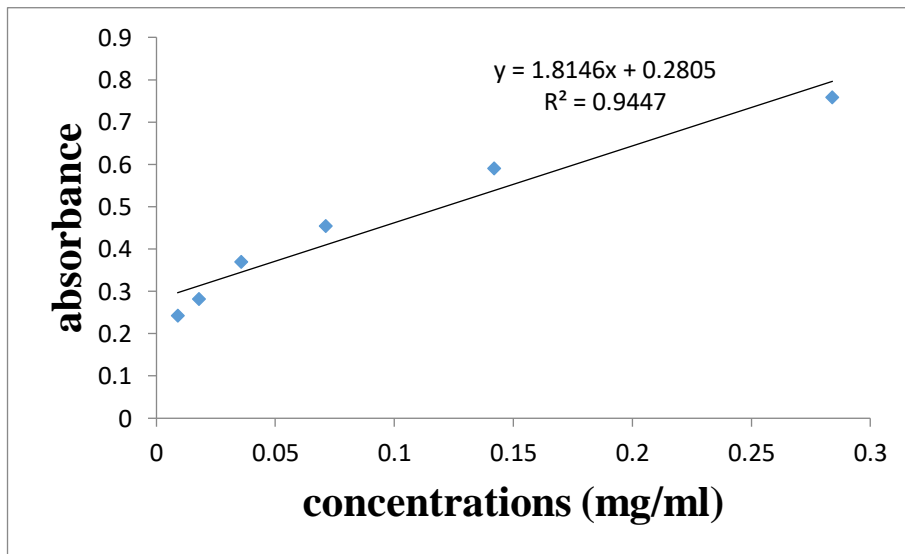
Extrait d'acétate d'éthyle :



Extrait méthanolique :

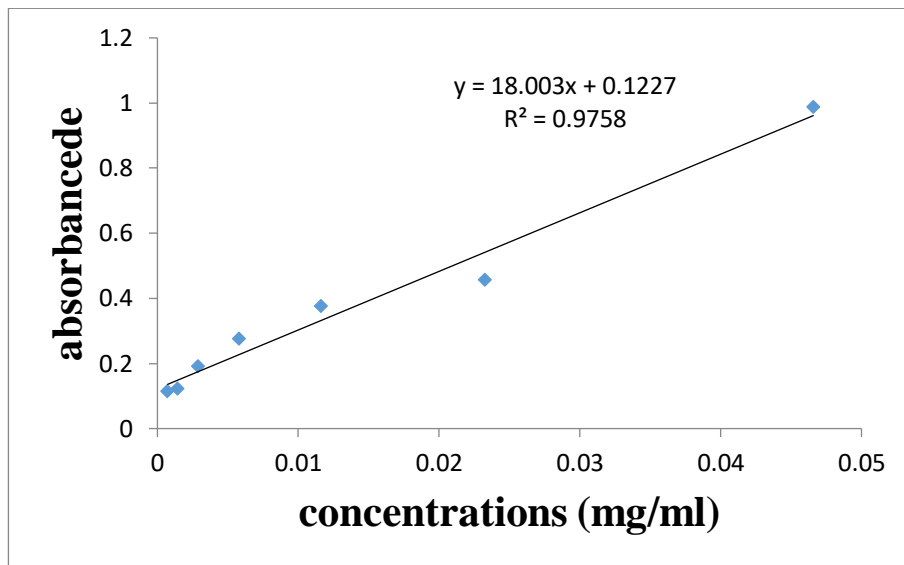


Extrait de l'hexane :

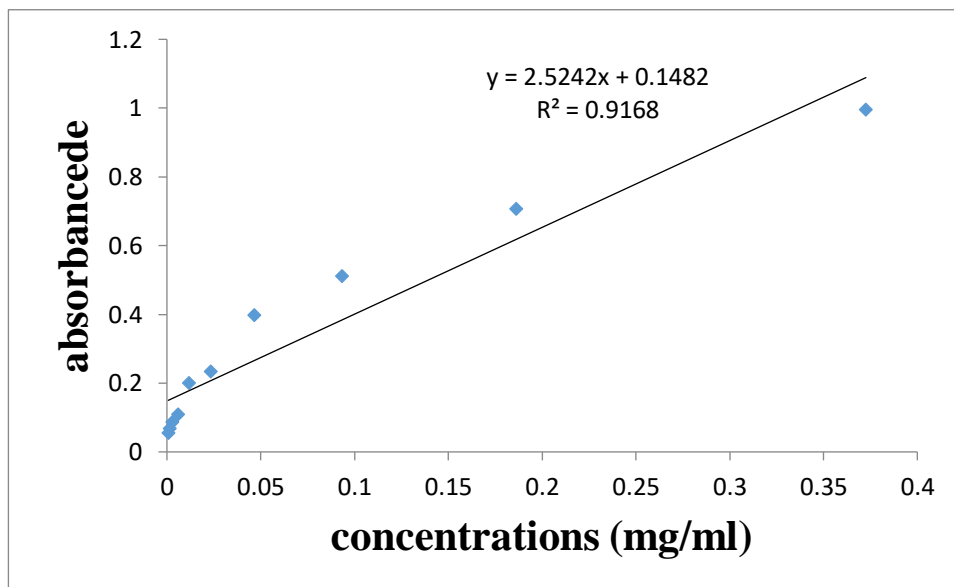


Test de FRAP

Extrait d'acétate d'éthyle :



Extrait méthanolique :



Extrait de l'hexane :

