

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abou Bekr Belkaïd -Tlemcen-  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département de Biologie



Laboratoire de recherche



« Antibiotiques, Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique »

# MÉMOIRE

Présenté par :

**FEKROUNE SIDI MOHAMMED**

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Domaine : SNV

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Thème :

**Étude phytochimique et évaluation du pouvoir  
antioxydant des extraits d'*Urtica dioïca* L.**

Soutenu le 25/06/2023 devant le jury :

Mr LAHFA F. B.	Professeur	Président	Université de Tlemcen
Mr RAHMOUN M. N.	Professeur	Examineur	Université de Tlemcen
Mlle MEZOUAR D.	Maître de conférences A	Promotrice	Université de Tlemcen

Année universitaire 2022/2023

## REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je souhaite exprimer ma gratitude envers **ALLAH tout-puissant** pour m'avoir donné la force et la patience pour réaliser ce travail.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à **Mlle MEZOUAR Dounia**, Maître de conférences A au Département de Biologie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen. Je suis honoré qu'elle ait accepté de superviser ce travail, et je la remercie pour ses précieux conseils, sa disponibilité et surtout sa patience lors des corrections. Je suis reconnaissant de m'avoir guidé avec patience et d'avoir consacré autant de temps à la correction de ce manuscrit.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à **Mr LAHFA Farid Boucif**, Professeur au Département de Biologie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'il me fait en présidant ce jury, en évaluant mon travail et en l'enrichissant de sa grande expertise scientifique. Il est pour moi un professeur inspirant et emblématique. Monsieur, je tiens à vous exprimer mes sincères expressions de respect.

J'adresse également mes remerciements à **Mr RAHMOUN Mohammed Nadjib**, Professeur au Département de Biologie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner mon travail. Je le remercie aussi pour son aimable traitement envers tous les étudiants. Un grand respect pour ce professeur.

Un grand merci à l'ensemble du personnel qui m'a apporté son soutien et son aide : les étudiants, les doctorants et les techniciennes. Votre présence, votre assistance et vos encouragements ont été extrêmement précieux pour moi. Je vous remercie infiniment.

## DÉDICACES

À mes chers parents, cette dédicace est un humble témoignage de mon amour, de ma gratitude et de ma reconnaissance éternelle envers vous. Vous êtes mes piliers, mes guides et mes sources d'inspiration. Chaque succès que j'ai pu accomplir est le reflet de vos valeurs, de votre éducation et de vos enseignements. Vous m'avez inculqué des principes solides, une éthique de travail acharnée et une confiance en moi qui m'a permis de surmonter les défis et de persévérer. Que Dieu vous comble de bénédictions, vous accorde une santé florissante et une vie remplie de bonheur et de sérénité.

Je dédie ce travail également à ma petite famille bien-aimée, à mes frères **Djawed** et **Abderrahim**, à mes sœurs **Amel** et **Kawther**, ainsi qu'à ma petite princesse **Razane**. Que notre lien familial demeure fort. Que nos liens d'amour continuent de grandir et que nous puissions partager encore de nombreux moments heureux ensemble

J'ai une profonde gratitude envers tous mes chers amis et collègues, et il est impossible pour moi d'oublier de l'exprimer. Je tiens particulièrement à remercier mes meilleurs amis, mes frères **Aymen**, **Azzi**, **El-Hadj Yacine**, **Ibrahim**, **Morad**, **Omar**, **Oussama**, **Sifou** et **Zakaria**, pour leur attitude virile et leur soutien inébranlable lors des moments difficiles. Du fond du cœur, je vous adresse mes plus sincères remerciements.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers tous les membres de la famille **Fekroune** et **Bensmaïne** pour m'avoir entouré d'amour et d'encouragement. Votre soutien inconditionnel et votre présence bienveillante ont été une source d'inspiration et de réconfort tout au long de mon parcours. Je vous suis profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

<b>4-HNE</b>	4-Hydroxynonéal
<b>ADN</b>	Acide désoxyribonucléique
<b>AlCl<sub>3</sub></b>	Trichlorure d'aluminium.
<b>APG</b>	Angiosperms Phylogeny Group
<b>APGA</b>	Angiosperms Phylogeny Group Association
<b>APX</b>	Ascorbate peroxydases
<b>CAT</b>	Catalase
<b>CI<sub>50</sub></b>	Concentration inhibitrice à 50 %
<b>DPPH•</b>	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
<b>EAG/mgE</b>	Equivalent acide gallique par milligramme d'extrait.
<b>EAO</b>	Extrait aqueux de l'ortie
<b>EQC/mgE</b>	Equivalent catéchine par milligramme d'extrait.
<b>ERN</b>	Espèces réactives de l'azote
<b>ERO</b>	Espèces réactives de l'oxygène
<b>FeCl<sub>3</sub></b>	Chlorure de fer
<b>GPX</b>	Glutathion peroxydases
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Peroxyde d'hydrogène
<b>H<sub>3</sub>PMO<sub>12</sub>O<sub>40</sub></b>	Acide phosphomolybdique.
<b>H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub></b>	Phosphotungstique.
<b>HDL</b>	High density lipoprotein
<b>HNO<sub>2</sub></b>	Acide nitreux
<b>HO<sub>2</sub></b>	Hydroperoxyde
<b>HOCl</b>	Acide hypochloreux
<b>LDL</b>	Low density lipoprotein
<b>MDA</b>	Malondéaldéhyde
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	Nitrite de sodium.
<b>NaOH</b>	Hydroxyde de sodium
<b>NH<sub>4</sub>OH</b>	Hydroxyde d'ammonium
<b>NO<sup>-</sup></b>	Anion nitroxylique
<b>NO</b>	Monoxyde d'azote
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d'azote
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrate
<b>O<sup>-</sup></b>	Superoxyde
<b>O<sub>2</sub></b>	Dioxygène
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozone
<b>OH</b>	Hydroxyle
<b>ONOO<sup>-</sup></b>	Peroxynitrite
<b>POD</b>	Peroxydase
<b>ROO</b>	Peroxyde
<b>ROOH</b>	Hydroperoxyde organique
<b>SOD</b>	Superoxyde dismutase
<b>v/v</b>	Volume/Volume

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b>	La plante d' <i>Urtica dioïca</i> L.	<b>4</b>
<b>Figure 02</b>	Équilibre redox et stress oxydatif dans les organismes vivants	<b>13</b>
<b>Figure 03</b>	Sources exogènes et endogènes de radicaux libres	<b>14</b>
<b>Figure 04</b>	Parties d' <i>Urtica dioïca</i>	<b>22</b>
<b>Figure 05</b>	Transformation du radical DPPH• en DPPH,H	<b>27</b>
<b>Figure 06</b>	Schéma récapitulatif du protocole expérimental réalisé sur les feuilles, tiges et racines d' <i>Urtica dioïca</i>	<b>28</b>
<b>Figure 07</b>	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	<b>32</b>
<b>Figure 08</b>	Courbe d'étalonnage de la catéchine	<b>33</b>
<b>Figure 09</b>	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'extrait eau/éthanol des feuilles d' <i>Urtica dioïca</i>	<b>34</b>
<b>Figure 10</b>	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'extrait eau/éthanol des tiges d' <i>Urtica dioïca</i>	<b>34</b>
<b>Figure 11</b>	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'extrait eau/éthanol des racines d' <i>Urtica dioïca</i>	<b>35</b>
<b>Figure 12</b>	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'acide ascorbique	<b>36</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b>	Classification taxonomique d' <i>Urtica dioïca</i> .	<b>5</b>
<b>Tableau 02</b>	Composés chimiques présents dans <i>Urtica dioïca</i> .	<b>7</b>
<b>Tableau 03</b>	Principales espèces réactives de l'oxygène.	<b>15</b>
<b>Tableau 04</b>	Principales espèces réactives de l'azote ERN.	<b>16</b>
<b>Tableau 05</b>	Mécanismes d'action des antioxydants enzymatiques et non enzymatiques mentionnés.	<b>20</b>
<b>Tableau 06</b>	Rendements et certaines caractéristiques des extraits étudiés.	<b>30</b>
<b>Tableau 07</b>	Résultats de l'analyse phytochimique effectuée sur les feuilles, les tiges et les racines d' <i>Urtica dioïca</i> .	<b>31</b>
<b>Tableau 08</b>	Teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des feuilles, des tiges et des racines d' <i>Urtica dioïca</i> .	<b>32</b>
<b>Tableau 09</b>	Teneurs en flavonoïdes des extraits des feuilles, des tiges et des racines d' <i>Urtica dioïca</i> .	<b>33</b>
<b>Tableau 10</b>	Valeurs des CI <sub>50</sub> des différents extraits d' <i>Urtica dioïca</i> et de l'acide ascorbique (molécule de référence).	<b>36</b>

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>PREMIÈRE PARTIE : Étude bibliographique</b>	
<b>CHAPITRE 01 : <i>Urtica dioïca</i> L.</b>	
<b>1 Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Classification d'<i>Urtica dioïca</i> L.</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Étymologie et nomenclature</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Description botanique</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1 Feuilles</b> .....	<b>6</b>
<b>4.2 Tige</b> .....	<b>6</b>
<b>4.3 Racines</b> .....	<b>6</b>
<b>4.4 Fleurs</b> .....	<b>6</b>
<b>4.5 Fruits</b> .....	<b>6</b>
<b>4.6 Poils urticants</b> .....	<b>6</b>
<b>5 Répartition géographique</b> .....	<b>7</b>
<b>6 Composition chimique</b> .....	<b>7</b>
<b>7 Activités biologiques et propriétés Médicinales</b> .....	<b>8</b>
<b>7.1</b> Activité antioxydante.....	<b>8</b>
<b>7.2</b> Activité anti-inflammatoire .....	<b>9</b>
<b>7.3</b> Activité anti-diabétique .....	<b>9</b>
<b>7.4</b> Activité anti-allergique .....	<b>9</b>
<b>7.5</b> Effet analgésique .....	<b>9</b>
<b>7.6</b> Effet détoxifiant.....	<b>10</b>
<b>7.7</b> Effet antihypertensive.....	<b>10</b>
<b>7.8</b> Action sur l'hyperlipidémie.....	<b>10</b>
<b>8 Utilisations d'<i>U. dioïca</i></b> .....	<b>10</b>
<b>8.1</b> Utilisations alimentaires .....	<b>10</b>
<b>8.2</b> Utilisation d' <i>U. dioïca</i> L. en alimentation animale .....	<b>11</b>
<b>8.3</b> Utilisation d' <i>U. dioïca</i> L. comme pesticides botaniques.....	<b>11</b>
<b>8.4</b> Utilisation d' <i>U. dioïca</i> L. Dans la préparation du pain .....	<b>11</b>
<b>9 Toxicité</b> .....	<b>11</b>

## **CHAPITRE 02 : Pouvoir antioxydant**

<b>1</b>	<b>Stress oxydatif</b> .....	<b>13</b>
1.1	Définition.....	13
1.2	Origine du stress oxydant .....	13
<b>2</b>	<b>Radicaux libres</b> .....	<b>14</b>
2.1	Définition.....	14
2.2	Types de radicaux libres .....	14
2.2.1	Espèces réactives de l'oxygène (ERO) .....	15
2.2.2	Espèces réactives de l'azote (ERN) .....	15
<b>3</b>	<b>Conséquences du stress oxydant</b> .....	<b>16</b>
3.1	Conséquences moléculaires .....	16
3.1.1	Peroxydation des lipides .....	16
3.1.2	Oxydation de l'ADN .....	16
3.1.3	Oxydation des protéines .....	17
<b>4</b>	<b>Maladies liées aux stress oxydatif</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Antioxydants</b> .....	<b>17</b>
5.1	Définition des antioxydants .....	17
5.2	Principaux antioxydants .....	17
5.3	Antioxydants enzymatiques.....	18
5.3.1	Définition .....	18
5.3.2	Superoxyde dismutase (SOD) .....	18
5.3.3	Enzyme catalase (CAT) .....	18
5.3.4	Glutathione peroxidase (GPX).....	18
5.4	Antioxydants non enzymatiques.....	19
5.4.1	Définition .....	19
5.4.2	Vitamine E.....	19
5.4.3	Vitamine C .....	19
5.4.4	Caroténoïdes.....	19
5.4.5	Composés phénoliques .....	20

## **DEUXIÈME PARTIE : Étude expérimentale**

### **Matériel et méthodes**

<b>1</b>	<b>Objectif</b> .....	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>Matériel végétal</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>Extraction du matériel végétal</b> .....	<b>23</b>
3.1	Préparation des extraits.....	23

3.2	Calculs des rendements d'extraction .....	23
<b>4</b>	<b>Analyses phytochimiques .....</b>	<b>23</b>
4.1	Tannins .....	23
4.2	Flavonoïdes .....	24
4.3	Quinones .....	24
4.4	Anthraquinones .....	24
4.5	Saponines .....	24
4.6	Terpénoïdes : Test de Slakowski .....	24
4.7	Alcaloïdes .....	24
4.8	Composés réducteurs .....	25
<b>5</b>	<b>Dosage des composés phénoliques .....</b>	<b>25</b>
5.1	Principe .....	25
5.2	Mode opératoire.....	25
<b>6</b>	<b>Dosage des flavonoïdes .....</b>	<b>26</b>
6.1	Principe .....	26
6.2	Mode opératoire.....	26
<b>7</b>	<b>Test de piégeage de 2,2-diphényl picrylhydrazyl (DPPH•) .....</b>	<b>26</b>
7.1	Principe .....	26
7.2	Mode opératoire.....	27
<b>Résultats et interprétations</b>		
<b>1</b>	<b>Rendements des extractions .....</b>	<b>30</b>
<b>2</b>	<b>Etude phytochimique.....</b>	<b>30</b>
2.1	Analyse phytochimique qualitative .....	30
2.2	Teneurs en composés phénoliques .....	31
2.3	Teneurs en flavonoïdes .....	32
<b>3</b>	<b>Activité antioxydante des extraits hydroéthanoliques d'<i>Urtica dioïca</i>.....</b>	<b>33</b>
3.1	Piégeage du radical DPPH• par les extraits hydroéthanoliques bruts des feuilles, des tiges et des racines d' <i>Urtica dioïca</i> .....	33
3.2	Piégeage du radical libre DPPH• par l'acide ascorbique (molécule de référence)....	35
3.3	Calcul des CI <sub>50</sub> et de l'activité antiradicalaire .....	36
<b>Discussion .....</b>		<b>39</b>
<b>Conclusion générale .....</b>		<b>43</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>		<b>45</b>

## المخلص

القراص الكبير (*Urtica dioica* L.)، هو نبات ينتمي إلى عائلة القراصيات (Urticacées)، و يعتبر نبات طبي حيث يُستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي في الجزائر لعلاج مجموعة متنوعة من الأمراض. هدف هذا العمل هو الدراسة الكيمونباتية وتقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات الهيدرو-إيثانولية لأوراق وسيقان وجذور نبات القراص الكبير (*Urtica dioica* L.).

أظهرت نتائج الاختبارات الكيمونباتية وجود الفلافونويدات، التانين، التيربينويدات، الصابونين، الفلويديات والمركبات المرجعة في المستخلصات الهيدرو-إيثانولية لمختلف أجزاء النبات، في حين كانت الكينونات الحرة والأنثراكينونات غير موجودة في جميع المستخلصات.

توضح نتائج قياس نسبة المركبات الفينولية الكلية والفلافونويدات أن مستخلص الماء/الإيثانول للأوراق كان الأغنى بالمركبات الفينولية الكلية ( $0.01 \pm 130.7$  ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك لكل ميليغرام مستخلص) والفلافونويدات ( $0.002 \pm 31.3$  ميكروغرام مكافئ كاتشين لكل ميليغرام مستخلص) مقارنةً بمستخلصات السيقان والجذور.

تم تقييم القدرة المضادة للأكسدة باستخدام طريقة محاصرة الراديكال الحر DPPH، وأظهرت النتائج نشاطاً مضاداً للأكسدة ملحوظاً في مستخلص الأوراق، تليها مستخلص السيقان، مع قيم  $IC_{50}$  بلغت على التوالي  $0.07 \pm 2.78$  ملغ/مل و  $0.048 \pm 7.70$  ملغ/مل.

تشير النتائج المتحصل عليها إلى أن هذا النبات يمكن استخدامه في مجالات مختلفة، وخاصة في المجالات العلاجية والتغذية.

**الكلمات المفتاحية:** القراص الكبير، النشاط المضاد للأكسدة، الفلافونويدات، البوليفينولات.

## RÉSUMÉ

L'*Urtica dioica* L., une plante appartenant à la famille des Urticacées, est une plante médicinale largement utilisée dans la médecine traditionnelle en Algérie pour le traitement de diverses maladies.

L'objectif de ce travail est l'étude phytochimique et l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits hydroéthanoliques des feuilles, tiges et racines de l'*Urtica dioica*.

Les résultats des tests phytochimiques ont démontré la présence de flavonoïdes, tanins, terpénoïdes, saponines, alcaloïdes et composés réducteurs dans les extraits hydroéthanoliques des différentes parties de la plante, tandis que les quinones libres et anthraquinones étaient absentes dans tous les extraits.

Les dosages des composés phénoliques totaux et des flavonoïdes ont révélé que l'extrait eau/éthanol des feuilles était le plus riche en composés phénoliques totaux ( $130,7 \pm 0,01 \mu\text{g EAG/mg E}$ ) et en flavonoïdes ( $31,3 \pm 0,002 \mu\text{g EQC/mg E}$ ) par rapport aux extraits des tiges et des racines.

L'évaluation du pouvoir antioxydant a été réalisée en utilisant la méthode de piégeage du radical DPPH, et les résultats ont montré une activité antioxydante significative dans l'extrait des feuilles, suivi par l'extrait des tiges, avec des valeurs de  $\text{CI}_{50}$  de  $2,78 \pm 0,07 \text{ mg/ml}$  et  $7,70 \pm 0,048 \text{ mg/ml}$ , respectivement.

Les résultats obtenus suggèrent que cette plante possède un potentiel d'application dans différents domaines, notamment dans les domaines thérapeutiques et nutritionnels.

**Mots clés :** *Urtica dioica*, activité antioxydante, flavonoïdes, composés phénoliques.

## ABSTRACT

The *Urtica dioica* L. is a plant which belongs to the Urticaceae family, it is a medicinal plant that is widely used in traditional medicine in Algeria to heal various diseases.

The object behind this work is the phytochemical study and the evaluation of the antioxidant activity of the hydroethanolic extracts of the leaves, stems and roots of *Urtica dioica*.

The results of the phytochemical tests demonstrated the presence of flavonoids, tannins, terpenoids, saponins, alkaloids and reducing compounds of the different parts of the plant, while the free quinines and anthraquinones were absent in all the extracts.

Assays of total phenolic compounds and flavonoids revealed that the water/ethanol extract of the leaves was the richest in total phenolic compounds ( $130,7 \pm 0,01 \mu\text{g GAE/mg E}$ ) and flavonoids ( $31,3 \pm 0,002 \mu\text{g QCE/mg E}$ ) compared to stems and roots extracts.

Evaluation of antioxidant potency was carried out using the DDPH radical scavenging method, and the results showed significant antioxidant activity in the leaves extract, with  $\text{IC}_{50}$  values of  $2.78 \pm 0.07 \text{ mg/ml}$  and  $7.70 \pm 0.048 \text{ mg/ml}$ , respectively.

The results obtained suggest that this plant has potential for application in different fields, particularly in the therapeutic and nutritional fields

**Keywords :** *Urtica dioica*, antioxidant activity, flavonoids, polyphenols.

---

# ***Introduction***

---

Les plantes médicinales ont une longue histoire d'utilisation pour traiter diverses maladies, mais elles ont été négligées pendant un certain temps avec l'avènement de l'industrie pharmaceutique. Cependant, elles suscitent maintenant un nouvel intérêt en tant qu'alternative thérapeutique aux médicaments traditionnels, car elles sont considérées comme une option de traitement naturelle (**Limonier, 2018**).

L'ortie, *Urtica dioïca* L., est une plante herbacée vivace, qui a été utilisée à des fins médicinales depuis l'Antiquité. Elle est encore largement utilisée dans la médecine traditionnelle et populaire pour traiter divers troubles. Elle est reconnue pour ses propriétés diurétiques, particulièrement bénéfiques dans le traitement des rhumatismes et de l'arthrite. De plus, elle présente des effets anti-inflammatoires, antimicrobiens, antioxydants et analgésiques. L'ortie est réputée pour stimuler le système immunitaire et prévenir l'anémie. On suggère également son utilisation dans le traitement de l'hypertension, des maladies cardiaques et pour inhiber la croissance des cellules tumorales dans le sein, la prostate et les poumons. Elle pourrait également réduire les symptômes de la maladie d'Alzheimer. Les propriétés médicinales de l'ortie sont associées à sa teneur élevée en éléments minéraux (calcium, magnésium, zinc, manganèse, cuivre) et en vitamines (notamment les vitamines A, B2, B5, B9, C, D, E, K). De plus, les composés actifs tels que les polyphénols, qui ont des propriétés réductrices, jouent un rôle important dans la santé humaine. Grâce à sa teneur très élevée en polyphénols et acides phénoliques, l'ortie présente une capacité antioxydante élevée qui joue un rôle crucial dans la prévention et la guérison des maladies (**Kőszegi et al., 2019 ; Boyrie, 2016**).

Diverses études ont montré une forte corrélation entre les activités antioxydantes de certains fruits et légumes et leur teneur totale en composés phénoliques. Les antioxydants sont des substances qui peuvent ralentir ou inhiber l'oxydation des lipides, des protéines et d'ADN ou d'autres molécules en entravant l'initiation ou la propagation des réactions d'oxydation en chaîne. Les propriétés antioxydantes des composés phénoliques, sont principalement attribuées à leurs propriétés redox, qui jouent un rôle crucial dans l'absorption et la neutralisation des radicaux libres, l'inactivation de l'oxygène singulet et triplet, ainsi que la décomposition des peroxydes. Les flavonoïdes, les acides phénoliques, les diterpènes phénoliques et les lignanes sont quelques exemples de composés phénoliques qui possèdent des propriétés antioxydantes (**Chahardehi et al., 2009**).

Ainsi, selon la littérature scientifique, l'ortie représente une source de molécules chimiques bioactifs, dont les composés phénoliques. Toutefois, il est nécessaire de réaliser une étude phytochimique et une évaluation du pouvoir antioxydant d'*Urtica dioïca*, et ainsi isoler

les molécules thérapeutiques qui pourraient être utilisées dans le traitement des maladies associées au stress oxydatif.

De ce fait, notre étude vise à réaliser une analyse phytochimique et à évaluer l'activité antioxydante des extraits bruts de différentes parties d'*Urtica dioïca* L., récoltées dans la Wilaya de Tlemcen. Ce document débute par une partie bibliographique dans sa première partie.

La deuxième partie, représente la partie expérimentale de notre mémoire de master. Dans cette partie, nous nous intéressons à réaliser une analyse phytochimique des extraits hydroéthanoliques de la plante, ainsi qu'une évaluation de l'activité antioxydante, en utilisant la technique de piégeage du radical libre DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl).

**PREMIÈRE PARTIE**

---

***Étude bibliographique***

---

**CHAPITRE 01 : *Urtica dioïca* L.**

## 1. Introduction

*Urtica dioïca*, appelée aussi grande ortie, est une plante piquante à feuilles opposées et dentées, appartenant au genre *Urtica* et classée dans la famille des Urticaceae. Cette famille rassemble 48 genres et 1000 espèces réparties depuis les zones tropicales jusqu'aux régions tempérées (Botineou, 2010).

L'Ortie est une plante connue presque dans toute l'Algérie sous le nom de « Horaïg », ou « azekdouf » dans la région kabyle (Beloued, 2001).

Elle se trouve généralement aux ravins frais des montagnes, les régions humides et les terres agricoles riches en nitrate, comme Djurdjura, Meliana, Blida et Tlemcen (Beloued, 2001).

La floraison et la disponibilité de cette plante est entre le mois d'Avril à Septembre, et cette période varie selon la région et le climat (Couplan, 2007). Les différentes parties de la plante d'ortie sont illustrées dans la figure 01.



Figure 01 : La plante d'*Urtica dioïca* L. (Harford, 2019)

## 2. Classification d'*Urtica dioïca* L.

La classification botanique des Angiospermes a connu sa troisième version établie par l'Angiosperms Phylogeny Group en 1998. En novembre 2009, deux membres de l'APGA ont publié un document intitulé "Une classification phylogénétique des plantes terrestres accompagnant l'APG III" (Delahaye, 2015). La classification d'*Urtica dioïca* selon l'APG III est présentée dans le tableau 01.

**Tableau 01** : Classification taxonomique d'*Urtica dioïca* (Delahaye, 2015).

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Classe</b>	Eudicots
<b>Sous-classe</b>	Rosidées
<b>Super ordre</b>	Eurosidées I.
<b>Ordre</b>	Rosales
<b>Famille</b>	Urticaceae
<b>Genre</b>	<i>Urtica</i>
<b>Espèce</b>	<i>Urtica dioïca</i> L.

## 3. Étymologie et nomenclature

Le terme "*Urtica dioïca*" utilisé pour désigner la grande ortie, a une origine grecque et provient de l'expression "di-oïkos" qui signifie "2 maisons". Cette référence fait allusion au caractère dioïque de la plante, c'est-à-dire à sa particularité d'avoir des pieds mâles et des pieds femelles séparés (Tissier, 2011).

La nomenclature d'*Urtica dioïca* selon certaines régions dans le monde est comme suit :

- ❖ **En français** : Ortie dioïque.
- ❖ **En anglais** : Stingingnettle (Schauenberg et Paris, 2016).
- ❖ **En arabe** : Horaïg, Bent en nar, Bou zegdouf.
- ❖ **En berbère** : Rimezrit, Azekdouf, Harrous (Beloued, 2001).

## 4. Description botanique

### 4.1. Feuilles

Les feuilles de l'ortie sont de forme ovale ou lancéolée, et elles se présentent de manière opposée, deux par deux. Elles sont également dotées d'une pointe à l'extrémité de leur limbe. Ces feuilles sont attachées à une tige solide, droite et non ramifiée, qui est également quadrangulaire (Boyrie, 2016).

### 4.2. Tige

La tige de l'*Urtica dioïca* est érigée et présente une section quadrangulaire. Elle ne se ramifie pas et tout comme la feuille, elle est pourvue de courts poils urticants (Beloued, 2005).

### 4.3. Racines

La grande ortie possède des rhizomes jaunes et étalés qui se distinguent par deux types de racines : des racines « pivotantes » épaisses qui pénètrent profondément dans le sol, et des racines plus fines qui s'y ramifient. Elles sont utilisées pour fixer l'azote de l'air grâce à des micro-organismes, tel que *Rhizobium frankia* (Toubal, 2018).

### 4.4. Fleurs

Elles ont généralement une petite taille et une forme régulière. Elles peuvent être unisexuées, avec des plantes soit monoïques soit dioïques. Les fleurs sont haplochlamydes, ce qui signifie qu'elles ont un périanthe constitué de 3 à 6 sépales, ils se trouvent sous forme libres ou soudés (Delahaye, 2015).

### 4.5. Fruits

Il s'agit d'un genre de fruit connu sous le nom d'akène, souvent entouré d'un périanthe persistant. Les graines possèdent un embryon droit et peuvent contenir un albumen oléagineux (Delahaye, 2015).

### 4.6. Poils urticants

Les tiges de l'ortie ont une protection contre les insectes grâce à des poils urticants longs et des poils souples plus petits. Les poils urticants longs sont constitués d'une grande cellule intégrée dans une base pluricellulaire, ressemblant à une aiguille conique avec une boule asymétrique au sommet. D'autre part, les poils courts sont composés d'une seule cellule avec une paroi épaisse (Boyrie, 2016).

## 5. Répartition géographique

L'*Urtica dioïca* est présente dans diverses régions froides et tempérées du monde, elle est particulièrement fréquente en Europe du Nord et en Asie, tandis que sa présence est moins répandue en Europe du Sud, en Afrique du Nord et l'Amérique de Nord. Elle pourrait se trouver dans les régions montagneuses et les régions, où les pluies annuelles sont élevées, ce qui témoigne de sa capacité à s'adapter à des environnements variés (Viotti *et al.*, 2022 ; Draghi, 2005).

## 6. Composition chimique

Depuis la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, les chercheurs se sont penchés sur la composition chimique des différentes parties de l'ortie dioïque, notamment les feuilles, les fruits, les racines et les poils. Ces organes végétaux ont fait l'objet de nombreuses études visant à déterminer leur composition chimique (Tableau 02) (Boyrie, 2016).

**Tableau 02 :** Composés chimiques présents dans *Urtica dioïca* (Boyrie, 2016)

Parties de plante	Groupes	Molécules
Feuilles	Phénols	Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque
		Acides-phénols dérivés de l'acide hydroxycinnamique
		Dérivés coumariniques
		Dérivés flavonoïdes glycosylés
		Dérivés flavaniques
	Acides gras	Acides gras saturés
		Acides gras mono-insaturés
		Acides gras polyinsaturés
	Pigments	Xanthophylles
		Carotènes
		Chlorophylle
	Vitamines	Vitamine A, vitamine B (B1, B2, B3, B6, B9), vitamine C, vitamine E, vitamine K
	Minéraux	Azote, Fer, Potassium, Zinc, Calcium, Magnésium, Sélénium, Chlore, Manganèse, Sodium, Cuivre, Phosphore, Soufre.
Acides aminés	18 acides aminés différents dont les 8 acides aminés essentiels : isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine	
Tiges	Phénols	Lignines
		Flavonoïdes
		Acides-phénols

		Anthocyanes
	<b>Acides gras</b>	Acides gras saturés
		Acides gras insaturés
<b>Poils urticants</b>	Histamine, sérotonine, acide formique, acétylcholine, choline, bétaine, acide butyrique, leucotriènes C4	
<b>Fleurs</b>	<b>Phénols</b>	Dérivés flavonoïdes glycosylés
	<b>Autre</b>	Sitostérol, sitostérolglucoside, scopolétine, acide chlorogénique, acide caféyl-malique
<b>Graines</b>	<b>Acides gras</b>	Acides gras saturés
		Acides gras poly-insaturés
	<b>Minéraux</b>	Fer, zinc, cuivre, calcium, phosphore, magnésium, manganèse, sodium, potassium, et sélénium
	<b>Vitamines</b>	Vitamines C, E, B1, B2, B3, B6
	<b>Pigments</b>	Caroténoïdes
<b>Racines</b>	<b>Phénols</b>	Lignanesdiaryl-furaniques
		Lignanesdiaryl-butaniques
		Autres composés phénoliques
	<b>Polysaccharides</b>	Deux glycanes, deux glucogalacturonanes, un arabinogalactane
	<b>Dérivés terpéniques</b>	Acide triterpénoïde, monoterpénoïdol, acide ursolique
	<b>Acides gras</b>	Acide palmitoléique, acide oléique, acide gadoléique, acide linoléique, acide $\alpha$ -linoléique.
	<b>Céramides</b>	Sphingolipides

## 7. Activités biologiques et propriétés Médicinales

### 7.1. Activité antioxydante

*U. dioïca* est une plante qui contient une quantité importante de polyphénols et de composés phénoliques. Ces éléments pourraient lui conférer des propriétés antioxydantes, bénéfiques pour la santé. L'activité antioxydante de l'ortie est due principalement à la présence de la quercétine, de la rutine et de l'acide ascorbique. Une étude a été réalisée pour déterminer les propriétés antioxydantes de l'extrait aqueux de l'ortie (EAO). Des quantités de 50, 100 et 250  $\mu\text{g}$  de l'EAO ont exhibé 39, 66 et 98 %, respectivement d'inhibition de la peroxydation de l'émulsion de l'acide linoléique, tandis que 60  $\mu\text{g/mL}$  d' $\alpha$ -tocophérol n'ont présenté qu'une inhibition de 30 %. Ainsi, il a été observé que l'EAO a une puissante activité antioxydante et

peut être utilisé comme complément alimentaire possible ou dans l'industrie pharmaceutique (Khan *et al.*, 2016).

### 7.2. Activité anti-inflammatoire

Les orties sont bénéfiques pour différentes affections inflammatoires telles que l'arthrite et la myalgie chronique. Des recherches ont prouvé l'efficacité du tisane à l'ortie ou des compléments à base de plantes pour traiter la goutte, soulager les douleurs musculaires et atténuer les symptômes de l'arthrite. Les études scientifiques ont démontré que l'ortie possède la capacité de réduire les réactions inflammatoires en agissant sur plusieurs voies qui conduisent à une diminution de la production de médiateurs lipidiques et de cytokines inflammatoires. (Roschek *et al.*, 2009).

### 7.3. Activité anti-diabétique

L'utilisation d'exercices physique simultanés, ainsi que l'extrait d'*Urtica dioïca*, peuvent minimiser les marqueurs diabétiques, la glycémie et la prise de poids, et peuvent augmenter la sensibilité à l'insuline, la prolifération des cellules bêta pancréatiques, la stimulation de l'absorption de glucose et la sécrétion d'insuline *in vitro*. Bien que les données *in vivo* suggèrent que l'extrait d'*Urtica dioïca* et l'exercice physique pourraient guérir les rats diabétiques (Ranjbari *et al.*, 2016).

### 7.4. Activité anti-allergique

Les propriétés anti-allergiques de l'ortie sont principalement dues à deux mécanismes. En plus de son inhibition des récepteurs H1 de l'histamine, l'ortie inhibe la tryptase, réduisant ainsi la dégranulation des mastocytes et la libération de cytokines pro-inflammatoires. Dans une étude menée sur des patients allergiques souffrant de rhinite allergique, une disparition de quelques symptômes a été observée après une semaine de traitement (Ait Haj Said *et al.*, 2015).

### 7.5. Effet analgésique

Une étude a montré que l'extrait aqueux des feuilles d'*Urtica dioïca* était capable d'inhiber la sensation de douleur, et qu'il est donc possible de trouver des analgésiques dans son extrait qui agissent par inhibition des voies inflammatoires responsables de la douleur. L'effet analgésique le plus élevé de l'extrait a été observé à la dose de 150 mg/kg pour la douleur aiguë et à la dose de 100 et 150 mg/kg de poids corporel pour la douleur chronique. Cet effet analgésique pourrait être lié à la présence de composés bioactifs présents dans *Urtica dioïca* (Safari *et al.*, 2016).

### 7.6. Effet détoxifiant

Il est souvent affirmé que les toxines, qui sont généralement des acides présents dans le corps, peuvent causer des inflammations chroniques, telles que des problèmes dermatologiques et arthritiques. L'ortie, qui est alcaline, est considérée comme ayant la capacité de neutraliser les acides et d'éliminer les toxines par l'urine. Elle est réputée pour ses propriétés assainissantes et astringentes sur les maladies de la peau et du sang. L'ortie piquante est également considérée comme un diurétique qui peut favoriser l'élimination rapide des toxines neutralisées dans le corps. Elle est classée comme une alternative, car elle peut augmenter l'efficacité de l'absorption des nutriments dans l'estomac, favorisant ainsi, une digestion saine et empêchant l'accumulation de toxines. Elle stimule également le système lymphatique, qui contribue à l'élimination des toxines par les reins (**Bhusal et al., 2022**).

### 7.7. Effet antihypertensive

La consommation régulière de thé d'ortie peut contribuer à la diminution de la pression artérielle systolique et au soulagement de la tension et du stress dans le système cardiovasculaire. Une étude a démontré que l'administration d'un extrait aqueux de feuilles d'ortie à des concentrations de 4 et 24 mg/kg/h a entraîné une réduction respective de 15 % et 38 % de la pression artérielle (**Bhusal et al., 2022**).

### 7.8. Action sur l'hyperlipidémie

L'administration quotidienne pendant 30 jours d'un extrait aqueux d'*Urtica dioïca* à une dose de 150 mg/kg, que ce soit dans le cadre d'un régime normal ou riche en matières grasses, a entraîné une diminution des lipides et des lipoprotéines sériques. Des diminutions significatives du cholestérol et du rapport LDL/HDL (lipoprotéines de basse densité/haute densité) ont été observées (**Ait Haj Said et al., 2015**).

## 8. Utilisations d'*U. dioïca*

### 8.1. Utilisations alimentaires

Les jeunes feuilles d'ortie peuvent être consommées crues en salade (leur caractère urticant est dissimulé par la présence d'autres ingrédients et de la vinaigrette) ou hachées, mélangées avec de l'huile d'olive ou du beurre, puis étalées sur du pain. Cependant, elles sont généralement plus couramment utilisées comme légume, en soupes, en gratins, en soufflés, en quiches, en gougères farcies, etc. Les feuilles plus mûres ont tendance à prendre une odeur et un goût de poisson lorsqu'elles sont cuites. La consommation de l'ortie remonte à l'Antiquité et

reste encore relativement courante de nos jours. Dans le passé, une décoction concentrée de ses feuilles, saturée de sel, était utilisée pour cailler le lait. (Couplan et Styner, 2012).

### 8.2. Utilisation d'*U. dioïca* L. en alimentation animale

Les résultats de l'étude menée à la ferme ont mis en évidence de manière explicite que l'ajout d'ortie en complément alimentaire peut améliorer les performances des bovins laitiers, non seulement en augmentant la quantité et la qualité du lait, mais également dans d'autres aspects productifs (Khanal *et al.*, 2017).

### 8.3. Utilisation d'*U. dioïca* L. comme pesticides botaniques

Planter des orties peut favoriser la présence d'un plus grand nombre d'espèces prédatrices de pucerons. Par ailleurs, l'extrait d'ortie est autorisé en tant qu'insecticide, fongicide et acaricide sous la réglementation des substances de base. En tant qu'insecticide, il s'avère efficace contre des nuisibles, tels que les carpocapses de la pomme, les teignes des crucifères et les tétranyques (Sharp, 2021).

### 8.4. Utilisation d'*U. dioïca* L. Dans la préparation du pain

La poudre de feuilles d'ortie peut être utilisée comme supplément riche en protéines, et est utilisée dans un certain nombre d'aliments, y compris le pain (Adhikari *et al.*, 2016).

Grâce à leur teneur élevée en protéines, fibres, minéraux et autres composés bioactifs, les feuilles d'ortie constituent un complément parfait pour la fabrication de pain et de pâtisseries (Man *et al.*, 2019).

## 9. Toxicité

Il est conseillé d'éviter de consommer les feuilles mûres de l'ortie crues en été ou en automne, car leur teneur élevée en minéraux peut causer des lésions rénales et leur texture peut être peu agréable. De plus, les substances urticantes présentes dans la plante peuvent entraîner des éruptions cutanées et une rétention urinaire chez certains individus très sensibles qui ont ingéré la plante (Couplan, 2017).

**PREMIÈRE PARTIE**

---

***Étude bibliographique***

---

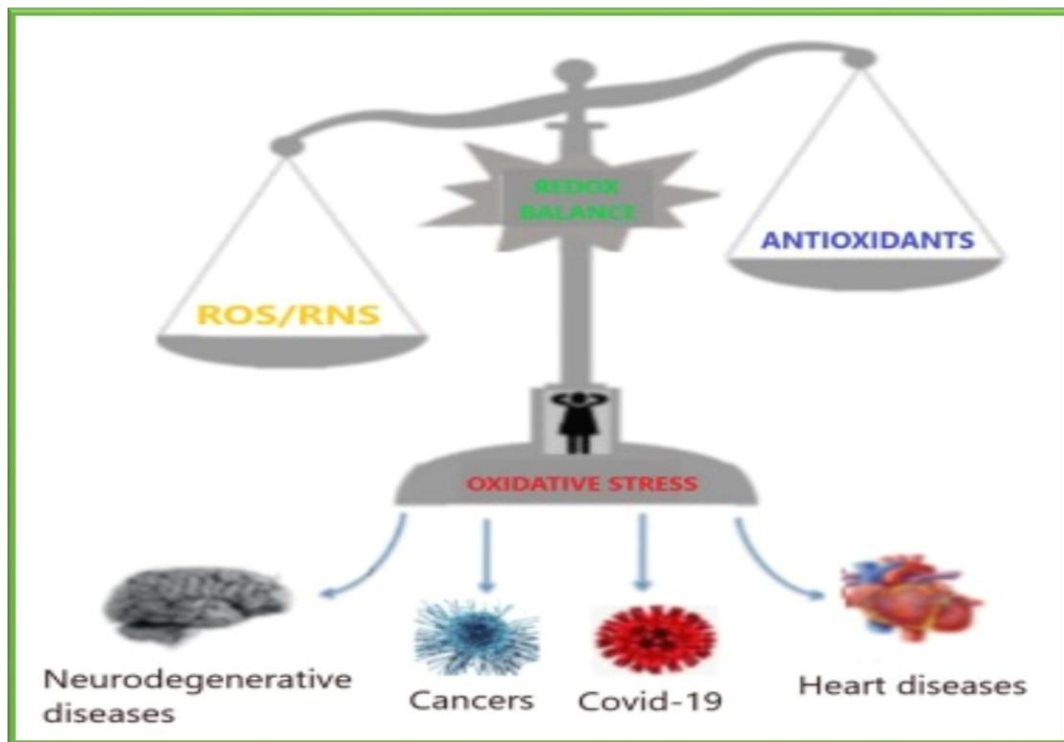
**CHAPITRE 02 : Pouvoir antioxydant**

## 1. Stress oxydatif

### 1.1. Définition

Le stress oxydatif est une condition pathologique qui survient lorsque la production de radicaux libres excède la capacité des systèmes antioxydants à les éliminer, créant ainsi un déséquilibre nuisible pour l'organisme (**Figure 02**) (**Zhang *et al.*, 2023**).

De plus, un excès de stress oxydatif par rapport à la capacité de la cellule à réparer les oxydations des biomolécules (acides nucléiques, lipides et protéines) entraîne des dommages oxydatifs (**Garza-Lombó *et al.*, 2020**).



**Figure 02** : Équilibre redox et stress oxydatif dans les organismes vivants (**Brainina et Shpigun, 2022**).

### 1.2. Origine du stress oxydant

Lorsqu'il y a un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et la capacité du corps à les neutraliser avec des antioxydants, cela entraîne du stress oxydatif. Les ERO, qui sont générées de manière continue et abondante, ont été considérées comme des sous-produits nocifs du métabolisme normal de l'oxygène et sont impliquées dans diverses maladies. Ces molécules hautement réactives peuvent endommager le système biologique en causant des dommages. Les radicaux libres ont des structures chimiques instables, ce qui leur

permet de nuire au système biologique. Ces radicaux libres peuvent avoir des origines endogènes ou exogènes (Figure 03) (Baudin, 2020 ; Kabel, 2014 ; Migdal et Serres, 2011).

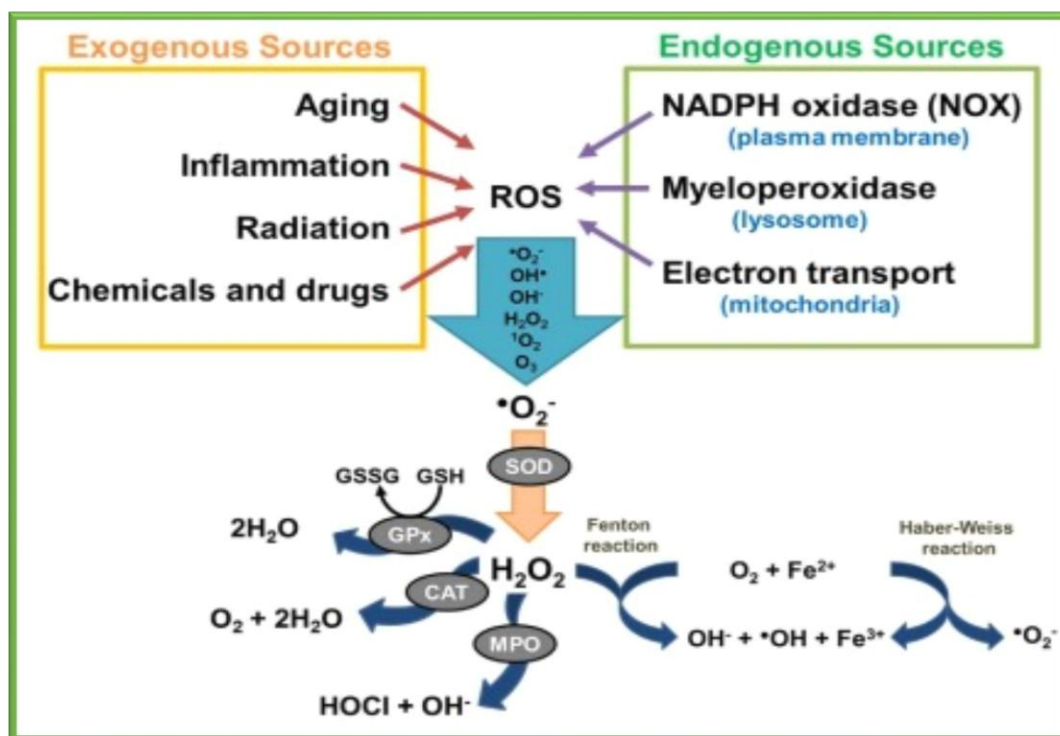


Figure 03 : Sources exogènes et endogènes de radicaux libres (Morry *et al.*, 2017).

## 2. Radicaux libres

### 2.1. Définition

Les radicaux libres sont des espèces chimiques hautement réactives qui peuvent être des atomes, des molécules ou des ions contenant des électrons non appariés dans leurs orbitales externes. Ils sont nuisibles pour l'organisme en raison de leur capacité à réagir facilement avec les macromolécules biologiques, entraînant leur modification oxydative et leur dysfonctionnement (Di Meo et Venditti, 2020).

### 2.2. Types de radicaux libres

Selon des études scientifiques, les radicaux libres peuvent être classés en différentes catégories, notamment les espèces réactives de l'oxygène (Tableau 03), telles que l'hydroperoxyde, le superoxyde, l'hydroxyle, peroxyde, alkoxyde, carbonate et dioxyde de carbone, ainsi que les espèces réactives de chlore comme l'atome de chlore, et les espèces réactives de l'azote comme l'oxyde nitrique et le dioxyde d'azote (Halliwell et Whiteman, 2004).

### 2.2.1. Espèces réactives de l'oxygène (ERO)

- **L'anion superoxyde ( $O_2^-$ )** : Il est produit par l'oxydation directe de l' $O_2$  pendant la réaction de transport d'électrons dans les mitochondries. De manière alternative, la xanthine oxydase et le cytochrome P450 produisent enzymatiquement l' $O_2^-$  dans les mitochondries ou le cytosol (Sailaja Rao *et al.*, 2011).
- **Le radical hydroxyle ( $OH^\bullet$ )** : Le groupe hydroxyle est une entité chimique possédant un pouvoir oxydant extrêmement puissant, ce qui lui permet d'interagir avec quasiment tous les composés organiques (tels que les acides aminés, les sucres, les phospholipides, les bases puriques et pyrimidiques de l'ADN). Cette interaction se manifeste par la capture d'un atome d'hydrogène ou par le transfert de son électron célibataire (Hida, 1993).
- **Le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )** : Le peroxyde d'hydrogène est un métabolite naturellement présent dans les organismes aérobies.  $H_2O_2$  agit comme une molécule de signalisation ou entraîne des dommages oxydatifs des biomolécules, une condition appelée stress oxydatif, qui dépend du contexte cellulaire, de sa concentration locale et de la cinétique de sa production et de son élimination (Lismont *et al.*, 2019).

**Tableau 03** : Principales espèces réactives de l'oxygène (Martemucci *et al.*, 2022).

Radicaux libres	Espèces réactives non radicalaires
Superoxyde ( $O_2^-$ )	Peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )
Hydroxyle ( $OH$ )	Ozone ( $O_3$ )
Hydroperoxyde ( $HO_2$ )	Oxygène singulet ( $O_2$ )
Peroxyde ( $ROO$ )	Acide hypochloreux ( $HOCl$ )
Hydroperoxyde organique ( $ROOH$ )	Peroxynitrite ( $ONOO^-$ )

### 2.2.2. Espèces réactives de l'azote (ERN)

Les ERN (Tableau 4) sont constituées d'un ensemble de molécules d'azote résistantes, ainsi que de radicaux libres tels que l'oxyde nitrique (NO) et le dioxyde d'azote ( $NO_2$ ). Les radicaux libres se déclinent en deux types : les radicaux d'oxyde nitrique (NO) et les radicaux de dioxyde d'azote ( $NO_2$ ), tandis que les éléments non-radicaux comprennent le nitrite ( $NO_2^-$ ) et le nitrate ( $NO_3^-$ ). La synthèse des ERN résulte de la réaction de l'oxyde nitrique (NO) et de l'anion superoxyde ( $O_2^-$ ) (Tanaka et Vécsei, 2020).

**Tableau 04** : Principales espèces réactives de l'azote ERN (Martemucci *et al.*, 2022).

Radicaux libres	Espèces réactives non radicalaires
Monoxyde d'azote (NO)	Acide nitreux (HNO <sub>2</sub> )
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Anion nitroxylique (NO <sup>•-</sup> )
Radical nitrate (NO <sub>3</sub> )	Peroxynitrite (ONOO <sup>-</sup> )

### 3. Conséquences du stress oxydant

#### 3.1. Conséquences moléculaires

En cas de stress oxydant, les espèces réactives de l'oxygène (ERO) qui ne sont pas neutralisées par le système antioxydant, provoquent des dommages par oxydation aux macromolécules présentes dans les cellules, Cela inclut les lipides, les protéines et l'ADN, qui sont tous sujets à l'attaque et à l'endommagement (Koechlin-Ramonatxo, 2006).

##### 3.1.1. Peroxydation des lipides

Les effets toxiques des peroxydes lipidiques se manifestent par deux mécanismes principaux. Premièrement, la peroxydation des lipides modifie considérablement l'assemblage, la composition, la structure et la dynamique des membranes lipidiques, qui sont essentielles au maintien de l'intégrité des membranes cellulaires. Deuxièmement, en tant que composés hautement réactifs, les peroxydes lipidiques ont la capacité de propager la production d'espèces d'oxygène réactives supplémentaires et peuvent se décomposer en composés réactifs qui ont le potentiel de lier l'ADN et les protéines (Gaschler et Stockwell, 2017).

Les marqueurs principaux de l'oxydation des lipides comprennent :

- Le malondéaldéhyde (MDA),
- Les hydroperoxydes lipidiques,
- Le 4-hydroxynonéal (4-HNE) (Guichardant *et al.*, 2006).

##### 3.1.2. Oxydation de l'ADN

Les espèces réactives d'oxygène (ERO) ont la capacité de causer des dommages oxydatifs à l'ADN. Il a été estimé que chaque cellule humaine subit jusqu'à dix mille réactions d'oxydation qui entraînent une variété de lésions de l'ADN quotidiennement. Si ces lésions ne sont pas réparées rapidement, elles peuvent perturber les processus essentiels de l'ADN tels que

la transcription, la recombinaison et la réplication, conduisant à des conséquences défavorables telles que la sénescence cellulaire et la mutagenèse (Lee et Kang, 2019).

### 3.1.3. Oxydation des protéines

Les espèces réactives d'oxygène (ERO) conduisent à l'oxydation des protéines. Cette oxydation peut impliquer le clivage de la chaîne des polypeptides, la modification des chaînes secondaires des acides aminés et la conversion de la protéine en dérivés très sensibles à la dégradation protéolytique (Stadtman, 2006).

## 4. Maladies liées aux stress oxydatif

Le stress oxydatif entraîne des dommages cellulaires et tissulaires fondamentaux, et il a des conséquences néfastes sur divers organes ou systèmes. Il est donc, souvent associé à de nombreuses maladies tels que la maladie d'Alzheimer, la maladie de Huntington, la maladie de Parkinson, la sclérose latérale amyotrophique et ataxie spinocérébelleuse. Le stress oxydatif peut provoquer d'autres maladies, tels que l'obésité, le vieillissement, les maladies cardiovasculaires et le syndrome de détresse respiratoire (Liu, 2017 ; Palipoch et Koomhin, 2015).

## 5. Antioxydants

### 5.1. Définition des antioxydants

Les antioxydants ont la capacité de prévenir l'oxydation des protéines, des glucides, des lipides et de l'ADN, même à des concentrations relativement faibles, ce qui permet de protéger les cellules contre les dommages des radicaux libres. Les antioxydants peuvent donner des électrons, et ceux qui brisent la réaction en chaîne, sont des donneurs d'électrons puissants. Ils réagissent avec les radicaux libres avant que les molécules principales ne soient endommagées. Les antioxydants, sont cependant, eux-mêmes oxydés et doivent être régénérés ou remplacés. Les antioxydants sont responsables de la dégradation des espèces de radicaux libres généralement à l'intérieur de la cellule. Les protéines qui se lient aux métaux de transition ont pour effet de bloquer l'interaction de ces métaux (comme le fer et le cuivre) avec le peroxyde d'hydrogène et le superoxyde, empêchant ainsi la formation de radicaux hydroxyle très réactifs (Martemucci *et al.*, 2022).

## 6. Principaux antioxydants

Il est possible de classer les antioxydants en deux groupes en fonction de leur origine : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques (Beaudeau *et al.*, 2005).

Les antioxydants enzymatiques comprennent la catalase (CAT), la peroxydase (POD), la superoxyde dismutase (SOD), les glutathion peroxydases (GPX) et les ascorbate peroxydases (APX). D'autre part, les antioxydants non enzymatiques incluent des substances telles que le glutathion, l'ascorbate, les tocophérols et les composés phénoliques. Ces antioxydants jouent un rôle important dans la neutralisation des radicaux libres et des espèces réactives d'oxygène telles que  $H_2O_2$  (Sharma *et al.*, 2022).

## 6.1. Antioxydants enzymatiques

### 6.1.1. Définition

Les antioxydants enzymatiques agissent en convertissant les produits métaboliques oxydés en plusieurs étapes en peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), puis en eau, en utilisant des cofacteurs tels que le fer, le zinc et le cuivre (Moussa *et al.*, 2019).

### 6.1.2. Superoxyde dismutase (SOD)

La SOD est une enzyme caractérisée par la capacité de convertir le radical superoxyde ( $O_2^-$ ) en peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) et en oxygène dans la plupart des organismes aérobies, en plus de certains organismes non aérobies. Parce que le radical superoxyde est le premier radical libre produit à la suite de la réduction de l'oxygène formé dans de nombreux systèmes biologiques, la SOD est considérée comme la première ligne de défense contre l'empoisonnement par stress oxydatifs chez les plantes et leur réduction (AL-Aloosy *et al.*, 2019).

### 6.1.3. Enzyme catalase (CAT)

La catalase (CAT) est une enzyme antioxydante courante présente dans presque tous les tissus vivants qui utilisent l'oxygène. L'enzyme utilise soit du fer, soit du manganèse comme cofacteur et catalyse la dégradation ou la réduction du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en eau et en oxygène. La CAT est extrêmement efficace ; elle est capable de décomposer des millions de molécules de peroxyde d'hydrogène en une seconde, accomplissant ainsi le processus de détoxification initié par la SOD (Ighodaro et Akinloye, 2018).

### 6.1.4. Glutathione peroxidase (GPX)

Les GPX jouent un rôle essentiel dans la protection cellulaire contre le stress oxydatif en empêchant la peroxydation des lipides. Ce processus est réalisé grâce à la capacité des GPX à coupler la réduction de l'eau avec l'oxydation du glutathion réduit, un tripeptide contenant un thiol (Glu-Cys-Gly). Cette réaction permet de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et de protéger les cellules des dommages oxydatifs. Ainsi, les GPX contribuent à

maintenir l'intégrité cellulaire et à prévenir les effets nocifs de l'oxydation des lipides (**Shaw et al., 2022**).

## **6.2. Antioxydants non enzymatiques**

### **6.2.1. Définition**

Les antioxydants non enzymatiques sont des substances naturelles qui peuvent neutraliser ces radicaux libres en interrompant leurs réactions en chaîne. Plusieurs exemples d'antioxydants non enzymatiques existent dans la nature, comme la vitamine E, A et C, les flavonoïdes, les caroténoïdes, les polyphénols végétaux, l'acide urique, la théaflavine, les sulfures d'allyle, le curcuma, la mélatonine, la bilirubine et les polyamines (**Moussa et al., 2019**).

### **6.2.2. Vitamine E**

La vitamine E, également connue sous le nom d' $\alpha$ -tocophérol, est un composé organique liposoluble présent principalement dans les membranes cellulaires. Elle a la capacité de neutraliser les radicaux libres hydroxyles et les anions superoxydes, ce qui permet d'inhiber efficacement la peroxydation des lipides initiée par les espèces réactives de l'oxygène (ERO) au niveau des membranes plasmiques (**Kowalczyk, 2021**).

### **6.2.3. Vitamine C**

La vitamine C fait partie des antioxydants non enzymatiques. Elle est capable de réduire ou de minimiser les effets nocifs des espèces réactives de l'oxygène (ERO) chez les plantes. Elle peut fournir des électrons pour de nombreuses réactions enzymatiques et non enzymatiques, protéger les membranes en réduisant directement les superoxydes, les radicaux hydroxyles et oxygènes, ainsi qu'en réduisant le peroxyde d'hydrogène en eau par la réaction des peroxydases d'ascorbate. En outre, elle régénère également la vitamine E à partir du radical tocophéroxyle (**AL-Aloosy et al., 2019**).

### **6.2.4. Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont composés de chaînes de polyènes qui possèdent de longues doubles liaisons conjuguées, leur conférant des propriétés antioxydantes. Ils agissent en neutralisant l'oxygène singulet et en éliminant les radicaux, ce qui permet de stopper les réactions en chaîne. Les avantages biologiques des caroténoïdes peuvent être attribuables à leurs propriétés antioxydantes, qui résultent de leurs interactions physiques et chimiques avec les membranes cellulaires (**Torres et al., 2022**).

### 6.2.5. Composés phénoliques

Il a été démontré que les composés phénoliques agissent en tant qu'antioxydants naturels en aidant à neutraliser les radicaux libres, ils ont également la capacité de chélater les ions de métaux de transition, ce qui empêche ces derniers de catalyser la peroxydation lipidique. Des composés phénoliques tels que l'acide gallique, le trans-résvératrol, la fisétine, la quercétine et son glycoside, la rutine, ont montré une forte activité antioxydante (Ndhkala *et al.*, 2010).

Les antioxydants enzymatiques et non enzymatiques mentionnés ci-dessous, sont organisés dans le **tableau 05**.

**Tableau 05** : Mécanismes d'action des antioxydants enzymatiques et non enzymatiques mentionnés (Michalak, 2022).

Antioxydants enzymatiques	<b>Superoxyde dismutase (SOD)</b>	- Nécessite un métal en tant que cofacteur. - Favorise la dismutation de $O_2^{\bullet-}$ en $O_2$ et $H_2O_2$ .
	<b>Catalase enzyme (CAT)</b>	- Utilise le fer ou le manganèse comme cofacteur. - Catalyse $H_2O_2$ en $O_2$ et $H_2O$
	<b>Glutathione peroxidase (GPX)</b>	- Est une enzyme intracellulaire importante. - Son activité dépend du sélénium. - Transforme le $H_2O_2$ en eau et en peroxydes lipidiques
Antioxydants non enzymatiques	<b>Vitamine E</b>	- Préviend les réactions en chaîne de peroxydation lipidique et élimine l'oxygène dans les compartiments lipidiques cellulaires. - En transférant l'atome d'hydrogène phénolique du noyau chromane, cela permet de réduire les radicaux libres $LOO^{\bullet}$
	<b>Vitamine C</b>	- Dans le cytoplasme, il réagit avec $O_2^{\bullet-}$ et $^{\bullet}OH$ .
	<b>Caroténoïdes</b>	- Excellents piègeurs de radicaux peroxydes. - Trois mécanismes permettent aux réactifs d'agir comme des agents antioxydants : le transfert d'électrons simple, la formation d'un adduit, et l'abstraction d'un atome d'hydrogène.
	<b>Composés phénoliques</b>	- En raison de leur capacité à se lier à des ions métalliques potentiellement pro-oxydants, ces composés peuvent fonctionner en tant qu'oxydants secondaires.

## DEUXIÈME PARTIE

---

# *Étude expérimentale*

---

## Matériel et méthodes

## 1. Objectif

L'étude expérimentale que nous menons, est effectuée dans le laboratoire de recherche "Antibiotiques, Antifongiques, Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique", faculté SNV-STU à l'université de Tlemcen.

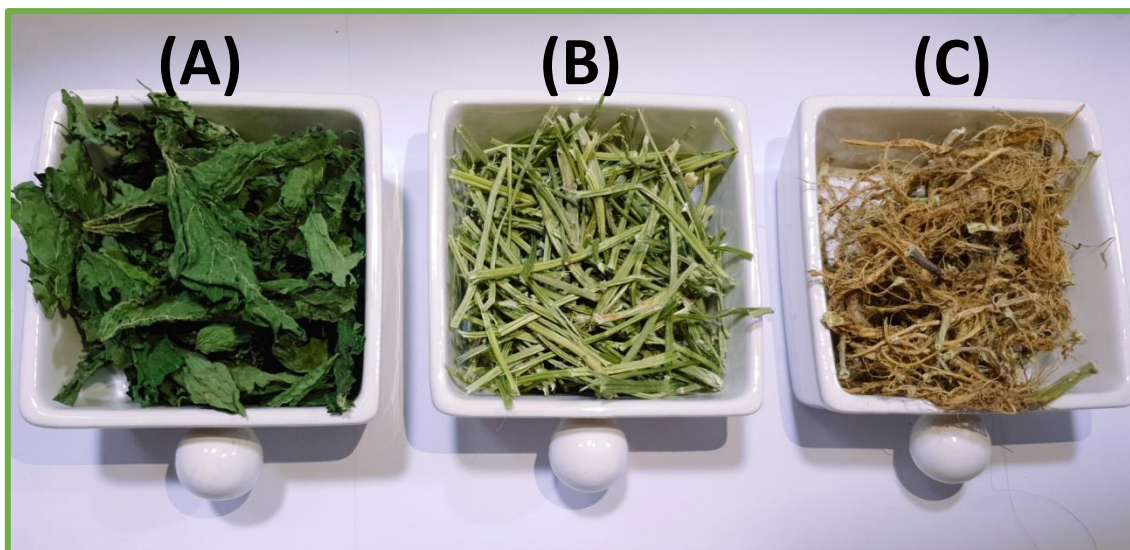
Elle est divisée en trois parties :

- La première partie de l'étude consiste à préparer et extraire le matériel végétal des feuilles, des tiges et des racines de l'*Urtica dioïca*.
- Dans la deuxième partie, une analyse phytochimique qualitative et quantitative des extraits bruts préparés à partir des différentes parties de la plante étudiée.
- Enfin, dans la troisième partie, l'activité antioxydante des extraits des trois parties de l'ortie est étudiée en utilisant la méthode de piégeage du radical DPPH•.

## 2. Matériel végétal

La plante d'*Urtica dioïca* a été récoltée le 26 décembre 2022 dans la commune de Bani Bahdal, Daïra de Bani Senous – Tlemcen.

La plante de l'ortie récoltée a été séchée dans un endroit aéré, à une température ambiante et à l'abri de la lumière. Une fois toute la plante séchée, les parties ont été séparées les unes des autres (**Figure 04**). Elles ont été broyées pour obtenir une poudre facilitant le processus d'extraction, et elles ont été conservées jusqu'à leur utilisation (**Figure 06**).



**Figure 04** : Parties d'*Urtica dioïca* (Photo prise au laboratoire)

Feuilles (A), Tiges (B) et Racines (C)

### 3. Extraction du matériel végétal

#### 3.1. Préparation des extraits

Chaque partie (Feuilles, tiges, racines) broyées d'*Urtica dioïca* (10 g) a été mise en contact avec un système de solvant eau/éthanol aux proportions (30/70) (v/v). Les mélanges sont laissés macérer pendant 72 heures, à une température ambiante et à l'abri de la lumière.

Par la suite, et après filtration, la phase organique de chaque extrait a été évaporée par un rota vapeur et la phase aqueuse de chaque extrait a été séchée dans une étuve à une température de  $35 \pm 2$  °C.

Les extraits secs obtenu ont été conservés jusqu'à leur utilisation en dans notre partie expérimentale.

#### 3.2. Calculs des rendements d'extraction

La quantité d'extraits secs obtenus à partir de la matière végétale exprime le rendement d'extraction, et elle est calculée selon la formule ci-dessous.

$$\text{Rdt (\%)} = (m_2/m_1) \times 100$$

Où,

**Rdt** : Rendement de l'extrait obtenu et exprimé en pourcentage (%) ;

**m<sub>1</sub>** : Poids de l'extrait sec obtenu (g) ;

**m<sub>2</sub>** : Poids de la matière végétale (g).

### 4. Analyses phytochimiques

Des analyses phytochimiques qualitatives ont été réalisées sur les extraits bruts hydroéthanoliques étudiés, en utilisant des réactifs spécifiques pour chaque type de composé, afin de connaître sa composition globale.

#### 4.1. Tannins :

Mélanger 0,25 mL d'une solution de FeCl<sub>3</sub> (1%) avec 1 mL de l'extrait à analyser. Puis, incuber le mélange à température ambiante pendant 15 minutes. Si des tanins sont présents dans l'extrait, une coloration verdâtre ou bleu-noirâtre apparaîtra (**Karumi et al., 2004**).

### 4.2. Flavonoïdes

Pour tester la présence de flavonoïdes dans un échantillon, il faut mélanger 1 mL d'extrait à analyser, avec 1 mL d'acide chlorhydrique concentré et quelques copeaux de magnésium. Si une coloration rose, rouge ou jaune apparaît, cela indiquerait la présence de flavonoïdes (Karumi *et al.*, 2004).

### 4.3. Quinones

A un volume de 1 ml de l'extrait à analyser, ajouter 0,1 mL d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 1%. Si le mélange prend une teinte jaune, rouge ou violette, cela signifie qu'il contient des quinones libres (Oloyede, 2005).

### 4.4. Anthraquinones

D'abord, ajouter à 1 mL d'extrait à analyser, 1 mL de NH<sub>4</sub>OH (10%), puis, agiter. Si une couleur violette se forme, cela confirmerait la présence d'anthraquinones (Oloyede, 2005).

### 4.5. Saponines

Pour réaliser une analyse de la présence de saponines dans un échantillon, il faut verser 10 mL de l'extrait à tester dans un tube à essai, puis de bien agiter le mélange avant de le laisser reposer pendant une période de 15 minutes. Si une couche de mousse d'une hauteur supérieure à 1 cm se forme à la surface du mélange, cela témoignerait de la présence de saponines (N'Guessan *et al.*, 2009).

### 4.6. Terpénoïdes : Test de Slakowski

Pour déterminer la présence de terpénoïdes, il faudrait ajouter 0,4 mL de chloroforme et 0,6 mL d'acide sulfurique concentré à 1 mL de l'extrait à examiner. Si la réaction est positive, cela se traduirait par la formation de deux phases et une coloration marronne à l'interphase (Edeoga *et al.*, 2005).

### 4.7. Alcaloïdes

Dans un premier temps, verser 0,5 mL de l'extrait à examiner dans deux tubes à hémolyse distincts. Ensuite, acidifiez le contenu de chaque tube avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 1%. Ensuite, ajouter 0,5 mL de réactif de Mayer dans le premier tube et 0,5 mL de réactif de Wagner dans le second. Si un précipité blanc se forme dans le premier tube ou un précipité brun dans le second tube, cela indiquerait la présence d'alcaloïdes (Majob, 2003).

### 4.8. Composés réducteurs

Pour détecter la présence de composés réducteurs dans un échantillon, mélanger 1 mL de cet échantillon avec 1 mL de liqueur de Fehling, composée de 0,5 mL de réactif A et 0,5 mL de réactif B. Ensuite, incuber le mélange pendant 8 minutes dans un bain-marie bouillant. Si un précipité rouge brique apparaît, cela indiquerait la présence de composés réducteurs (**Edeoga et al, 2005**).

## 5. Dosage des composés phénoliques

### 5.1. Principe

La quantification des composés phénoliques a été réalisée en utilisant la méthode de **Slinkard et al., 1977**, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce réactif contient un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). Les composés phénoliques présents dans l'extrait, réduisent ce réactif en oxyde de tungstène et de molybdène, donnant une coloration bleue. Après une incubation à l'obscurité pendant 30 minutes, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 765 nm. La quantification est effectuée grâce à l'équation obtenue à partir d'une gamme d'étalonnage qui a été préparée en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (**Ghazghazi et al., 2013 ; Vermerius et Nicolson, 2006**).

### 5.2. Mode opératoire

Des tubes à hémolyse contenant 1 mL d'extrait à une concentration de 1 mg/mL sont préparés. Ensuite, 2 mL d'une solution de carbonate de sodium à 2% sont ajoutés et les tubes sont agités avant d'être incubés pendant 5 minutes. Après cela, 100  $\mu$ L de réactif de Folin-Ciocalteu (1N) sont ajoutés aux tubes, qui sont ensuite incubés à température ambiante pendant 30 minutes. La densité optique des solutions est mesurée à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc.

En parallèle, une gamme d'étalonnage est réalisée en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (0,05 ; 0,1 ; 0,15 ; 0,2 ; 0,25 ; 0,3 ; 0,35 ; 0,4 ; 0,45 ; 0,5 mg/mL) et dans les mêmes conditions expérimentales.

Ce test est réalisé en triplicate et les résultats sont exprimés en  $\mu$ g équivalent acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu$ g EAG/mg E).

## 6. Dosage des flavonoïdes

### 6.1. Principe

Le dosage des flavonoïdes totaux implique la formation d'un complexe entre les flavonoïdes et deux réactifs, le chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) et le nitrite de sodium ( $\text{NaNO}_2$ ). Ce complexe présente une couleur jaune avec l' $\text{AlCl}_3$  et se transforme en une couleur rose en présence d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ), absorbant la lumière visible à une longueur d'onde de 510 nm (Ghazghazi *et al.*, 2013 ; Dewanto *et al.*, 2002).

### 6.2. Mode opératoire

Dans des tubes à hémolyse, 500  $\mu\text{L}$  de chaque extrait (1 mg/mL) sont dilués avec 2 mL d'eau distillée. Ensuite, 150  $\mu\text{L}$  d'une solution de nitrite de sodium à 15% sont ajoutés et le mélange est incubé à température ambiante pendant 6 minutes. Après cette première incubation, 150  $\mu\text{L}$  d' $\text{AlCl}_3$  à 10% sont ajoutés et le mélange est incubé pendant 6 minutes supplémentaires. Ensuite, 2 mL d'hydroxyde de sodium à 4 % sont ajoutés et le volume total est ajusté à 5 mL avec de l'eau distillée.

Les tubes sont ensuite agités et incubés pendant 15 minutes. La lecture des densités optiques est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 510 nm contre un blanc.

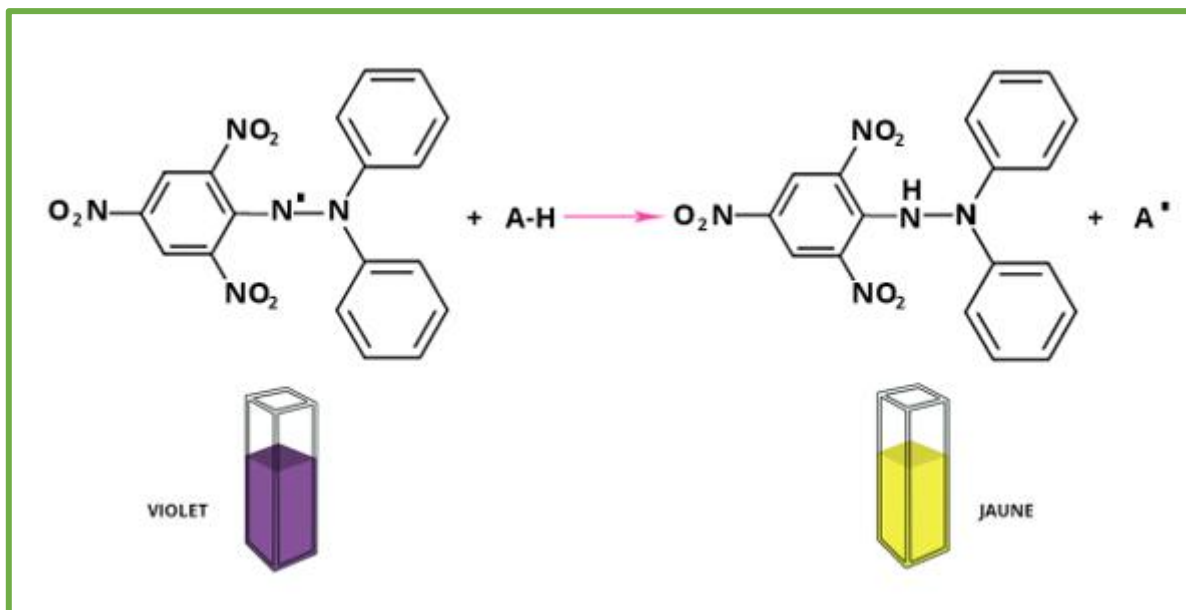
Une courbe d'étalonnage est également réalisée en parallèle en utilisant la catéchine à différentes concentrations allant de (0,025 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,15 ; 0,2 ; 0,25 ; 0,3 ; 0,35 ; 0,4 ; 0,45 ; 0,5 mg/mL), et en suivant les mêmes conditions opératoires que pour les extraits.

Ce test est réalisé en triplicate et les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g}$  équivalent catéchine par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g}$  EC/mg E).

## 7. Test de piégeage de 2,2-diphényl picrylhydrazyl (DPPH•)

### 7.1. Principe

La molécule DPPH est classée comme un radical libre stable, en raison de la délocalisation de l'électron libre sur l'ensemble de la molécule, ce qui l'empêche de se dimériser. Lorsqu'un donneur d'hydrogène réagit avec le radical DPPH•, il est réduit en son hydrazine correspondant. L'observation de l'efficacité d'un antioxydant s'effectue en mesurant le changement de couleur du radical, qui passe du bleu-violet (forme oxydée) au jaune (forme réduite) (Figure 05) (Ndhlala *et al.*, 2010 ; Milardovic *et al.*, 2006).



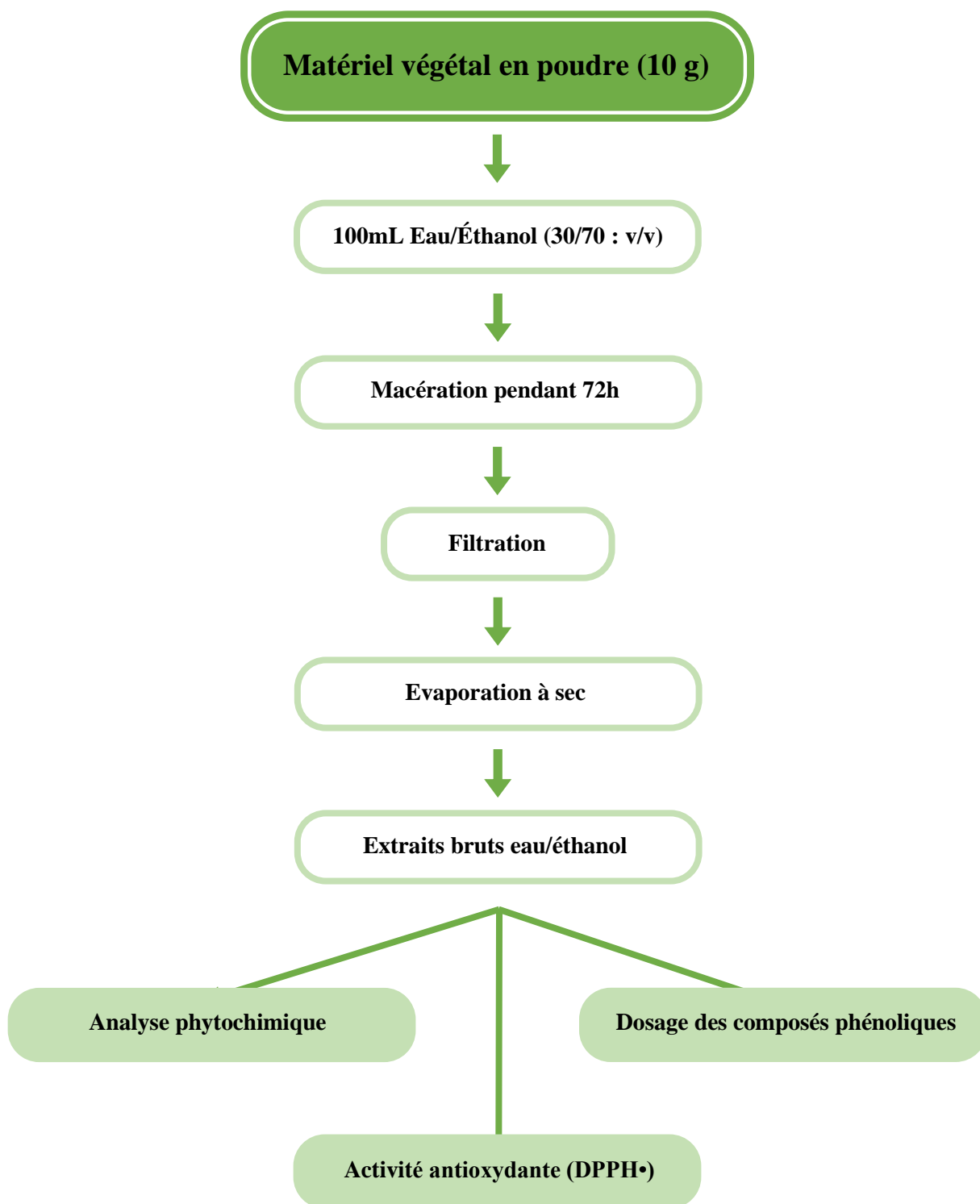
**Figure 05** : Transformation du radical DPPH• en DPPH,H (Maillard, 2023)

## 7.2. Mode opératoire

50  $\mu\text{L}$  des extraits hydroéthanoliques bruts des feuilles, tiges et racines d'*Urtica dioïca*, à différentes concentrations ou 50  $\mu\text{L}$  de l'acide ascorbique (utilisé comme molécule de référence), ont été ajoutés à 1950  $\mu\text{L}$  d'une solution méthanolique de DPPH à  $6,34 \times 10^{-5}$  M.

Après une incubation de 30 minutes à température ambiante et à l'abri de la lumière, les absorbances ont été mesurées à 517 nm par spectrophotométrie. Pour chaque concentration d'extraits ou d'acide ascorbique, un blanc a été préparé en mélangeant 50  $\mu\text{L}$  de l'échantillon testé avec 1950  $\mu\text{L}$  de méthanol.

En parallèle, un contrôle négatif a été préparé en mélangeant 50  $\mu\text{L}$  de méthanol avec 1950  $\mu\text{L}$  de la solution méthanolique de DPPH à  $6,34 \times 10^{-5}$  M.



**Figure 06** : Schéma récapitulatif du protocole expérimental réalisé sur les feuilles, tiges et racines d'*Urtica dioïca*

**DEUXIÈME PARTIE**

---

***Étude expérimentale***

---

**Résultats et interprétations**

## 1. Rendements des extractions

Les extraits hydroéthanoliques préparés à partir des parties (feuilles, tiges et racines) de la plante d'*Urtica dioïca* présentent des rendements et des caractéristiques différents (couleurs, aspects et solubilité).

**Tableau 06 :** Rendements et certaines caractéristiques des extraits étudiés.

Extraits	Parties de la plante	Rendements (%)	Aspects	Couleurs	Solubilités
Eau / Éthanol	Feuilles	2,23	Pâte	Verte foncée	Éthanol
	Tiges	4,74	Pâte	Marron verdâtre	Éthanol
	Racines	4,59	Pâte	Marron foncée	Éthanol

D'après le tableau 06, nous remarquons que tous les extraits hydroéthanoliques récupérés des trois parties de la plante (feuilles, tiges et racines) possèdent le même aspect (pâteux) et une même solubilité (éthanol).

Nous remarquons aussi, une différence de couleurs entre les trois parties de l'ortie. Une couleur vert foncé pour les feuilles, marron verdâtre pour les tiges et marron foncé pour les racines.

Pour le rendement, les extraits eau/éthanol des tiges et des racines ont presque les mêmes rendements (rendement de 4,74% pour les tiges et 4,59 % pour les racines). Par contre, l'extrait eau/éthanol des feuilles présente un rendement de 2,23%, cette valeur représente presque la moitié des valeurs des extraits précédents.

## 2. Etude phytochimique

### 2.1. Analyse phytochimique qualitative

Lorsque les réactifs spécifiques sont introduits, la présence des diverses classes des composés chimiques peut être détectée grâce à des indices, tels qu'une turbidité, une floculation, une précipitation ou un changement de couleur. Ces indices nous informent sur la nature chimique des constituants présents dans la plante. Les résultats de l'analyse phytochimique menée sur les extraits hydroéthanoliques des feuilles, des tiges et des racines d'*Urtica dioïca* sont présentés dans le tableau 07.

**Tableau 07** : Résultats de l'analyse phytochimique effectuée sur les feuilles, les tiges et les racines d'*Urtica dioïca*.

		Extraits Eau/Éthanol		
		Feuilles	Tiges	Racines
<b>Tanins</b>		+++	-	+++
<b>Flavonoïdes</b>		-	-	+++
<b>Quinone libre</b>		-	-	-
<b>Anthraquinones</b>		-	-	-
<b>Terpénoïdes</b>		+++	+	-
<b>Saponines</b>		+	-	-
<b>Alcaloïdes</b>	Mayer	-	-	-
	Wagner	-	+++	+++
<b>Composés réducteurs</b>		+++	+++	+++

(+++): Test fortement positif ; (+): Test positif ; (-) Test négatif.

Selon le tableau ci-dessus, nous observons que l'extrait eau/éthanol des feuilles est riche en tanins, en saponines et en terpénoïdes. Il ne contient pas d'alcaloïdes et de flavonoïdes.

Aussi, nous remarquons que les extraits hydroéthanoliques des feuilles, des tiges et des racines de l'ortie sont riches en composés réducteurs. Par contre, ils sont dépourvus d'anthraquinones et de quinones libres.

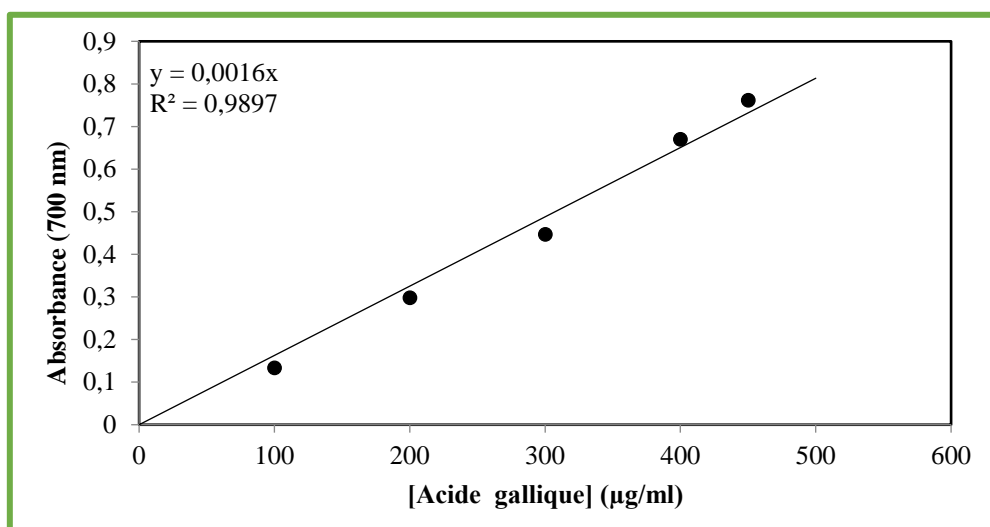
Pour l'extrait eau/éthanol de tiges, il est riche en terpénoïdes et en alcaloïdes d'après le test de Wagner, et il ne contient pas de tanins, de flavonoïdes et des saponines.

Nous observons aussi que les alcaloïdes sont présents d'après le test de Wagner, les tanins et les flavonoïdes dans l'extrait hydroéthanolique des racines. Les tests des terpénoïdes et des saponines se sont révélés négatifs.

## 2.2. Teneurs en composés phénoliques

La méthode de Folin-Ciocalteu a été utilisée pour estimer quantitativement les composés phénoliques totaux présents dans les extraits hydroéthanoliques des trois parties d'*Urtica dioïca*, en les exprimant en équivalent acide gallique. Les quantités de composés phénoliques totaux correspondant à chaque extrait ont été calculées en utilisant une courbe d'étalonnage

établie avec l'acide gallique, et elles sont exprimées en  $\mu\text{g}$  équivalents acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g}$  EAG/mg E) (**Figure 07**). Les résultats concernant ces teneurs sont récapitulés dans le tableau 08.



**Figure 07** : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

**Tableau 08** : Teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des feuilles, des tiges et des racines d'*Urtica dioïca*.

Extraits	Eau/Éthanol		
	Feuilles	Tiges	Racine
<b>Teneurs en polyphénols totaux (<math>\mu\text{g}</math> EAG/mg E)</b>	$130,7 \pm 0,01$	$72,2 \pm 0,008$	$90,3 \pm 0,004$

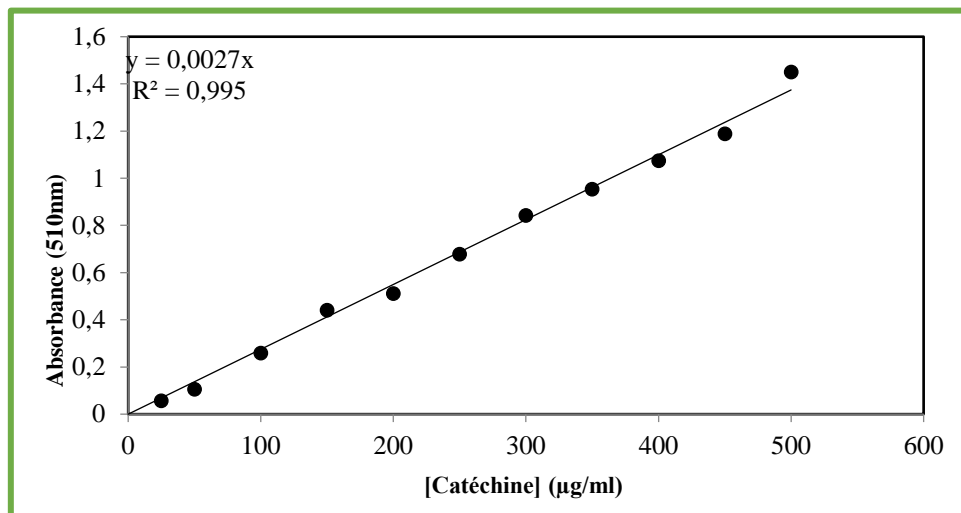
D'après les résultats obtenus, les extraits de l'ortie présentent des variations dans leurs teneurs en composés phénoliques.

Nous observons que la quantité en composés phénoliques totaux la plus élevée se retrouve dans l'extrait brut hydroéthanolique des feuilles ( $130,7 \pm 0,01 \mu\text{g}$  EAG/mg E), suivi de l'extrait brut hydroéthanolique des racines ( $90,3 \pm 0,004 \mu\text{g}$  EAG/mg E). Alors que l'extrait brut hydroéthanolique des tiges exhibe la quantité la plus faible en composés phénoliques totaux, avec une teneur de  $72,2 \pm 0,008 \mu\text{g}$  EAG/mg E.

### 2.3. Teneurs en flavonoïdes

La méthode au trichlorure d'aluminium a été utilisée pour estimer les teneurs en flavonoïdes dans les extraits hydroéthanoliques des trois parties d'*Urtica dioïca*. Pour calculer

les teneurs en flavonoïdes dans nos extraits (**tableau 09**), nous avons utilisé la catéchine pour réaliser une courbe d'étalonnage (**Figure 08**).



**Figure 08** : Courbe d'étalonnage de la catéchine

D'après les résultats du dosage quantitatif des flavonoïdes, nous remarquons que les trois extraits présentent des teneurs faibles en flavonoïdes. Il convient de mentionner que l'extrait des feuilles présente la plus grande teneur en flavonoïdes ( $31,3 \pm 0,002 \mu\text{g EC/mg E}$ ), par rapport à l'extrait brut des racines ( $7,0 \pm 0,003 \mu\text{g EC/mg E}$ ), et à l'extrait de tiges qui a présenté la teneur la plus faible en flavonoïdes ( $3,6 \pm 0,001 \mu\text{g EC/mg E}$ ).

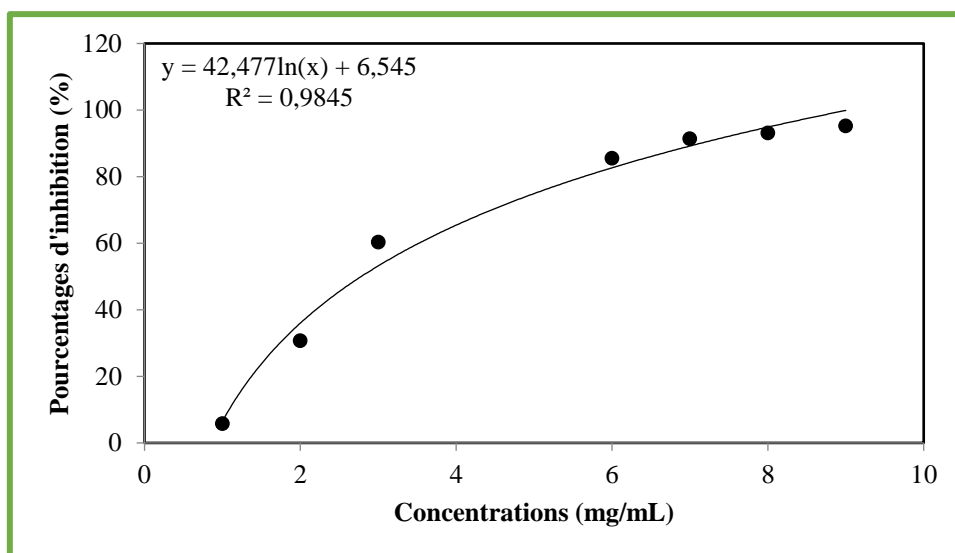
**Tableau 09** : Teneurs en flavonoïdes des extraits des feuilles, des tiges et des racines d'*Urtica dioïca*

Extraits	Eau/Éthanol		
	Feuilles	Tiges	Racine
<b>Teneurs en flavonoïdes (<math>\mu\text{g EC/mg E}</math>)</b>	$31,3 \pm 0,002$	$3,6 \pm 0,001$	$7,0 \pm 0,003$

### 3. Activité antioxydante des extraits hydroéthanoliques d'*Urtica dioïca*

#### 3.1. Piégeage du radical DPPH• par les extraits hydroéthanoliques bruts des feuilles, des tiges et des racines d'*Urtica dioïca*

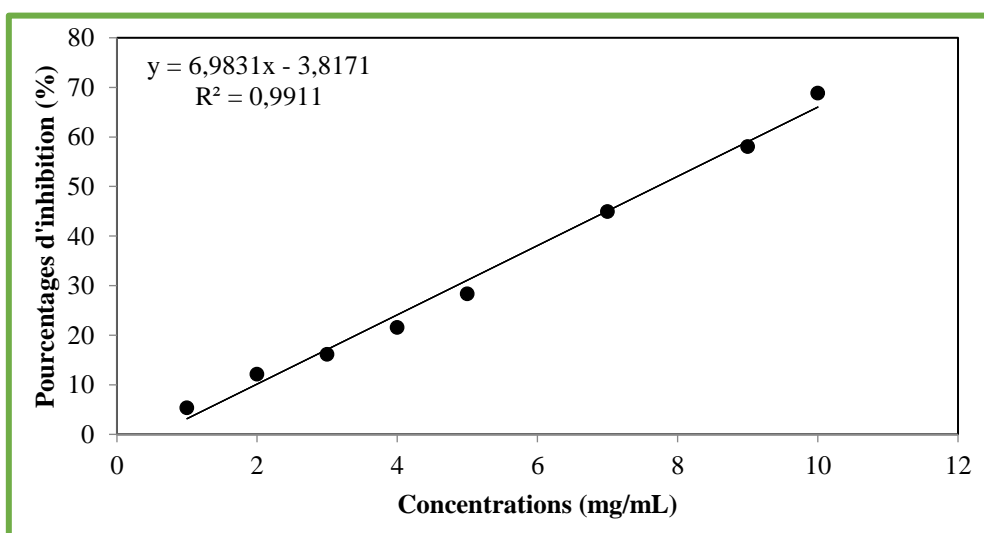
Les graphiques de la figure 09, la figure 10 et la figure 11, illustrent les taux d'inhibition exprimés en pourcentage des extraits bruts eau/éthanol des feuilles, des tiges et des racines d'*Urtica dioïca*.



**Figure 09 :** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'extrait eau/éthanol des feuilles d'*Urtica dioica*

Selon les données fournies par la figure 09, une augmentation proportionnelle du pourcentage d'inhibition du radical DPPH• en fonction de la concentration de l'extrait eau/éthanol des feuilles est observée. De plus, cette relation est représentée de manière logarithmique et présente une corrélation significative ( $R^2=0,985$ ).

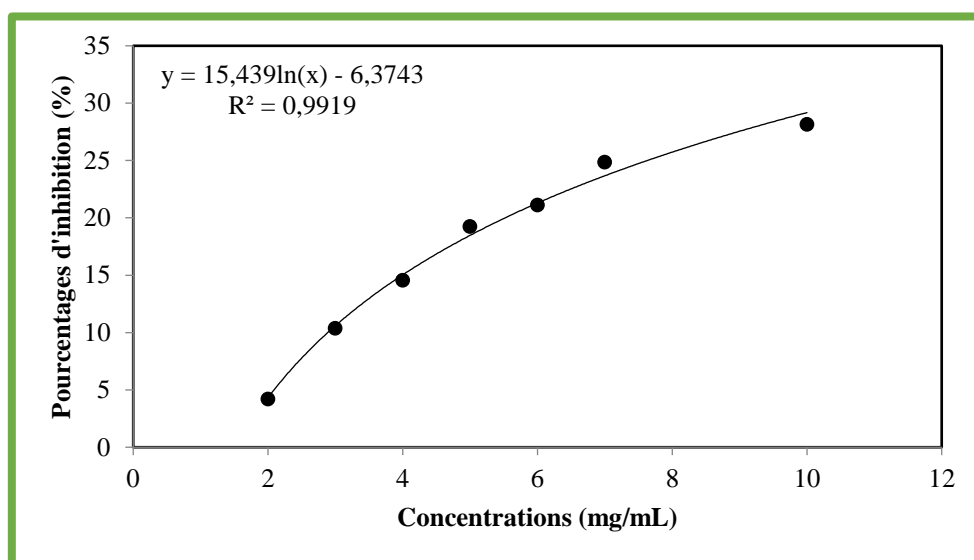
Le taux d'inhibition est d'environ 5,83 % à une concentration de 1 mg/mL. Cependant, le taux d'inhibition augmente pour atteindre 61 %, lorsque la concentration augmente à 3 mg/mL. Il atteint par la suite, un pourcentage de 95,26 % à la concentration de 9 mg/mL.



**Figure 10 :** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'extrait eau/éthanol des tiges d'*Urtica dioica*

Selon la figure 10, les concentrations de l'extrait eau/éthanol des tiges montrent des taux d'inhibition significatifs, avec une relation de régression logarithmique bien corrélée ( $R^2=0,990$ ).

À une concentration de 1 mg/mL, l'inhibition est d'environ 5,4 %, qui augmente à 45 % à une concentration de 7 mg/mL. À la concentration la plus élevée de 10 mg/mL de l'extrait brut testé, le taux d'inhibition est d'environ 69 %.



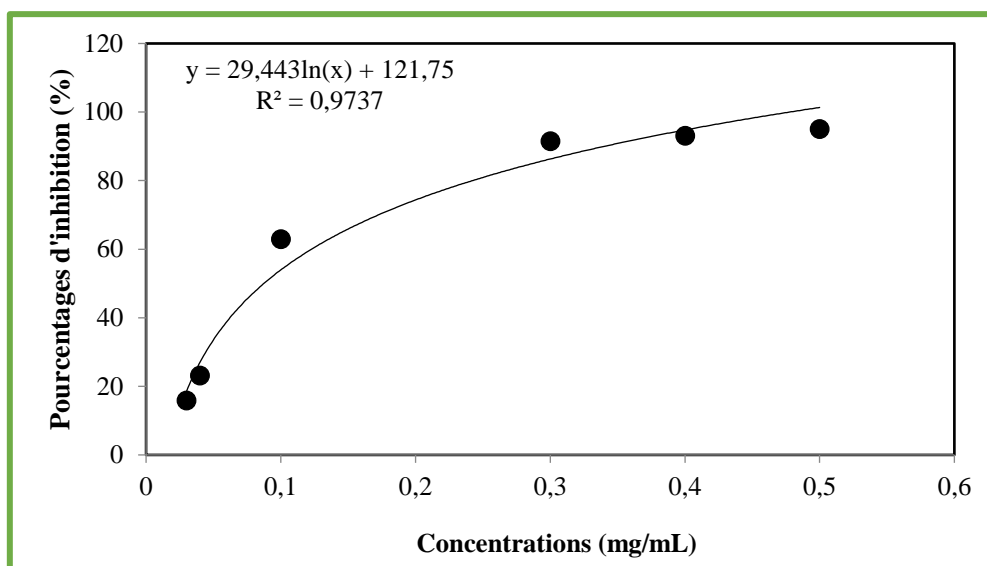
**Figure 11** : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'extrait eau/éthanol des racines d'*Urtica dioïca*

D'après les résultats du graphe de la figure 11, il est observé que le taux d'inhibition du radical DPPH• augmente proportionnellement avec la concentration de l'extrait eau/éthanol des racines. Cette relation est représentée de manière logarithmique et démontre une forte corrélation ( $R^2=0,991$ ).

Nous remarquons aussi, que l'extrait eau/éthanol de racines à une concentration de 2 mg/mL, montre une inhibition du radical DPPH• relativement faible, atteignant seulement 4,2 %. Cette inhibition augmente graduellement avec la concentration de l'extrait, atteignant 22 % pour une concentration de 6 mg/mL et 28 % pour une concentration de 10 mg/mL.

### 3.2. Piégeage du radical libre DPPH• par l'acide ascorbique (molécule de référence)

La figure 12, présente les pourcentages d'inhibition obtenus en utilisant l'acide ascorbique comme molécule de référence dans notre expérimentation, pour piéger le radical libre DPPH•. Les résultats montrent une forte corrélation avec une régression logarithmique.



**Figure 12 :** Pourcentage d'inhibition du radical DPPH• par l'acide ascorbique

Selon cette même figure, l'acide ascorbique démontre une activité antioxydante élevée, illustrée par les pourcentages d'inhibition élevés.

Les concentrations de l'acide ascorbique montrent de hauts taux d'inhibition, avec une bonne corrélation selon une régression logarithmique ( $R^2=0,973$ ). À la concentration de 0,03 mg/mL, le taux d'inhibition est d'environ 16 %, s'élevant à 63 % à la concentration de 1 mg/mL. À la concentration la plus élevée (5 mg/mL), le taux d'inhibition atteint environ 95 %.

### 3.3. Calcul des $CI_{50}$ et de l'activité antiradicalaire

La comparaison entre l'activité antioxydante des extraits étudiés et la molécule de l'acide ascorbique, se fait généralement grâce à un paramètre appelé  $CI_{50}$ . Dans une durée de 30 minutes, la  $CI_{50}$ , qui représente la concentration requise pour réduire de 50 % le radical DPPH•, peut être déterminée.

Les valeurs de  $CI_{50}$  sont déterminées en utilisant les équations des régressions logarithmiques et linéaires présentées dans les graphiques précédents, qui montrent les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations des échantillons testés (**tableau 10**).

**Tableau 10 :** Valeurs des  $CI_{50}$  des différents extraits d'*Urtica dioïca* et de l'acide ascorbique (molécule de référence)

Echantillons	Eau/Éthanol feuilles	Eau/Éthanol tiges	Eau/Éthanol racines	Acide ascorbique
$CI_{50}$ (mg/mL)	$2,78 \pm 0,07$	$7,70 \pm 0,048$	Supérieur à 10 mg/mL	$0,08 \pm 0,009$

Selon le tableau 10, l'acide ascorbique présente l'activité antioxydante la plus élevée ( $CI_{50} = 0,08 \pm 0,009$  mg/mL), qui se traduit par une valeur de  $CI_{50}$  basse. Les extraits examinés exhibent des valeurs de  $CI_{50}$  considérables, indiquant une bonne activité antioxydante, bien que ces valeurs restent inférieures à celle de l'acide ascorbique.

En comparant nos extraits, il a été constaté que l'extrait eau/éthanol des feuilles d'*Urtica dioïca* a affiché la valeur la plus faible de  $CI_{50}$  ( $2,78 \pm 0,07$  mg/mL), indiquant ainsi, un pouvoir antioxydant élevé par rapport à l'extrait eau/éthanol des tiges, qui a une  $CI_{50}$  de  $7,70 \pm 0,048$  mg/mL, qui signifie un faible pouvoir antioxydant.

En ce qui concerne l'extrait hydroéthanolique des racines de l'ortie, le pourcentage d'inhibition le plus élevé atteint reste inférieur à 50 %. Donc, il n'est pas possible de calculer sa concentration inhibitrice 50 % ( $CI_{50}$ ) dans l'intervalle des concentrations utilisées dans notre expérimentation.

## DEUXIÈME PARTIE

---

# *Étude expérimentale*

---

Discussion

*Urtica dioïca* L., est une plante médicinale utilisée en médecine traditionnelle en Algérie. De nombreuses études confirment la richesse de cette plante en composés bioactifs et en propriétés pharmacologiques importantes, telle que l'activité antioxydante (**Derradji et al., 2020**).

Nous avons effectué des analyses qualitatives et quantitatives portant sur certains composés bioactifs de l'*Urtica dioïca* L., ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits hydroéthanoliques des différentes parties de cette plante (feuilles, tiges et racines).

Tout d'abord, après la préparation des extraits hydroéthanoliques par macération de l'ortie, les rendements ont été déterminés par rapport à 10 g du matériel végétal déshydraté rendu en poudre. Les résultats ont été exprimés en pourcentage, et nous avons obtenu les rendements suivants : 2,23 % pour les feuilles, 4,74 % pour les tiges et 4,59 % pour les racines.

D'après les travaux de recherche effectués par **Akrab et Mouhadi (2019)**, ainsi que **Sidaoui et al. (2015)**, il a été constaté que les extraits aqueux des feuilles d'*Urtica dioïca* L. présentaient un taux de rendement de 1,9 %, tandis que les extraits hydroéthanoliques obtenus à partir des feuilles présentaient un rendement de 7,5 %. Concernant les racines, l'extrait d'éthanol, tel que mentionné par **Hryb et al., (1994)**, affichait un rendement de 8,5 %. De plus, les résultats obtenus par **Belmamoun et al., (2023)** indiquent qu'en calculant le rendement moyen sur une masse de 20 g, celui-ci s'élevait approximativement à 31,5 %.

L'analyse phytochimique de la plante étudiée a révélé une variété de métabolites secondaires, avec la présence de plusieurs familles des composés phénoliques, à l'exception des quinones libres et des anthraquinones. Ces résultats corroborent les études antérieures de **Joshi et al., (2014)** et **Rawat et al., (2019)**, qui mettaient en évidence l'abondance de flavonoïdes et de tanins dans cette plante. Selon les résultats présentés dans notre étude, nous avons observé une présence des saponines dans l'extrait de feuilles, une quantité modérée de tanins et une faible teneur en flavonoïdes. De plus, les feuilles ne contiennent pas d'alcaloïdes, ce qui concorde avec les rapports de **Saklani et Kothiyal, (2012)**.

Les résultats du dosage quantitatif effectué sur les extraits hydroéthanoliques de trois parties d'*Urtica dioïca* ont montré des teneurs élevées en composés phénoliques totaux. Les extraits des feuilles, des racines et des tiges présentent des teneurs de  $130,7 \pm 0,01$ ,  $90,3 \pm 0,008$  et  $72,2 \pm 0,004$  µg EAG/mg E, respectivement.

Les extraits contiennent des quantités de flavonoïdes relativement faibles. Il est important de noter que l'extrait de feuilles présente la plus haute concentration en flavonoïdes ( $31,3 \pm$

0,002 mg EC/g E), comparé à l'extrait de racines ( $7,0 \pm 0,001 \mu\text{g EC/mg E}$ ) et à l'extrait de tiges, qui présente la plus faible teneur en flavonoïdes ( $3,6 \pm 0,003 \mu\text{g EC/mg E}$ ).

Les résultats que nous avons obtenus diffèrent de ceux rapportés dans l'étude menée par **Kószegi et al., (2019)**. D'après leur recherche, les extraits de feuilles et de racines présentent des teneurs en composés phénoliques totaux de  $34,82 \pm 1,86$  et  $24,14 \pm 0,41 \mu\text{g EAG/mg E}$ , respectivement. Cependant, nos propres résultats sont supérieurs à ces valeurs.

Une recherche menée par **Kukric et al., (2012)** a été examinée sur les feuilles d'*Urtica dioïca* en utilisant un solvant d'extraction à base d'éthanol à 80 %. Les résultats ont révélé une concentration totale de composés phénoliques de  $208,37 \mu\text{g EAG/mg E}$ , tandis que la concentration de flavonoïdes était de  $20,29 \mu\text{g EC/mg E}$ .

D'après les résultats d'**Akrab et Mouhadi (2019)**, les niveaux de composés phénoliques et de flavonoïdes dans les extraits aqueux des feuilles d'*Urtica dioïca* sont significativement plus faibles par rapport à nos résultats. Leur étude a révélé une concentration de composés phénoliques totaux de  $64,10 \pm 2,08 \mu\text{g EAG/mg E}$ , ainsi qu'une concentration de flavonoïdes de  $13,18 \pm 0,49 \mu\text{g EC/mg E}$ .

Les résultats de l'étude menée sur la plante entière ont révélé des concentrations significatives en composés phénoliques, atteignant  $82,52 \mu\text{g EAG/mg E}$ , ainsi que des concentrations élevées en flavonoïdes, atteignant  $83,2 \mu\text{g EC/mg E}$  de l'extrait méthanolique d'*Urtica dioïca* (**Chaabna et al., 2022**).

L'étude *in vitro* portant sur l'évaluation du pouvoir antioxydant de la plante *Urtica dioïca*, à l'aide de la méthode de piégeage du radical DPPH a révélé des résultats significatifs. L'analyse de l'extrait eau/éthanol des feuilles a démontré une augmentation proportionnelle du pourcentage d'inhibition du radical DPPH• en fonction de la concentration. À une concentration de 9 mg/mL, le pourcentage d'inhibition a atteint 95,26 %. Ces résultats indiquent une concentration inhibitrice à 50 % ( $CI_{50}$ ) de  $2,78 \pm 0,07 \text{ mg/mL}$ , ce qui représente la quantité nécessaire pour inhiber la moitié du radical DPPH•.

Par ailleurs, l'extrait eau/éthanol des tiges a également montré une bonne activité antioxydante. À une concentration de 10 mg/mL, le taux d'inhibition a atteint près de 70 %. La  $CI_{50}$  correspondant à cet extrait a été évaluée à  $7,70 \pm 0,048 \text{ mg/mL}$ .

Ces résultats confirment que les extraits hydroéthanoliques des feuilles et des tiges de la plante *Urtica dioïca* présentent un potentiel antioxydant remarquable, mais restent inférieures à celle de l'acide ascorbique qui a une puissante activité antioxydante ( $CI_{50} = 0,08 \pm 0,009 \text{ mg/mL}$ ).

Les résultats de l'activité antioxydante obtenus par **Belmamoun et al., (2023)** sur la plante d'*Urtica dioïca*, montrent que l'extrait méthanolique a un pourcentage d'inhibition du DPPH de 82,76 % à la concentration de 25 mg/mL, et présentant une  $CI_{50}$  de 4,69 mg/mL. Ce qui est confirmé par les études d'**Adhikari et al., (2015)** et **Mhamdia et al., (2022)**.

Une autre étude réalisée par **Pourmorad et al., (2006)**, ont signalé un pourcentage d'inhibition de 70,8 % à une concentration de 4 mg/mL, avec une  $CI_{50}$  de 1,45 mg/mL en travaillant sur la plante entière d'*Urtica dioïca*.

Il serait important de souligner que la variation des résultats obtenus dans notre étude avec ceux des auteurs cités précédemment, pourraient être expliquée par certains facteurs, dont :

Les facteurs climatiques et environnementaux, tels que la zone géographique, la sécheresse, les agressions et les maladies, peuvent exercer une influence significative (**Miliauskas et al., 2004**).

De plus, le patrimoine génétique de la plante, la période de récolte et le stade de développement de la plante peuvent également jouer un rôle clé (**Lee et al., 2003**).

Il convient également de noter que les méthodes d'extraction et de quantification utilisées peuvent influencer l'estimation de la teneur en phénols totaux (**Morais et al., 2011**).

Le rendement peut varier d'une plante à une autre en raison de la richesse spécifique de chaque espèce en métabolites secondaires qui sont compatibles avec le solvant utilisé (**Lachguer et al., 2021**).

De plus, des changements dans la composition chimique et la distribution des composés bioactifs peuvent se produire à mesure que la plante atteint la maturité (**Repajić et al., 2021**).

La solubilité des composés phénoliques est également un facteur important qui est conditionné par le type de solvant utilisé (**Daoudi et al., 2015**).

En outre, la différence d'efficacité d'*Urtica dioïca* dépend essentiellement de la région de cueillette et du stade physiologique de la plante (**Monfared et al., 2011**).

L'analyse des résultats a également mis en évidence l'influence des solvants utilisés et des concentrations considérées sur les activités antioxydantes d'*Urtica dioïca* (**Kataki et al., 2012**).

Ainsi, il est important de prendre en compte ces paramètres lors de la comparaison des résultats de la partie phytochimique et de l'activité antioxydante des extraits d'*Urtica dioïca* entre les différentes recherches scientifiques.

---

# ***Conclusion générale***

---

Les produits dérivés de la nature prennent une grande importance dans le domaine des traitements thérapeutiques. En particulier, les plantes médicinales renferment une richesse de composés bioactifs qu'il est crucial d'explorer en profondeur pour profiter de leurs multiples avantages.

Le but de cette étude était d'effectuer une analyse qualitative et quantitative des extraits hydroéthanoliques des feuilles, des tiges et des racines d'*Urtica dioïca*, ainsi que d'évaluer leur potentiel antioxydant.

Une évaluation a été effectuée pour estimer les niveaux de composés phénoliques totaux et de flavonoïdes, ainsi que l'activité antioxydante des extraits provenant de diverses parties de la plante *Urtica dioïca*. Les résultats montrent que l'extrait hydroéthanolique des feuilles est le plus riche en composés phénoliques, avec une concentration de 130,7 µg EAG/mg E, et en flavonoïdes, avec une concentration de 31,3 µg EC/mg E.

De plus, l'extrait des feuilles a une  $CI_{50}$  de  $2,78 \pm 0,07$  mg/ml, ce qui démontre leur forte capacité antioxydante pour piéger le DPPH.

En résumé, les feuilles d'*Urtica dioïca* contiennent une quantité élevée de composés phénoliques et de flavonoïdes, ce qui leur confère une puissante activité antioxydante.

Ce travail représente seulement une fraction de l'exploitation des plantes médicinales ayant une activité antioxydante. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de compléter cette étude, notamment :

- Il est nécessaire de réaliser une étude approfondie de la partie phytochimique de la plante, afin de caractériser les divers composants présents dans les différentes parties d'*U. dioïca* L. ;
- L'utilisation de solvants et des modes d'extraction différents ;
- La séparation et l'identification des principes actifs peuvent être réalisées grâce à l'utilisation d'autres tests et techniques ;
- Il serait souhaitable de réaliser une étude *in vivo*, des molécules bioactives isolées, afin d'explorer leurs mécanismes d'action au niveau tissulaire et moléculaire ;
- La réalisation d'autres tests pour évaluer d'autres activités biologiques ;
- La réalisation de tests de toxicité de la plante.

---

***Références  
Bibliographiques***

---

### (A)

- **Adhikari B.M., Bajracharya A. & Shrestha A.K. (2015).** Comparison of nutritional properties of stinging nettle (*Urtica dioica*) flour with wheat and barley flours. *Food Science & Nutrition*, 4:119–124.
- **Ait Haj Said, A., Sbai El Otmani, I., Derfoufi, S., & Benmoussa, A. (2016).** Mise en valeur du potentiel nutritionnel et thérapeutique de l'ortie dioïque (*Urtica dioica* L.). *Hegel*, 3, 280-292.
- **Akrab, C., & Mouhadi, Z. (2019).** Evaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits de feuilles d'*Urtica dioica* L. Mémoire de Master : Biochimie de la Nutrition. : Constantine, Université Frères Mentouri.
- **AL-Aloosy, Y.A.M., AL-Tameemi, A.J.H. & Jumaa, S.S. (2019).** The role of enzymatic and non-enzymatic antioxidants in facing the environmental stresses on plant : A REVIEW

### (B)

- **Baudin, B. (2020).** Stress oxydant et protections antioxydantes. Elsevier BV.
- **Beaudeau, J. L., Delattre, J., Therond, P., Bonnefont-Rousselot, D., Legrand, A., & Peynet, J. (2006).** Le stress oxydant, composante physiopathologique de l'athérosclérose. *Immuno-analyse & Biologie spécialisée*, 21(3), 144-150.
- **Belmamoun, A. R., Mhamdia, C., Ammam, A., Baki, A., Chadli, R. & Benmaissa, H. (2023).** Phytochemical Screening of Methanolic Extract of *Urtica dioica* L.: Antioxidant and Antimicrobial Power for Food Safety.
- **Beloued, A. (2001).** Plantes médicinales d'Algérie, Office des publications universitaires P 152.
- **Beloued, A. (2005).** Plantes médicinales d'Algérie. N°: 4276 éd, Office des publications Universitaires, 296p.
- **Bhusal, K. K., Magar, S. K., Thapa, R., Lamsal, A., Bhandari, S., Maharjan, R., ... Shrestha, J. (2022).** Nutritional and pharmacological importance of stinging nettle (*Urtica dioica* L.): A review. Elsevier BV.
- **Botineau, M. (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Lavoisier P 697-670.
- **Boyrie, J. (2016).** *Urtica dioica* L. : Une plante aux usages multiples. Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Bordeaux.

- **Brainina, K. Z., & Shpigun, L. K. (2022).** State-of-the-art electrochemistry for the assessment of oxidative stress and integral antioxidant activity of biological environments. *Electrochemical science advances*.

### (C)

- **Chaabna, S., Menighed, R. & Dermouchi, N. (2022).** Etude phytochimique et activité antibactérienne des extraits d'une plante médicinale (*Urtica dioica* L.). Mémoire de Master : Toxicologie Fondamentale et Appliquée : Jijel, Université Mohamed Seddik Benyahia.
- **Chahardehi, A.M., Ibrahim, D. & SULAIMAN, S. F. (2009).** Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Some Medicinal Plants in Urticaceae Family.
- **Couplan, F. & Styner, E. (2012).** Guide des plantes sauvages comestibles et toxique. Delachaux et Niestlé. ISBN 978-2-603-01681-7.
- **Couplan, F. (2007).** Reconnaître facilement les plantes. Delachaux et Niestlé P 95.
- **Couplan, F. (2017).** Le régal végétal. Sang de la terre, Deuxième trimestre. ISBN 978-2-86985—342-3.

### (D)

- **Daoudi, A., Sabiri, M., Bammou, M., Zair, T., Ibijbijen, J., & Nassiri, L. (2015).** Valorisation des extraits de trois espèces du genre *Urtica*: *Urtica urens* L., *Urtica membranacea* Poir et *Urtica pilulifera* L. *Journal of Applied Biosciences*, 87 8094-8104.
- **Delahaye, J. (2015).** Utilisation de l'ortie – *Urtica dioica* L. Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Rouen.
- **Derradji, L., Saidi, O. & Hadeif, Y. (2020).** Evaluation of the antioxidant activity of the bioactive components in an aqueous extract of *Urtica dioica* L leaves from eastern Algeria. GSC Online Press.
- **Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002).** Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. *American Chemical Society (ACS)*.
- **Di Meo, S., & Venditti, P. (2020).** Evolution of the Knowledge of Free Radicals and Other Oxidants. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 1 32.
- **Draghi, F. (2005).** L'Ortie dioïque (*Urtica dioica* L.) : étude bibliographique. Thèse de Doctorat En Pharmacie, Université Henri Poincaré Nancy.

### (E)

- **Edeoga, H. O., Okwu, D. E., & Mbaebie, B. O. (2005).** Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. Academic Journals.

### (G)

- **Garza-Lombó, C., Pappa, A., Panayiotidis, M. I., & Franco, R. (2020).** Redox homeostasis, oxidative stress and mitophagy. *Mitochondrion*, 51, 105-117.
- **Gaschler, M. M., & Stockwell, B. R. (2017).** Lipid peroxidation in cell death. Elsevier BV.
- **Ghazghazi, H., Aouadhi, C., Maaroufi, A. & Hasnaoui, B. (2013).** Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de quatre plantes collectées du nord de Tunisie.
- **Guichardant, M., Bacot, S., Molière, P., & Lagarde, M. (2006).** Les biomarqueurs de la peroxydation lipidique. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*.

### (H)

- **Halliwell, B., & Whiteman, M. (2004).** Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean?. *Br J Pharmacol*, 142, 231-255.
- **Harford, R. (2019).** Edible and Medicinal Wild Plants of Britain and Ireland.
- **Hida, H. (1993).** Anticancéreux et espèces réactive de l'oxygène. Etude de l'effet des antioxydants sur la peroxydation microsomale induite par l'Adriamycine. Thèse de doctorat en pharmacie, Université. Joseph Fourier -Grenoble I -.
- **Hryb, D. J., Kian, M. S., Roinas, N. A. & Rosner, W. (1994).** The Effect of Extracts of the Roots of the Stinging Nettle (*Urtica dioica*) on the Interaction of SHBG with its Receptor on Human Prostatic Membranes.

### (I)

- **Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2018).** First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. Informa UK Limited.

**(J)**

- **Joshi, B.C., Mukhija, M. & Kalia A.N. (2014).** Pharmacognostical review of *Urtica dioica* L.. Department of Pharmacognosy, Indo-Soviet-Friendship College of Pharmacy Moga, Punjab, India.

**(K)**

- **Kabel, A. M. (2014).** Free Radicals and Antioxidants : Role of Enzymes and Nutrition. *World journal of nutrition and health*, 2(3), 35-38.
- **Karumi, Y., Onyeyili, P. A., & Ogugb uaja, V. O. (2004).** Identification of active principles of balsamina (Balsam apple) leaf extract. *J. Med. Scien.*, 4, 179-182.
- **Kataki, M., Murugamani, V., Rajkumari, A., Mehra, P., Awasthi, D. & Yadav R. (2012).** Antioxidant, hepatoprotective, and anthelmintic activities of methanol extract of *urtica dioica* L. Leaves. *Pharmaceutical Crops*.
- **Khan, N. J., Khan, Z. & Sukhcharn, S. (2016).** Stingingnettle (*Urticadioica* L.): a reservoir of nutrition and bioactive components with great functional potential.
- **Khanal, D., Tiwari, I., Bastola, R. & Upreti, C. (2017).** Effets bénéfiques de la supplémentation en ortie piquante sur la production de lait Népal. *Vétérinaire. J.* , 34, p. 60 – 68.
- **Koechlin-Ramonatxo, C. (2006).** Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. Elsevier BV.
- **Kőszegi, K., Békássy-Molnár, E., Koczka, N., Kerner, T., & Stefanovits-Bányai, É. (2019).** Changes in Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.) from Spring to Autumn. *Periodica Polytechnica Budapest University of Technology and Economics*.
- **Kowalczyk, A. (2021).** The Role of the Natural Antioxidant Mechanism in Sperm Cells. Springer Science and Business Media LLC.
- **Kukric, Z., Z., Topalic-Trivunovic, L., N., Kukavica, B., M., Matos, S., B., Pavicic, S., S., Boroja, M., M., & Savic, A., V. (2012).** Characterization of antioxidant and antimicrobial activities of nettle leaves (*Urtica dioica* L.). National Library of Serbia.

(L)

- **Lachguer, K., Zakriti, A. & Zouhir C. (2021).** Insecticidal effect of some Moroccan plants extracts on *Macrosiphum rosae* and *Gynaikothrips ficorum*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10: 118-124.
- **Lee, A.T., Proenc, C., Ferreira, A.R., Serralheiro, M.L.M., Nogueira, J.M.F. & Araujo, M.E.M. (2003).** Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chem*, 103: 778-786.
- **Lee, T.-H., & Kang, T.-H. (2019).** DNA Oxidation and Excision Repair Pathways.
- **Limonier, A-S. (2018).** La phytothérapie de demain : les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. *Sciences pharmaceutiques*.
- **Lismont, Revenco, & Fransén. (2019).** Peroxisomal Hydrogen Peroxide Metabolism and Signaling in Health and Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(15), 3673.
- **Liu, Z., Zhou, T., Ziegler, A. C., Dimitrion, P., & Zuo, L. (2017).** Oxidative Stress in Neurodegenerative Diseases: From Molecular Mechanisms to Clinical Applications. Hindawi Limited.

(M)

- **Maillard, M.-N. (2023).** Determination of the activity of an antioxidant by the DPPH° assay. Consulté le 15 mai 2023, à l'adresse <http://chimactiv.agroparistech.fr/resources/images/fiches/aliments/antioxydant-dpph/en/antioxydant-image-6.png>
- **Majob, F., Kamalinejab, M., Ghaderi, N., & Vahidipour, H. R. (2003).** Phytochemical screening of some species of Iranian plants. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 77-82.
- **Man, S., Păucean, A., Chiș, M., Muste, S., Pop, A., Mureșan, A. & Martis, G. (2019).** Effet de l'ajout de poudre de feuilles d'ortie (*Urticadioica L.*) sur la qualité du pain. *J. Herb. Méd.*, 27, p. 104 – 112
- **Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., & D'Alessandro, A. G. (2022).** Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen*, 2(2), 48 78.

- **Mhamdia, C., Belmamoun, A.R. & Baki, A. (2022).** Study of the antioxidant activity of two parts (leaves and roots) of a methanolic extract of *Urtica dioica* L from the wilaya of Sidi- Bel-Abbes by in-vitro test. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 12:84–91.
- **Michalak, M. (2022).** Plant-Derived Antioxidants: Significance in Skin Health and the Ageing Process.
- **Migdal, C., & Serres, M. (2011).** Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *EDP Sciences*.
- **Milardović, S., Iveković, D., & Grabarić, B. S. (2006).** A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. Elsevier BV.
- **Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food chemistry*, 85: 231-237.
- **Monfared, M., Kamkar, A. & Khaligh, S.G. (2011).** Antioxidative effects of Iranian *Urtica dioica* L. extracts on the oxidation of sunflower oil. *Journal of Medicinal Plant Research* 5(18).
- **Morais, M., Moreira, L., Feàs, X. & Estevinho, L.M. (2011).** Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*.
- **Morry, J., Ngamcherdtrakul, W., & Yantasee, W. (2017).** Oxidative stress in cancer and fibrosis : Opportunity for therapeutic intervention with antioxidant compounds, enzymes, and nanoparticles. *Redox Biology*, 11, 240 253.
- **Moussa, Z., M.A. Judeh, Z., & A. Ahmed, S. (2020).** Nonenzymatic Exogenous and Endogenous Antioxidants. *IntechOpen*.

### (N)

- **N'Guessan, K., Kadja, B., Zirihi, G., Traoré, D., & Aké-Assi, L. (2009).** Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *African Journals Online (AJOL)*.
- **Ndhlala, A., Moyo, M., & Van Staden, J. (2010).** Natural Antioxidants: Fascinating or Mythical Biomolecules?.

**(O)**

- **Oloyede, O.I. (2005).** Chemical Profile of Unripe Pulp of *Carica papaya*. Pakistan journal of nutrition 4,379-381.

**(P)**

- **Palipoch, S., & Koomhin, P. (2015).** Oxidative stress-associated pathology: a review. Sains Malaysiana, 44(10), 1441-1451.
- **Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J. & Shahabimajd, N. (2006).** Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants.

**(R)**

- **Ranjbari, A., Azarbayjani, M. A., Yusof, A., Halim Mokhtar, A., Akbarzadeh, S., Ibrahim, M. Y., ... Dehghan, F. (2016).** In vivo and in vitro evaluation of the effects of *Urtica dioica* and swimming activity on diabetic factors and pancreatic beta cells.
- **Rawat, G. & Bameta, A. (2019).** Phytochemical Determination and Antibacterial Activity of *Urtica dioica* Leave Extracts against Isolated Food Borne Bacteria. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8(12):1704-1712.
- **Repajić, M., Cegledi, E., Zorić, Z., Pedisić, S., Elez, Garofulić, I., Radman, S., et al. (2021).** Bioactive compounds in wild nettle (*Urtica dioica* L.) leaves and stalks: polyphenols and pigments upon seasonal and habitat variations. Foods, 10:190.
- **Roschek Jr, B., Fink, R.C., McMichael, M. & Alberte, R.S. ( 2009 ).** L'extrait d'ortie ( *Urticadioica* ) affecte les principaux récepteurs et enzymes associés à la rhinite allergique Phytother Res. : Int. J. Consacrer. Pharmacol. Toxicol. Éval. Nat. Prod. Dériv. , 23 ( 7 ), p. 920 – 926.

**(S)**

- **Safari, V.Z., Ngugi, M.P., Orinda, G. & Njagi EM. (2016).** Anti-pyretic, Anti-inflammatory and Analgesic Activities of Aqueous Leaf Extract of *Urtica Dioica* L. in Albino Mice Article in Medicinal & Aromatic Plants.
- **Sailaja Rao, P., Kalva, S., Yerramilli, A., & Mamidi, S. (2011).** Free Radicals and Tissue Damage : Role of Antioxidants. Free Radicals and Antioxidants, 1(4), 2 7.

- **Saklani, S. & Kothiyal, S.C. (2012).** In vitro antimicrobial activity nutritional profile of medicinal plant of Garhwal, Himalaya. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 3(3 1):268-272.
- **Schauenberg, P. & Paris, F. (2016).** Les plantes médicinales. Delachaux et Niestlé P 321.
- **Sharma, S. K., Singh, D., Pandey, H., Jatav, R. B., Singh, V., & Pandey, D. (2022).** An Overview of Roles of Enzymatic and Nonenzymatic Antioxidants in Plant. Springer Nature Singapore
- **Sharp, R. (2021).** Substances de base ; Que sont-ils et comment peuvent-ils être utilisés pour lutter contre les ravageurs et les maladies dans les exploitations ? <https://www.eutrema.co.uk/post/basic-substances-what-are-they-and-how-can-they-used-for-pest-and-disease-control-on-farms>
- **Shaw, P., Kumar, N., Sahun, M., Smits, E., Bogaerts, A., & Privat-Maldonado, A. (2022).** Modulating the Antioxidant Response for Better Oxidative Stress-Inducing Therapies: How to Take Advantage of Two Sides of the Same Medal?.
- **Sidaoui, F., Belghith Igueld, S., Barth, D., Trabelsi-Ayadi, M. & Cherif, J.K. (2015).** Study of Tunisian Nettle Leaves (*Urtica dioica* L.): Mineral Composition and Antioxidant Capacity of their Extracts Obtained by Maceration and Supercritical Fluid Extraction.
- **Stadtman, E. R. (2006).** Protein oxidation and aging. Informa UK Limited.

### (T)

- **Tanaka, M., & Vécsei, L. (2020).** Monitoring the Redox Status in Multiple Sclerosis. *Biomedicines*, 8(10), 406.
- **Tissier, Y. (2011).** Les vertus de l'Ortie. Tredaniel. Le Courrier du Livre. France
- **Torres, R.J.A., Ferreira, A.L.A., Luchini, A. & Torres, R.J.A. (2022).** The role of non-enzymatic antioxidants on age-related macular degeneration. *Frontiers Drug Chemistry Clinical Res.* 5.
- **Toubal, S. (2018).** Caractérisation de la relation chémotypes de l'ortie-bactéries vectorisées Associées et évaluation de leurs activité sur culex sp. Thèse de Doctorat en Ecologie des Systèmes Vectoriels, Université M'hamed Bougara, Boumerdes, 166p.

### (V)

- **Vermerris, W. & Nicholson, R. (2006).** Phenolic Compounds and Their Effects on Human Health. In: *Phenolic Compound Biochemistry*, Springer, Dordrecht, 235-255.

- **Viotti, C., Albrecht, K., Amaducci, S., Bardos, P., Bertheau, C., Blaudez, D., ... Chalot, M. (2022).** Nettle, a Long-Known Fiber Plant with New Perspectives.

**(Z)**

- **Zhang, Z., Huang, Q., Zhao, D., Lian, F., Li, X., & Qi, W. (2023).** The impact of oxidative stress-induced mitochondrial dysfunction on diabetic microvascular complications. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1112363.