

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان



UNIVERSITE de TLEMCEM
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et
Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie



Laboratoire des substances naturelles et bioactives (LASNABIO)

MEMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER
En sciences biologiques
Option : INFECTIOLOGIE

Thème :

**Evaluation des activités biologiques de l'extrait
phénolique de *Corchorus olitorius***

Présenté par

Mlle MAHLIA Wiem Bouchra

Soutenu le 26/06/2022, devant le jury composé de :

Président	MEDJDOUB A.	M.C.A	Université d'Oran
Encadreur	GHALEM M.	M.C.A	Université de Tlemcen
Examineur	MERZOUK A.	M.C.B	Université de Tlemcen

Année universitaire 2021-2022

Remerciements

Tout d'abord, je remercie DIEU de m'avoir donné la force, la Volonté et le courage pour terminer mon travail de fin d'études.

Je tiens à témoigner mes profonds remerciements et profonde considération à mon encadrante **Mme GHALEM Meriem**, Maitre de Conférences A à l'université de Tlemcen faculté SNV-STU, pour avoir accepté la charge d'être rapporteuse de ce mémoire, je la remercie pour leurs soutiens précieux ainsi que leurs conseils au cœur de ce parcours scientifique pour améliorer la qualité de mon travail. Ses encouragements et surtout sa disponibilité qui a été pour moi, une source constante de motivation.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres du jury :

Mme Medjdoub Amel, Maître de Conférences A à l'Université d'Oran faculté SNV-STU, pour sa gentillesse et pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Mme Merzouk Amel, Maitre de Conférences B à l'Université de Tlemcen faculté SNV-STU. Je suis très honorée que vous acceptiez d'examiner mon travail.

De même, Je tiens à remercier le directeur **Mr GHALEM S** ainsi l'équipe du laboratoire des substances naturels et bioactives (**LASNABIO**), Université de Tlemcen, pour leur accueil disponibilité et leur aide durant notre stage pratique.

Je remercie également notre responsable de Master Infectiologie **Mme Boukli Hassen latifa** professeur à l'université de Tlemcen faculté SNV-STU pour tous ses efforts durant ces deux années.

Que mes vifs remerciements aillent à l'ensemble des professeurs qui ont contribué à notre formation et tout le personnel du département de Biologie.

Je remercie enfin tous ce qui n'ont pas été cités dans ces quelques lignes et qui ont contribué de près ou de loin par leur aide au bon déroulement de ce travail.

Dédicaces

Au nom de dieu le tout puissant, Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect et mon amour éternel,
à ces deux merveilleuses personnes qui ont toujours été à mes côtés pour illuminer mon
chemin et m'encourager.

Puisse dieu vous protège et vous préserve la santé inchallah.

A mes chères sœurs : Asma, Meriem & Nafissa.

A mes chers frères et beaux-frères : Hicham, Issam, Badro & Ibrahim.

A ma très chère nièce Ritedj et mes neveux Louay, Iyed & Mouad.

A tous mes collègues de Master spécialité Infectiologie.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Wiem

Résumé

L'étude des métabolites secondaires font l'objet de nombreuses recherches, notamment les composés phénoliques qui sont des antioxydants naturels très présents dans le règne végétal. Ces molécules sont très utiles pour la santé humaine.

Dans ce contexte, le présent travail porte sur l'étude des activités biologiques de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*, connue en Afrique beaucoup plus en Egypte et Algérie sous le nom Mouloukhia. C'est une plante largement utilisé en médecine traditionnelle, en alimentation et en pharmacopée traditionnelle.

Dans la partie expérimentale, nous nous sommes intéressés à l'extraction et dosage des composés phénoliques (polyphénols totaux) en utilisant le réactif du Folin-ciocalteu, ainsi qu'à l'évaluation de l'activité antioxydante qui a été réalisée par deux tests à savoir : le pouvoir réducteur du fer FRAP et la capacité antioxydante totale CAT. Nous nous sommes intéressés aussi à l'évaluation de la cytotoxicité de l'extrait phénolique de notre plante étudiée sur les globules rouges GRh 10% à différentes concentrations (250 - 2000 μ g/ ml).

Les résultats obtenus montrent que la plante *Corchorus olitorius* est riche en polyphénols dont le rendement en extrait est de 17% et une teneur en polyphénols totaux : 0.360 mg EAG/mg ES et possède une activité antioxydante importante en enregistrant un pouvoir réducteur du fer de 0.709 et une capacité antioxydante totale d'une valeur de 0,497 \pm 0,231mg EAA/g ES. Les résultats obtenus indiquent aussi que la plante n'a pas d'effet toxique.

D'après ces résultats, il ressort donc que *Corchorus olitorius*, une plante distinctive avec ses multiples composants, sans danger pour différents usages.

Mots clés : Activité antioxydante, *Corchorus olitorius*, cytotoxicité, extrait phénolique polyphénols totaux.

Abstract

Studies of secondary metabolites are the subject of much research, including phenolic compounds, which are natural antioxidants very present in the plant kingdom. These molecules are very useful for human health.

In this context, the present work focuses on the study of the biological activities of the phenolic extract of *Corchorus olitorius*, known in Africa much more in Egypt and Algeria under the name Mouloukhia. It is a plant widely used in traditional medicine, food and traditional pharmacopoeia.

In the experimental part, we looked at the extraction and assays of phenolic compounds (total polyphenols) using the Folin-ciocalteu reagent, as well as the evaluation of antioxidant activity which was carried out by two tests: the reductive power of FRAP iron and the total CAT antioxidant capacity. We also looked at the cytotoxicity assessment of the phenolic extract of our plant studied on GRh 10% red blood cells at different concentrations (250 - 2000 μ g/ml).

The results obtained show that the plant *Corchorus olitorius* is rich in polyphenols with an extract yield of 17% and a total polyphenols content: 0.360 mg EAG/mg ES and has an important antioxidant activity by registering a reducing power of iron of 0.709 and a total antioxidant capacity of 0.497 0.231mg EAA/g ES. The results obtained also indicate that the plant has no toxic effect.

Based on these results, it appears that *Corchorus olitorius*, a distinctive plant with its multiple components, is safe for different uses.

Keywords: Antioxidant activity, *Corchorus olitorius*, cytotoxicity, phenolic extract, total polyphenols.

ملخص

دراسة المستقلبات الثانوية هي موضوع الكثير من الأبحاث، لا سيما المركبات الفينولية التي تعتبر مضادات أكسدة طبيعية موجودة بكثرة في المملكة النباتية. هذه الجزيئات مفيدة جداً لصحة الإنسان.

في هذا السياق، يركز العمل الحالي على دراسة الأنشطة البيولوجية للمستخلص الفينولي من *Corchorus olitorius*، المعروف في إفريقيا وبشكل أكبر في مصر والجزائر تحت اسم الملوخية. وهو نبات يستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي والأغذية ودستور الأدوية التقليدية.

في الجزء التجريبي اهتمنا باستخراج ومعايرة المركبات الفينولية (البوليفينول الكلي) باستخدام كاشف-Folin-ciocalteu، بالإضافة إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة الذي تم إجراؤه من خلال اختبارين: القوة الإرجاعية للحديد FRAP والقدرة الكلية المضادة للأكسدة CAT. عملنا هذا اهتم أيضاً في تقييم السمية الخلوية للمستخلص الفينولي لنباتنا الذي تمت دراسته على خلايا الدم الحمراء GRh بنسبة 10٪ بتركيزات مختلفة (250-2000 ميكروغرام/مل).

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن مستخلص نبات *Corchorus olitorius* غني بالبوليفينول حيث وجدنا العائد المستخلص بنسبة 17٪ ومحتوى إجمالي من البوليفينول: 0.360 ملغ EAG / ملغ ES وله نشاط مهم مضاد للأكسدة من خلال تسجيل قوة إرجاع الحديد تبلغ 0.709 وقدرة كلية مضادة للأكسدة تبلغ 0.231 ± 0.497 ملغ EAA / غ ES تشير النتائج التي تم الحصول عليها أيضاً إلى أن النبات ليس له تأثير سام.

بناءً على هذه النتائج، استنتجنا أن *Corchorus olitorius* نبات مميز بمكوناته المتعددة وآمن للاستخدامات المختلفة.

الكلمات المفتاحية: *Corchorus olitorius*، القدرة الكلية المضادة للأكسدة، السمية الخلوية، المستخلص الفينولي، البوليفينول الكلي.

Liste des abréviations

AA : Acide ascorbique.

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AG : Acide gallique.

CAT : Catalase.

CO: *Corchorus olitorius*.

CoQ10: Coenzyme Q10.

Cu : Cuivre.

Cu/Zn-SOD : Superoxyde dismutase aux ions cuivre et zinc.

Da : Dalton.

DO : Densité optique.

EOR : Espèces oxygénées réactives

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

Fe²⁺ : Fer réduit.

Fe³⁺ : Fer oxydé.

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power.

GRh : Globules rouges.

GRh10% : Globules rouges à 10%.

GSH : Glutathion réduit.

GSSG : Glutathion oxydé.

K₃Fe (CN)₆ : Ferricyanure de potassium.

L[•] : Radical lipidique

LOO[•] : Radical peroxy.

LOOH : Hydroperoxyde.

Mn-SOD : Superoxyde dismutase associée au manganèse.

NADPH : Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate.

O₂ : Oxygène.

Poly c : Extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

SeGPx : Glutathion peroxydase sélénium dépendante.

UV : Ultra-violet.

Liste des figures

Figure 01 : Stress oxydant.....	03
Figure 02 : Origine extra- et intracellulaire des radicaux libres dérivés de l'oxygène.....	05
Figure 03 : Principaux dommages cellulaires induits par les espèces réactives de l'oxygène et provoqués sur les lipides, les protéines et l'ADN.....	08
Figure 04 : Les différentes activités des polyphénols.....	19
Figure 05 : <i>Corchorus olitorius</i>	20
Figure 06 : Feuilles de la corète potagère <i>Corchorus olitorius</i> Linn.....	22
Figure 07 : <i>Corchorus olitorius</i> Linn en poudre.....	25
Figure 08 : Les étapes d'extraction de polyphénols.....	26
Figure 09 : Protocole d'évaluation du pouvoir réducteur de l'extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	28
Figure 10 : Protocole d'évaluation de la capacité antioxydante totale de l'extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	29
Figure 11 : Protocole d'évaluation du test de cytotoxicité sur l'extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	30
Figure 12 : Pouvoir réducteur du fer de l'extrait phénolique <i>Corchorus olitorius</i>	33
Figure 13 : Pourcentage de l'hémolyse en fonction des concentrations de l'acide gallique et l'extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	35
Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.....	54
Figure 15 : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour l'évaluation de la capacité antioxydante totale.....	54

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principaux espèces réactives de l'oxygène radicalaires et non radicalaires.....	04
Tableau 02 : Relations entre les maladies et le stress oxydant.....	09
Tableau 03 : Les principaux vitamines antioxydantes.....	12
Tableau 04 : Classification des principaux polyphénols.....	14
Tableau 05 : Taxonomie de <i>Corchorus olitorius</i>	21
Tableau 06 : composition de la corète potagère pour 100g de partie comestible.....	23
Tableau 07 : Rendement d'extrait phénolique des feuilles de <i>Corchorus olitorius</i>	32
Tableau 08 : La teneur en polyphénols de l'extrait brut de <i>Corchorus olitorius</i>	32
Tableau 09 : Capacité antioxydante totale de l'extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	34

Table des matières :

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....01

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le stress oxydatif

1- Définition du stress oxydatif	03
2- Définition des radicaux libres	03
3- Les espèces oxygénées réactive.....	03
4- Facteurs influençant la production des ERO	04
4-1- Facteurs endogènes	05
4-1-1- Lors de la respiration oxydative	05
4-1-2- Lors des réactions inflammatoires.....	05
4-1-3- Surcharge en Fer.....	06
4-2- Facteurs exogènes.....	06
5- Effet du stress oxydatif sur les biomolécules	06
5-1- Altération de L'ADN.....	06
5-2- Altération des Protéines	07
5-3- Altération des lipides.....	07
6- Stress oxydatif et ses conséquences cellulaires	08
7- Stress oxydatif et pathologies humaines	09
8- Systèmes de défense antioxydants	09
8-1-Systèmes de défense enzymatiques	10
8-1-1-Les superoxyde dismutases (SOD)	10

8-1-2- Les glutathion peroxydases (GPxs)	10
8-1-3- Les catalases	10
8-2- systèmes de défense non enzymatiques	11
8-2-1- les groupements thiols	11
8-2-2- Le Coenzyme Q10	11
8-2-3- les oligo-éléments	11
8-2-4- Les vitamines	11
8-2-6- Les polyphénols.....	12

Chapitre II : Les polyphénols

1- Définition.....	13
2- Classification des polyphénols	13
3- Propriétés physico-chimiques des polyphénols	16
3-1- La solubilité	17
3-2- Absorption de la lumière UV.....	17
3-3- Propriétés phytosanitaires.....	17
3-4- Pigments et odorants végétaux.....	17
4- Activités biologiques de polyphénols	17
4-1- Activité antioxydantes de polyphénols	17
4-2- Activité anti-hémolytique des polyphénols	18
4-3- Activité anticancéreuse des polyphénols.....	18
4-4- Activité neuroprotectrice	19

Chapitre III : *Corchorus olitorius*

1- Noms vernaculaires	20
2- Origine et Distribution géographique	20
3- Systématique.....	21
4- Description botanique.....	21
5- Aspect phytochimique.....	22
5-1- Teneur en nutriments, vitamines et micronutriments.....	22
6- Usage de la plante	23
6-1- usage nutritionnel	23
6-2- usage thérapeutique	23

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

I-Matériels.....	25
I-1-Préparation du matériel végétal.....	25
II-Méthodes d'analyses.....	25
II-1-Extraction des polyphénols.....	25
II-2-Dosages des polyphénols.....	27
II-3-Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	27
II-3-1-Pouvoir réducteur du fer (FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power).....	28
II-3-2-Capacité antioxydante totale CAT.....	29
II-4-Teste de Cytotoxicité.....	30
III- Etude statistique	30

Résultats et interprétations

I-Rendement d'extrait phénolique brut de <i>Corchorus olitorius</i>	32
II-Dosage des polyphénols totaux.....	32
III-Evaluation de l'activité antioxydante d'extrait phénolique de la plante étudiée.....	33
III-1- Pouvoir réducteur du fer (FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power).....	33
III-2- Capacité antioxydante totale CAT.....	34
IV-Test de cytotoxicité.....	34
Discussion	36
Conclusion générale.....	40
Références bibliographiques.....	42
Annexes.....	54

Introduction générale

Le monde des sciences biologiques et médicales a été envahi ces dernières années par un nouveau concept, celui de "stress oxydatif", c'est-à-dire une situation où la cellule ne contrôle plus la présence excessive de radicaux oxygénés toxiques. Actuellement, il est bien reconnu que si le stress oxydatif n'est pas une maladie en soi, il est potentiellement impliqué dans de nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications au cours de leur évolution comme dans le cas du diabète, du cancer, des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives. Ces dommages sont obtenus par l'attaque des radicaux libres sur diverses biomolécules, notamment les protéines, les lipides et l'ADN, conduisant finalement à la dégradation et à la mort des cellules (**Moon et Shibamoto, 2009**). D'autre part, l'organisme possède ses propres capacités de défense antioxydante qui lui permettent de lutter contre ces espèces radicalaires (**Koechlin-Ramontxo, 2006**).

À la recherche d'un traitement curatif de ces pathologies, de nombreux médicaments sont issus des plantes médicinales qui sont considérées comme une véritable source d'antioxydants facilement disponible et puissante car elles contiennent un mélange de différents composés chimiques (**Miguel, 2010**). Durant ces dernières années, ces molécules bioactives extraites des plantes ont attiré l'attention des scientifiques en raison de leur intérêt croissant pour la santé humaine plus particulièrement les composés phénoliques (**Neffati et al., 2017**).

En effet, les polyphénols sont une classe de métabolites secondaires générés par les espèces végétales et vont de structures simples à des molécules complexes, fournissant une variété large et intéressante d'effets biologiques, y compris une activité antioxydante, anti-inflammatoire, antibactérienne et antivirale. Ces propriétés confèrent aux polyphénols un rôle majeur à jouer dans les domaines nutraceutique et médical (**Paini et al., 2016**).

Et comme toutes les molécules bioactives, les composés phénoliques ou autres molécules issues des plantes médicinales sont susceptibles, à un certain degré de concentration, de présenter un effet toxique intrinsèque. Or, la composition des produits végétaux étant très variable, la teneur en ces constituants peut naturellement varier d'une préparation à l'autre (**Zekkour, 2008**). Il existe donc un risque pour une utilisation traditionnelle de ces plantes en préparation magistrale, c'est-à-dire que les effets indésirables potentiels soient supérieurs aux bénéfices attendus de l'utilisation de la plante, notamment en raison d'une possible toxicité de cette dernière (**Herbinet, 2004**).

Parmi les milliers des plantes médicinales identifiées à ce jour, ceux de la famille des Tiliaceae avec d'environ 40-100 espèces, dont l'espèce *Corchorus olitorius* qui est utilisé comme légume mucilagineux (Kiebre et al., 2016). La présence de substances phytochimiques notamment les polyphénols valide l'utilisation de *Corchorus olitorius* dans le cadre de la médecine traditionnelle et alternative puisque les phytochimiques trouvés dans les fruits et les légumes sont généralement connus pour être responsables des bénéfices de protection de la santé chez l'homme (SHA'A et al., 2019).

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés dans la présente étude à l'extraction et au dosage des polyphénols de l'espèce *Corchorus olitorius* d'une part, et à l'étude de leurs activités antioxydantes et de leur cytotoxicité d'autre part.

Cette étude est présentée comme suit :

- Une première partie est une synthèse bibliographique subdivisée en 3 chapitres : Le 1er présente un aperçu général sur le stress oxydatif, le second résume l'intérêt et les différentes activités biologiques des composés phénoliques, et le dernier est une description botanique détaillée de notre plante étudiée avec addition de son usage thérapeutique.
- Une deuxième partie réservée aux travaux expérimentaux, elle est consacrée à :
 - L'extraction et dosage des composés phénoliques de *Corchorus olitorius*.
 - L'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* au moyen de deux tests (FRAP : Ferric reducing antioxidant power et CAT : Capacité antioxydante totale).
 - Tester la cytotoxicité de l'extrait phénolique de notre plante étudiée.

Enfin, ce travail s'achève par l'essentiel des résultats, une conclusion générale ainsi que quelques perspectives.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le stress oxydatif

1- Définition du stress oxydatif :

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre entre la production d'espèces oxygénées réactives (EOR) et les capacités antioxydantes de l'organisme (figure 01) (**Haleng et al., 2007**).

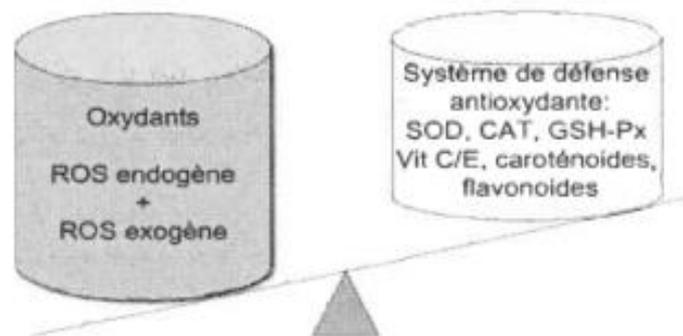


Figure 01 : Stress oxydatif (Powers, De Ruisseau et al., 2004)

2- Définition des radicaux libres :

Un radical libre est une espèce chimique (une molécule, ou un atome unique) capable d'avoir une existence indépendante (libre) en contenant un ou plusieurs électrons libres (1 électron non apparié sur une orbitale). Cela lui assure une grande réactivité et une demi-vie extrêmement courte. (**Goudable et favier,1997**).

3- Les espèces oxygénées réactives :

Le terme espèces réactives de l'oxygène (ERO) comprend les radicaux libres de l'oxygène (anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$), le radical hydroxyle (OH^{\cdot}) et certains dérivés oxydés non-radicalaires tels que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (**Badeau, 2006**).

Les principaux ERO rencontrés en biologie sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 01).

Tableau 01 : Principaux espèces réactives de l'oxygène radicalaires et non radicalaires (Halliwell,2006).

ERO (radicalaires)	Formule chimique
Oxygène moléculaire	$^3\text{O}_2$
Dioxygène singulet	$^1\text{O}_2$
Anion superoxyde	$\text{O}_2^{\cdot-}$
Radical hydroxyle	OH^{\cdot}
Radical Hydroperoxyde	HOO°
Radical peroxyde	ROO°
Radical alkoxyde	RO°
Radical oxyde nitrique	NO°
ERO (non radicalaires)	Formule chimique
Hydroperoxyde	ROOH
Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Ozone	O_3
Hypochlorite	ClOH
Peroxynitrite	ONOO°

4- Facteurs influençant la production des ERO :

Toute réaction qui implique l' O_2 est un système réducteur de transfert d'électrons et susceptible de libérer des ERO (Barouki, 2006).

Les ERO peuvent être produits par l'exposition à des facteurs environnementaux, ou même par des facteurs endogènes, dues à un dysfonctionnement des sources de la production des ERO, ou de leur système d'élimination (Florence, 2016), (figure 02).

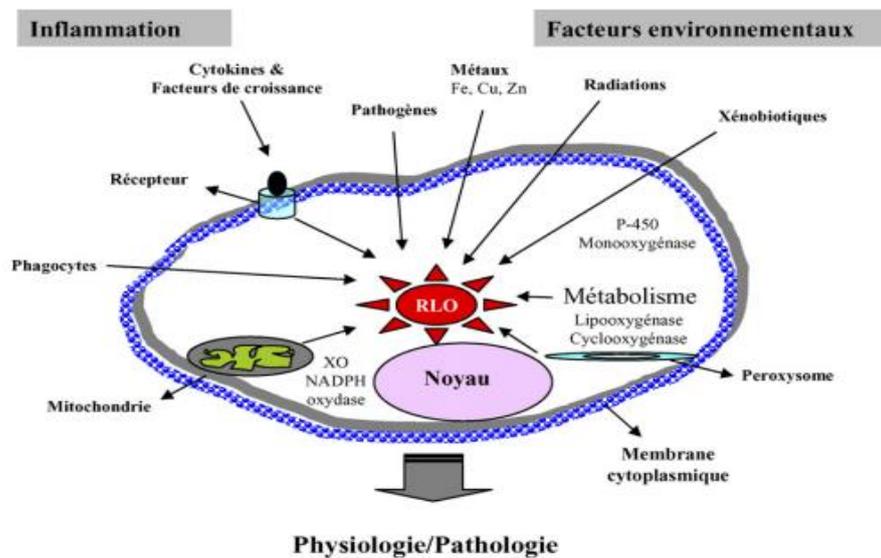


Figure 02 : Origine extra- et intracellulaire des radicaux libres dérivés de l'oxygène (valéry et al.,2007).

4-1-Facteurs endogènes :

4-1-1- Lors de la respiration oxydative :

La mitochondrie est le principal producteur des radicaux libres, puisque dans la chaîne de transport des électrons, l'oxygène est l'accepteur final des électrons. Toutefois, environ 5 % de l'oxygène total peut être semi-réduit en espèces oxygénées hautement réactives. Cela conduit à l'initiation d'une série d'oxydations conduisant à un stress oxydatif endogène et à la création de dommages cellulaires (Bureau,2006).

Les espèces d'oxygène très réactives comprennent l'anion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$) qui peut être converti en H_2O_2 par l'enzyme superoxyde dismutase (SOD)(Florence,2016).

4-1-2- Lors des réactions inflammatoires :

En réponse à une agression, les polynucléaires (PN) et les macrophages (MO) sont les principales cellules qui libèrent des ERO par l'intermédiaire d'une enzyme membranaire, la NADPH oxydase, qui est dépendante de l'oxygène et catalyse la production d'anions superoxydes ($O_2^{\cdot-}$) qui agissent immédiatement sur eux-mêmes (par une réaction de dismutation) pour former du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), un oxydant puissant et stable.

Un autre mécanisme par lequel des radicaux libres peuvent être produits au niveau du site inflammatoire est l'interaction entre l'anion superoxyde et le radical oxyde nitrique (NO^{\cdot}) afin de générer du peroxynitrite (Pasquier,1995).

4-1-3- Surcharge en Fer :

Le fer est un facteur majeur de l'oxydoréduction cellulaire. Il participe à la réaction de Fenton en tant que donneur d'électrons au peroxyde d'hydrogène, ce qui conduit à la formation d'une espèce radicale puissante, le radical hydroxyle selon la réaction suivante (**Guenancia,2015**) :



En outre, des oxydants peuvent être générés par une interaction entre le peroxyde d'hydrogène et des hémoprotéines, telles que l'hémoglobine et la myoglobine donnant un hème actif par l'oxydation de l'atome de fer (Fe^{2+} en Fe^{3+}) donnant lieu en présence d'oxygène un radical ferryle $(\text{FeO})^{2+}$ ou perferryle $(\text{FeO}_2)^{2+}$, ayant une réactivité identique à celle du radical hydroxyle et donc capable de provoquer des dommages oxydatifs aux lipides, aux protéines et aux glucides (**Pasquier,1995**).

4-2- Facteurs exogènes :

Les radicaux libres exogènes résultant d'un apport extérieur, c'est-à-dire lors d'une exposition à un environnement toxique. Les xénobiotiques, les pesticides (**Bureau ,2006**). Le tabac, l'alcool, la consommation d'huiles oxydées, ou encore des agents physiques tels que les UV, la chaleur (**Florence,2016**).

En outre, certains métaux tels que le cuivre ou le fer, lorsqu'ils sont apportés en excès, peuvent engendrer des ERO (**Halliwell etGutteridge,1990**).

5- Effet du stress oxydatif sur les biomolécules :

Le stress oxydatif entraîne une anomalie du statut oxydatif intracellulaire. Les radicaux libres réagissent avec les substrats oxydables (glucose, protéines, acides gras) et génèrent des réactifs carbonylés, dont les effets cellulaires sont variables : glycation des protéines, peroxydation des lipides et modifications de l'ADN (**Frédéric, 2012**) (figure 03).

5-1-Altération de L'ADN :

L'ADN est une cible majeure des ERO. Ceux-ci sont capables d'attaquer presque toutes les structures ou molécules cellulaires et peuvent provoquer des liaisons réticulées entre l'ADN et les protéines, des dommages au squelette phosphate de désoxyribose et des altérations chimiques spécifiques des bases pyrimidiques et puriques (**Mimouni,2020**).

En effet, plus que tous les autres radicaux libres, les radicaux hydroxyles attaquent la guanine de l'ADN formant la 8-hydroxyguanine et la 8-hydroxy-2-déoxyguanosine (**Zhang et al., 1999**). Cette oxydation des constituants de l'ADN entraîne la mutagenèse, la cancérogenèse et la mort cellulaire (**Pasquier, 1995**).

5-2- Altération des Protéines :

Les protéines sont aussi sensibles à l'action du radical hydroxyle. Ce dernier peut réagir avec différents acides aminés des chaînes des protéines, dont les plus sensibles à son action sont les acides aminés aromatiques tels que le tryptophane, la tyrosine, ou ceux possédant un noyau imidazole tels que l'histidine, sur lesquels le radical hydroxyle est ajouté et provoque un changement de conformation de la molécule de protéine (**pasquier,1995**).

Les protéines peuvent alors soit subir une réticulation par formation de ponts bi-tyrosine détectables par leur fluorescence ou subissent des coupures en cas d'une forte agression, ou encore des modifications de certains acides aminés en présence d'agressions modérées. Ce qui entraîne la dénaturation et la perte de fonctionnement des protéines, la perte d'activité enzymatique, de fonctionnement des récepteurs et des protéines de transport (**Favier,2003 ; Phaniendra et al., 2015**).

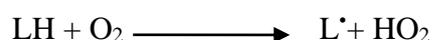
5-3- Altération des lipides :

Les membranes sont principalement constituées de lipides, dont les phospholipides et les acides gras polyinsaturés (AGPI), qui servent les cibles des radicaux libres (**Haleng et al.,2007**). L'oxydation des lipides produit des peroxydes lipidiques, eux-mêmes très réactifs.

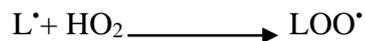
La peroxydation des lipides provoque des changements dans la fluidité, la perméabilité et l'excitabilité de la membrane (**Hong et al, 2004**).

Cette peroxydation lipidique se déroule en trois étapes :

- **L'initiation** : consiste en un clivage homolytique de la liaison CH de la chaîne d'acides gras provoqué par un initiateur de radicaux libres, ce qui en fait un composé radicalaire très réactif vis-à-vis de l'oxygène et sera ainsi transformé en un radical peroxy.



- **La propagation** : Pendant ce temps, le radical peroxy va prendre un hydrogène d'un autre acide gras pour générer un nouveau radical libre, qui maintient la réaction en chaîne et se transforme en hydroperoxyde.



- **La terminaison** : provoquée par la réaction de deux radicaux pour donner une espèce moléculaire ou entraînée par l'intervention d'un composé anti-oxydant, appelé « briseur de chaîne ». (Hennebelle et al.,2004)

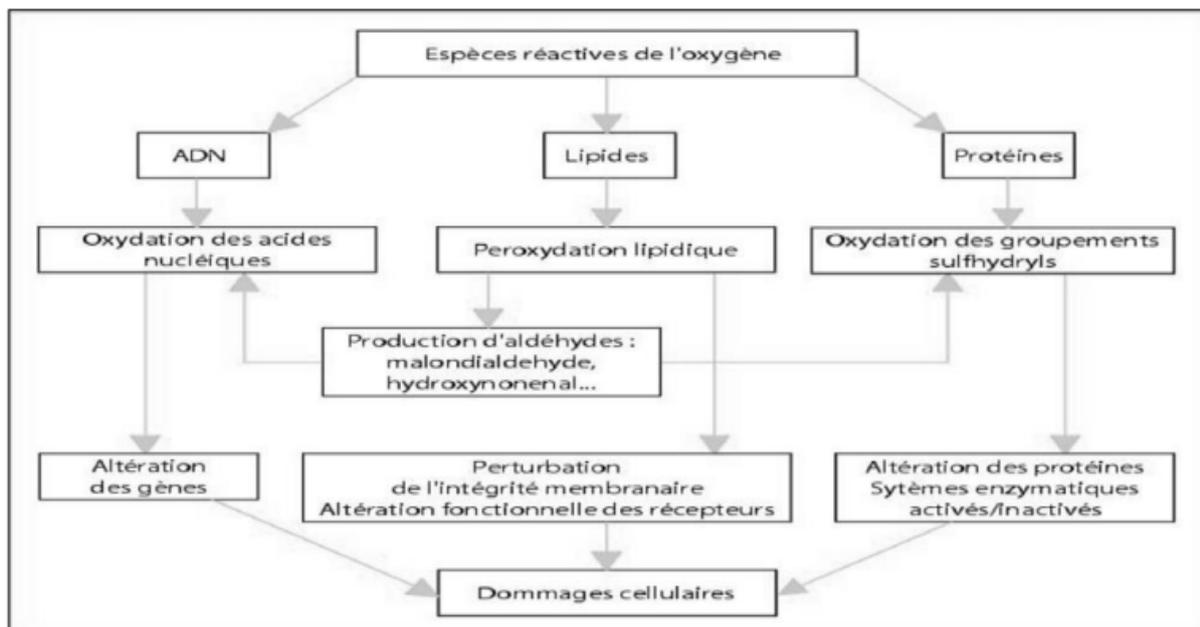
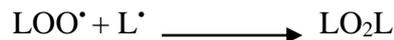


Figure 03 :Principaux dommages cellulaires induits par les espèces réactives de l'oxygène et provoqués sur les lipides, les protéines et l'ADN(Mimouni,2020).

6- Stress oxydatif et ses conséquences cellulaires :

En fonction de la dose et du type de cellules, les conséquences du stress oxydatif seront très diverses. Les stress légers vont stimuler la prolifération cellulaire et l'expression des protéines d'adhésion, les stress moyens vont faciliter l'apoptose, tandis que les stress forts vont induire la nécrose, et les stress sévères vont désorganiser la membrane ce qui va engendrer une lyse immédiate (Favier et al.,1995).

Des perturbations biologiques sont également observées consécutivement au stress oxydatif :

- Diminution de la fluidité membranaire, perturbation des récepteurs.
- Abaissement de la sensibilité à l'insuline, dysfonctionnement de l'immunité cellulaire, fibrose, dépôts lipidiques, une perte de force musculaire allant jusqu'à la mort des neurones ou l'apparition des mutations (**Favier et al.,1995**).

7- Stress oxydatif et pathologies humaines :

Le stress oxydatif joue un rôle important dans l'apparition de plusieurs pathologies en tant que facteur de déclenchement ou associé à des complications de l'évolution (tableau 02) (**Sohal et al.,2002**).

Tableau 02 : Relations entre les maladies et le stress oxydant (**Favier,2006**).

Maladies dues à une production insuffisante de radicaux libres	Maladies où le stress oxydant est la cause primordiale	Maladies où le stress oxydant fait partie des facteurs déclencheurs	Maladies entraînant un stress oxydant secondaire
<ul style="list-style-type: none"> •Agranulomatose septique • Psoriasis 	<ul style="list-style-type: none"> • Cancers • Auto-immunité • Cataracte • Dégénérescence maculaire • Sclérose latérale amyotrophique •Photo-vieillissement cutané •Photosensibilisation • Irradiation • Intoxications : CCl4, Cd, Fe, alcool •Hémochromatose 	<ul style="list-style-type: none"> • Maladie d'Alzheimer • Stérilités masculines • Maladies virales : EBV, HVB • Rhumatismes • Athérome • Asthme •Insuffisance respiratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diabète • Insuffisance rénale • Mucoviscidose • Sida • Choc septique • Infarctus du myocarde •Ischémies/ Reperfusion • Parkinson • Brûlures • Thalassémie • Greffes d'organes

8- Systèmes de défense antioxydants :

Les antioxydants sont définis comme toute substance qui, lorsqu'elle est présente en concentration faible par rapport au substrat oxydable, est capable de faire ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ce dernier (**Bensakhria,2018**).

8-1-Systèmes de défense enzymatique :

Les antioxydants enzymatiques sont considérés comme la 1ère ligne de défense principalement représentée par :

8-1-1-Les superoxyde dismutases (SOD) :

Ces métalloprotéines permettent d'assurer l'élimination de l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$ par une réaction de dismutation en le transformant en peroxyde d'hydrogène H_2O_2 et en oxygène. 3 isoenzymes ont été décrites Chez l'homme : la Cu/Zn-SOD cytosolique, la Mn-SOD, et la Cu/Zn-SOD mitochondriale qui sont différentes par la localisation chromosomique du gène, leur teneur en métaux, leur structure quaternaire et leur localisation cellulaire (**Haleng et al., 2007**).

**8-1-2-Les glutathion peroxydases (GPxs) :**

La glutathion peroxydase est une enzyme située en particulier dans les mitochondries et parfois dans le cytosol. Son activité catalytique dépendra d'un micronutriment nommé sélénium localisé dans son site actif (**Wirth, 2015**). Par ailleurs, le substrat de la réaction catalytique de la GPx est le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , ou un peroxyde organique $ROOH$.

La GPx décompose les peroxydes en eau ou en alcool tout en oxydant simultanément le GSH (**valko et al., 2006**).

**8-1-3-La catalases :**

La catalase est une enzyme antioxydante présente dans les peroxysomes et dans les tissus vivants qui fonctionnent à l'oxygène, localisée en forte concentration dans le foie et les érythrocytes. La CAT utilise le fer comme un cofacteur et catalyse la réduction de H_2O_2 en eau et en oxygène moléculaire (**Sung et al., 2013**).



8-2- systèmes de défense non enzymatiques :**8-2-1- les groupements thiols :**

Un thiol est un composé contenant le groupe fonctionnel -SH (réduit) et peut être oxydé par la formation d'un lien disulfure (oxydé) (**Sung et al., 2013**).

La plupart des protéines, y compris l'albumine, contiennent des groupements "thiols", qui ont des propriétés réductrices et peuvent facilement piéger les espèces oxygénées activées (**Haleng et al., 2007**)

8-2-2- Le Coenzyme Q10 :

Le CoQ10 est un cofacteur des complexes enzymatiques mitochondriaux impliqués dans la phosphorylation oxydative pour la production d'adénosine triphosphate (ATP). Il joue donc un rôle fondamental dans la bioénergétique cellulaire, au-delà de son rôle dans la production d'ATP, la CoQ10 sert d'antioxydant ou de piègeur de radicaux libres.

De nombreuses autres fonctions du CoQ10 ont été décrites, telles que la signalisation cellulaire, l'expression génétique et la stabilisation des membranes (**Raizner, 2019**).

8-2-3- Les oligo-éléments :

Certains oligo-éléments tels que le cuivre, le zinc, le sélénium sont essentiels pour l'activité des enzymes antioxydantes (Cu, Zn-SOD, MnSOD, SeGPx) (**Pincemail et al., 2002**).

8-2-4- Les vitamines :

Une vitamine est un composé organique indispensable à la fois à la régulation du métabolisme cellulaire et au processus de libération d'énergie provenant des aliments.

On sait désormais que certaines vitamines sont des antioxydants (Tableau 03), autrement dit des substances qui protègent les membranes cellulaires et contribuent probablement à prévenir de nombreuses maladies (**Gérard et Marie, 2004**).

Tableau 03 : Les principaux vitamines antioxydantes

Vitamines	Effets antioxydants
<p style="text-align: center;">Vitamine C (L'acide ascorbique)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Présente diverses activités biologiques, notamment en tant que cosubstrat pour plusieurs oxygénases et oxydases. Il s'agit également d'un important antioxydant hydrosoluble capable d'interagir avec plusieurs dérivés oxygénés tels que O₂^{•-}, H₂O₂, ¹O₂, NO et HO (Roberfroid et al.,2008). • La vitamine C est utilisée par l'organisme pour régénérer la vitamine E suite à l'interaction avec les ERO (knez et al.,2006).
<p style="text-align: center;">Vitamine E (Tocophérol)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La vitamine E est le principal antioxydant liposoluble de l'organisme. Elle agit en empêchant la phase de propagation de la peroxydation radicalaire des acides gras polyinsaturés dans les membranes cellulaires (Guilland,2013).
<p style="text-align: center;">Vitamine A (β-carotène)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • C'est un antioxydant liposoluble qui, à l'instar de la vitamine E, la vitamine A est susceptible d'arrêter les chaînes de peroxydation en se combinant aux radicaux peroxy (Roberfroid et al.,2008).

8-2-5 les polyphénols :

Ils représentent une famille importante d'antioxydants contenus dans les végétaux. Ils sont d'excellents piègeurs d'ERO et de très bons chélateurs de métaux de transition tels que le fer et le cuivre (**Haleng et al.,2007**).

Chapitre II : Les polyphénols

1- Définition :

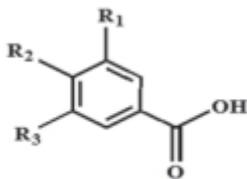
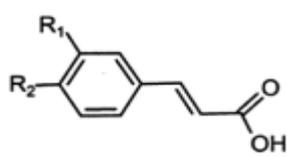
Les polyphénols sont des composés naturels présents en grande partie dans les fruits, légumes, céréales et boissons. Ces molécules sont des métabolites secondaires des plantes et sont généralement impliquées dans la défense contre le rayonnement ultraviolet ou l'agression par des agents pathogènes et peuvent également contribuer à l'amertume, l'astringence de l'aliment. Ces molécules sont de très bons antioxydants et peuvent neutraliser la réactivité destructrice des espèces réactives de l'oxygène/nitrogènes (**Pandey et Rizvi ,2009**).

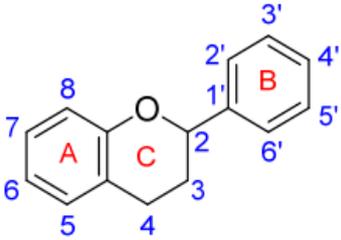
2- Classification des polyphénols :

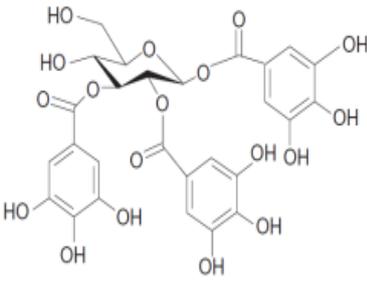
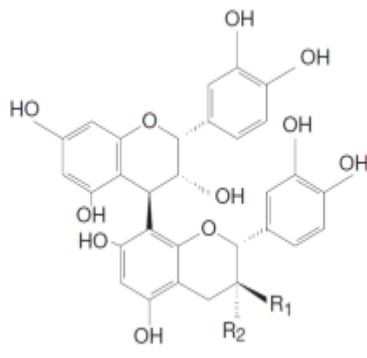
La dénomination "polyphénols" ou "composés phénoliques" regroupe un vaste ensemble de plus de 8000 molécules, réparties en une dizaine de classes chimiques, qui ont toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (**Hannebelle et al.,2004**) allant de simples molécules phénoliques à des composés hautement polymérisés (**Bravo,1998**).

Les polyphénols sont classés en plusieurs groupes, on y retrouve dans le tableau 04 :

Tableau 04 : Classification des principaux polyphénols

<p>1- Acides phénoliques :</p>	<p>Ce sont des composés polyphénoliques non flavonoïdes, subdivisés en deux groupes principaux, les dérivés de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique, ils dépendent de l'arrangement des atomes en C1-C6 et en C3-C6 (Mustafa et al.,2020).</p>	
	<p>1-1-Acides hydroxybenzoïques (C1-C6) : Ces acides sont très courants à la fois sous forme libre et sous forme combinée comme esters ou hétérosides (Thompsen et Mottola,1984 ; Afanas'ev et al.,1989). Cette catégorie est largement présente dans les plantes et les aliments, y compris les épices, les fraises, certains fruits rouges et les oignons (Murota et al.,2004).</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Acide hydroxybenzoïque (Pandey et Rizvi ,2009).</p>
	<p>1-2-acides hydroxycinnamiques (C3-C6) : Ces composés ont une très large distribution. Rarement libres, ils sont généralement estérifiés (Afanas'ev et al.,1989) et en outre, ils peuvent être amidifiés ou combinés avec des sucres (O-acylglucosides, Oarylglucosides) ou des polyols comme l'acide quinique (Thompsen et Mottola,1984)</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Acide hydroxycinnamique (Cutrim et Cortez,2018).</p>

<p>2- Flavonoïdes :</p>	<p>Les flavonoïdes sont des polyphénols bioactifs de faible poids moléculaire dont le squelette à 15 atomes de carbone comprend deux cycles phényles et un cycle hétérocyclique. Les flavonoïdes sont le groupe le plus indispensable, largement étudié, et peuvent être classés en 13 sous-classes différentes (oka,1961). Les flavonoïdes les plus importants sont les flavonols, les flavanones, les isoflavones, les flavones et les anthocyanines (Percie,2009).</p>	 <p>Structure générale de flavonoïdes (Oliver et al.,2016).</p>
<p>3- Les tanins :</p>	<p>Les tanins sont une importante classe de polyphénols localisés dans les vacuoles. Ce sont des composés phénoliques complexes dont le poids moléculaire est supérieur à 500 Da. En fonction de leur structure chimique, ils sont divisés en deux groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Karamać et Pegg,2009).</p>	

	<p>3-1- Les tanins hydrolysables :</p> <p>Ce sont des esters d'acides phénoliques (acide gallique ou ellagique) associés à un polyol (généralement le glucose) (Clifford,2000).</p>	 <p>Structure chimique d'un gallotanin (1,2,3-tri-O-galloyl-β-D-glucose) (Achat,2013).</p>
	<p>3-2- Les tanins condensés :</p> <p>Sont des polymères de flavan-3-ols liés par des liaisons carbone-carbone labiles à la présence d'acide. Dans les acides minéraux forts et chauds, les tanins condensés sont dépolymérisés par oxydation (et non hydrolysés) en pigments anthocyanidiques et autres produits moins bien caractérisés. Cette conversion en anthocyanidines est à la base de la désignation des tannins condensés comme proanthocyanidines (Mehansho et al.,1987).</p>	 <p>Structure chimique d'un tanin condensé (Achat ,2013)</p>

3- Propriétés physico-chimiques des polyphénols :

Les polyphénols présentent un large éventail de propriétés, en fonction de leurs structures particulières. Leurs principales caractéristiques peuvent être brièvement divisées en plusieurs aspects (Belščak et al.,2018).

3-1- La solubilité :

Les composés phénoliques végétaux sont généralement solubles dans les solvants organiques polaires, sauf s'ils sont complètement estérifiés, étherifiés ou glycosylés (**Lattanzio et al.,2009**).

3-2- Absorption de la lumière UV :

Tous les composés phénoliques présentent une absorption intense dans la région UV (ultraviolette) du spectre, et ceux qui sont colorés absorbent également fortement dans la région visible. Chaque classe de composés phénoliques comporte des caractéristiques d'absorption distinctes. Par exemple, les phénols et les acides phénoliques présentent des valeurs spectrales maximales dans la gamme 250-290 nm (**Mabry et al., 1970 ; Lattanzio et al., 2009**).

3-3- Propriétés phytosanitaires :

Les composés phénoliques peuvent être impliqués dans certains aspects de la physiologie végétale (lignification, régulation de la croissance de la plante , interactions moléculaires avec certains micro-organismes symbiotiques ou parasites..), dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, la résistance aux UV) ; soit directement dans la nature, soit lors de la conservation post-récolte de certaines plantes (**Macheix et al.,2005**).

3-4- Pigments et odorants végétaux :

Les composés phénoliques sont les principaux pigments jaunes, rouges, bleus et violets, ainsi que divers composés impliqués dans la saveur des aliments. Ce sont des substances odorantes extrêmement puissantes, les principales saveurs associées aux polyphénols sont l'amertume et l'astringence (**Cheynier,2005**).

4- Activités biologiques des polyphénols :

4-1- Activité antioxydante des polyphénols :

Les nutriments antioxydants les plus connus sont issus des substances phytochimiques (produits chimiques d'origine végétale), qui comprennent les polyphénols (**Obrenovich et al.,2010**). Leurs propriétés antioxydantes sont bénéfiques pour la santé, en particulier les

anthocyanines qui ont des rôles variés, notamment contre le vieillissement cellulaire (**Vandi et al., 2016**).

L'action antioxydante des polyphénols peut inclure le piégeage direct des radicaux libres, la chélation des ions métalliques traces impliqués dans la formation de radicaux libres, l'inhibition des enzymes impliquées dans la production de radicaux libres, et la régénération des antioxydants liés à la membrane tels que l' α -tocophérol (**Nijveldt et al., 2001 ; Rice-Evans et al., 1996 ; Liu and Guo, 2005**). Les polyphénols, permettant ainsi d'inhiber la peroxydation des lipides et l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) (**Obrenovich et al., 2010**).

4-2- Activité anti-hémolytique des polyphénols :

L'hémolyse est un indicateur des dommages causés par les radicaux libres à la membrane des globules rouges (GR), qui peuvent être neutralisés par des antioxydants dont les polyphénols (**chansiw et al., 2018**). En effet, l'action des polyphénols ne se limite pas à l'inhibition des radicaux libres, mais il semble également avoir des effets anti-hémolytiques dus à l'action stabilisante de la membrane des globules rouges contre la lyse osmotique. (**Ramchoun et al., 2015 ; Chaudhuri et al., 2007**).

L'action protectrice des composés phénoliques vis-à-vis des membranes biologiques dépend du degré de leur incorporation dans la couche lipidique externe de la membrane érythrocytaire et modifie la disposition de la partie hydrophile sans altérer la fluidité de la partie hydrophobe. Le site de ces composés dans la partie hydrophile de la membrane semble constituer un bouclier protecteur cellulaire contre les substances toxiques, en particulier les formes réactives de l'oxygène (**Bonarska et al., 2014**).

4-3- Activité anticancéreuse des polyphénols :

Les polyphénols végétaux constituent l'une des classes les plus importantes et les plus utilisées de produits thérapeutiques d'origine végétale pour la prévention du cancer et la chimiothérapie. Les polyphénols induisent une réduction du nombre de tumeurs ou de leur croissance, ce qui entraîne un effet protecteur (**Galleano et al., 2010 ; Martins et al., 2011**) à divers endroits, notamment la bouche, l'estomac, le duodénum, le côlon, le foie, le poumon, la glande mammaire ou la peau. De nombreux polyphénols tels que la quercétine, les catéchines, les isoflavones, les lignanes, les flavanones, l'acide ellagique, les polyphénols du vin rouge, le

resvératrol et la curcumine ont été testés et tous ont montré des effets protecteurs (Scalbert, 2005).

4-4- Activité neuroprotectrice :

Le stress oxydatif et les dommages causés aux macromolécules du cerveau constituent un processus important dans les maladies neurodégénératives, dont la maladie d'Alzheimer. Les polyphénols étant hautement antioxydants, leur consommation pourrait offrir une protection contre les maladies neurologiques (Pandey et Rizvi, 2009).

Le potentiel des polyphénols pour améliorer la santé neurologique semble être lié à un certain nombre de mécanismes, notamment leur capacité à interagir avec la signalisation neuronale et gliale intracellulaire, à influencer le flux sanguin périphérique et cérébrovasculaire, et à réduire les dommages et la perte neuronale induits par les neurotoxines et la neuroinflammation (Del rio et al., 2013).

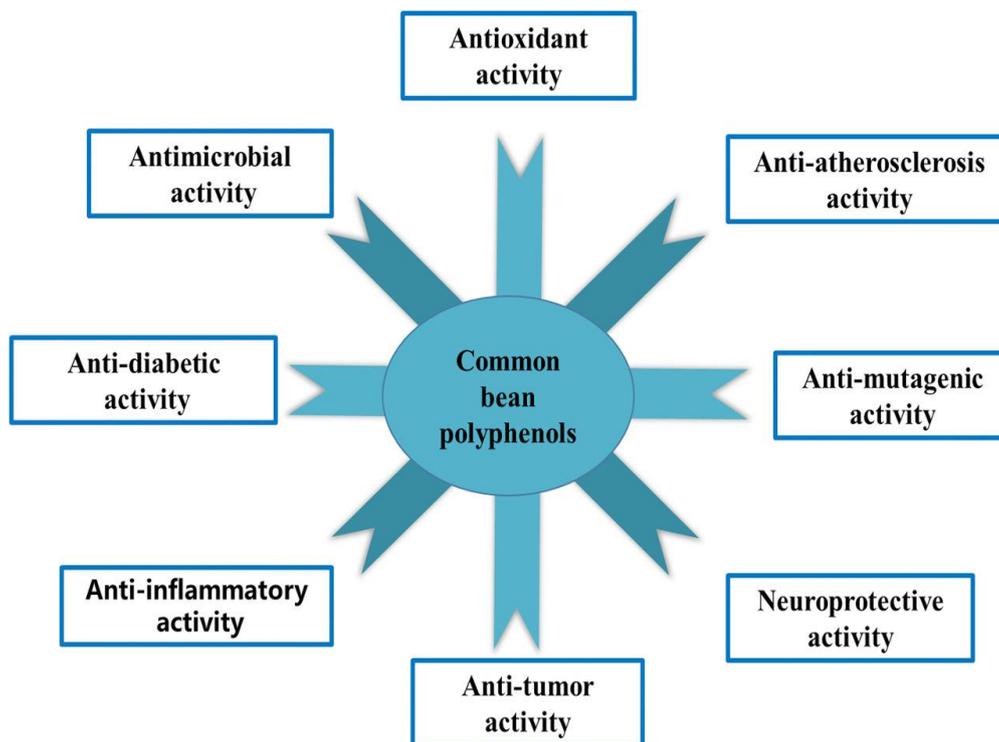


Figure 04 : Les différentes activités des polyphénols (Yang et al., 2018)

Chapitre III : *Corchorus olitorius*

1- Noms vernaculaires :

Linnaeus est le premier scientifique à avoir décrit le genre *Corchorus* en 1753. Les Grecs anciens avaient l'habitude d'appeler une plante potagère « Korkhoros », duquel le nom commun *Corchorus* (Belay, 2011). *Corchorus olitorius* Linn est notamment connu sous ses noms vernaculaires français : " corète potagère " (Kiebre et al., 2016). Elle a également d'autres noms, tels que : bush okra, nalta jute, jute mallow, jew's mallow, ewedu, Melokhia, Monoheiya, coreté, caruru de bahia, mlenda, krinkrin, craincrain, jute potagère (figure05) (Loumerem et Alercia, 2016).



Figure 05 : *Corchorus olitorius* (Mahbubul, 2013).

2- Origine et Distribution géographique :

Corchorus olitorius Linn, appartient à la famille des Tiliaceae (tableau 05) (Velemplini et al., 2003). Son origine géographique a souvent été controversée, car elle est cultivée depuis des siècles tant en Asie qu'en Afrique, et présente à l'état sauvage sur les deux continents. Certains auteurs considèrent l'Inde ou la région indo-birmane comme le centre d'origine de *Corchorus olitorius* Linn et de plusieurs autres espèces de *Corchorus* (Bonnet., 2015).

Corchorus olitorius est une espèce qui comprend environ 50 à 60 espèces réparties dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes du monde. *Corchorus olitorius* est un légume à feuilles vertes important dans de nombreuses régions, dont l'Égypte, l'Asie du Sud, le Japon, l'Inde, la Chine, le Liban, Palestine, Syrie, Jordanie, Tunisie et Nigeria. C'est

aussi l'un des principaux légume-feuille au Nigeria, au Cameroun, au Soudan, au Kenya, en Ouganda et au Zimbabwe. Il est également cultivé comme légume-feuille dans les Caraïbes, au Brésil, en Inde, au Bangladesh, Chine et au Moyen-Orient (**Loumerem et Alercia, 2016**).

3- Systématique :

La plante de *Corchorus olitorius* est soumise à la classification représentée dans le tableau ci-dessous (tableau 05) :

Tableau 05 : Taxonomie de *Corchorus olitorius*. D'après (**Kiebre et al.,2016**).

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Trcheobionta</i>
Super division	<i>Spermatophyte</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Dilleniidae</i>
Ordre	<i>Malvales</i>
Famille	<i>Tiliaceae</i>
Genre	<i>Corchorus</i>
Espèce	<i>Corchorus olitorius</i>

4- Description botanique :

- *Corchorus olitorius* est une grande herbe, généralement annuelle, qui affectionne les sols légers (sablonneux), moyens (limoneux) et lourds (argileux), et peut atteindre une hauteur de 2 à 4 m et une largeur de 0,6m (**Loumerem et Alercia, 2016 ; Fondio et al.,2004**).
- Ses feuilles sont de 6-10cm de hauteur et de 3.5-6 cm de largeur (**Mahmoud et al., 2016**) de couleur verte (figure 06), et de forme simples, ovales, elliptiques, lancéolées ou effilées, le bord est dentelé ou crénelé, souvent avec une paire de soies basales, généralement arrondies ou oblongues, rarement tronquées, avec une pointe piquante, une base aigue et une texture légèrement épineuse (**Oswaru et al., 2012**).

- Les fleurs sont petites (2-3 cm de diamètre) de couleur jaune, hermaphrodites, avec de nombreuses étamines et un seul pistil poilu. Le sépale est au nombre de 4 - 5, acuminé libre, souvent tordu, cuculiforme. Les pétales sont de 4 à 5, ovales ou oblongs, libres, les fleurs sont pollinisées par les insectes.
- Le fruit de la plante contient de nombreuses graines à l'intérieur sous forme d'une capsule. Le fruit est cylindrique, droit ou légèrement incurvé, fortement strié et peut atteindre une longueur de 3 à 7 cm et une circonférence de 2 à 4 cm. De couleur verte à l'état frais et brun foncé à maturité.
- Les graines sont brunes à brun noirâtre ; leur diamètre peut atteindre 5 mm et sont généralement de forme irrégulière. (Loumerem et Alercia, 2016 ; Edmonds, 1990).
- La plante a une tige verte glabre avec une légère teinte rouge-brunâtre, elle peut être ramifiée ou non ramifiée (Fondio et Grubben, 2011).



Figure 06 : Feuilles de la corète potagère *Corchorus olitorius* Linn (Oswaru et al., 2012).

5- Aspect phytochimique :

5-1- Teneur en nutriments, vitamines et micronutriments :

Selon Loumerem et Alercia (2016), les feuilles de *Corchorus olitorius* Linn sont très riches en plusieurs composants (tableau 06).

Tableau 06 : composition de la corète potagère pour 100g de partie comestible (**Loumerem et Alercia, 2016 ; Mahmoud et al., 2016**).

Nutriments	Valeurs nutritionnelles/100g
H ₂ O	85-87 g
Protéines	5.6 g
Carbohydrates	5 g
Lipides	0.7 g
Fibre	1.5 g
Calcium	250-266 mg
Fer	4.8 mg
Vitamine A	1.5 mg
Thiamine (vit B1)	0.1 mg
Riboflavine (vit B2)	0.3 mg
Nicotinamide (vit B3)	1.5 mg
Acide ascorbique (vit C)	53-100 mg
Acide linoléique « oméga 3 » (C18 :3)	49,50 ± 2,53
Acide stéarique (C18 :0)	2,68 ± 0,00
Acide palmitique (C16 :0)	23,36 ± 0,60

6- Usage de la plante :

6-1- Usage nutritionnel :

Corchorus olitorius est utilisé comme un légume-feuille mucilagineux. Dans plusieurs pays africains, il est consommé sous forme de soupe visqueuse, ou bien ajouté au ragoût pour sa grande richesse en fibres, vitamines et minéraux. (**Loumerem et Alercia., 2016**).

6-2- Usage thérapeutique :

En médecine traditionnelle, l'infusion des feuilles de *Corchorus olitorius* est utilisée pour traiter la constipation, les raclures des racines servent de remède aux maux de dents tandis que les feuilles de *Corchorus* sont utilisées comme emplâtre pour réduire les gonflements (**Edmonds, 1990**). Les fruits et les graines de la même espèce sont utilisés pour traiter les coliques et la pneumonie (**Ayensu, 1978**).

En outre, cette plante est également utilisée pour la guérison de la cicatrisation des plaies, ainsi que pour son activité antidiabétique et sa capacité à réduire le taux de cholestérol (**Shrmila et al., 2007**), pour traiter la gonorrhée, la cystite chronique, la douleur, la fièvre, l'asthme et les tumeurs. Certaines études ont prouvé que *C. olitorius* a des propriétés d'activités antinociceptives, anti-inflammatoires, antipyrétiques, hypoglycémiques et antihypertensives (**Taiwo et al.,2016**).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

I-Matériel :

I-1-Préparation du matériel végétal :

La plante étudiée *Corchorus olitorius* est achetée chez l'herboriste sous forme de poudre et choisie essentiellement sur la base de son intérêt (figure 07).

Cette poudre végétale va être soumise à une étape de dégraissage.



Figure 07 : *Corchorus olitorius* Linn en poudre.

II-Méthodes d'analyses :

II-1-Extraction des polyphénols totaux :

Après un dégraissage de 6 heures, la poudre végétale ainsi récupérée va être soumise à une macération hydro alcoolique. L'extraction des composés phénoliques consiste à macérer à froid l'échantillon (la poudre dégraissée) à analyser dans une solution de méthanol aqueuse pendant 24h. Après filtration, la solution est évaporée à sec par un évaporateur rotatif sous pression réduite à 40°C (Yu et Dahlgren, 2005).

- **Mode opératoire :**

5g de la poudre dégraissée est soumise à une macération dans un mélange méthanol / eau (70/30 : v/v) pendant 24 heures. Cela permet une meilleure extraction des composés

phénoliques. Après filtration, la solution est évaporée à sec par un évaporateur rotatif sous pression réduite 40°C (figure 08).



1. Dégraissage des lipides.

2. Macération



4. Évaporation

Figure 08 : Les étapes d'extraction de polyphénols.

- **Détermination du rendement :**

Le rendement désigne la masse de l'extrait déterminée après évaporation du solvant, il est exprimé en pourcentage par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction.

La formule de calcul du rendement d'extraction est la suivante :

$$Rdt \% = \frac{M \text{ ballon après évaporation} - M \text{ ballon vide } M \text{ échantillon}}{M \text{ échantillon}} * 100$$

Avec :

- M extrait (M ballon après évaporation - M ballon vide) = masse de l'extrait en gramme.
- M échantillon = masse de l'échantillon en gramme (**Boubekri, 2014**).

II-2-Dosage des polyphénols totaux :

- **Principe :**

La teneur en polyphénols totaux des extraits des plantes est déterminée par la méthode de **Singleton et Ross (1965)** utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

Le Folin-Ciocalteu est un acide jaune constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Le principe de cette méthode est reposé sur l'oxydation des composés phénoliques par le réactif (**Vermerris et Nicholson, 2006**).

Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réduisent le réactif Folin-Ciocalteu en un complexe bleu composé d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est directement proportionnelle à la teneur en composés phénoliques oxydés (**Boizot et Charpentier, 2006**).

- **Mode opératoire :**

200 μ l de l'extrait est ajouté à 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois, puis on ajoute 800 μ l d'une solution de carbonate du sodium (Na_2CO_3) à 7,5% après 30 minutes d'incubation, et à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 765 nm. Les concentrations des polyphénols sont réalisées à partir des gammes d'étalonnage établies avec l'acide gallique et sont exprimées en milligramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait sec sèche (mg EAG/mg ES).

II-3- Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* :

Ces méthodes impliquent le mélange d'espèces oxydantes, tels que des radicaux libres ou des complexes métalliques oxydés, avec un échantillon qui contient des antioxydants capables d'inhiber la génération des radicaux (**Prior et al.,2005**).

Dans notre étude, la mise en évidence de l'activité antioxydante in vitro de l'extrait phénolique de *corchorus olitorius* a été réalisée par deux techniques chimiques à savoir : le pouvoir réducteur du fer (FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power) et la capacité antioxydante totale (CAT).

II-3-1-Pouvoir réducteur du fer (FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power) :

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son antioxydant. L'activité réductrice du fer de notre extrait est déterminée selon la méthode décrite par (Pan et al., 2008), basée sur la réaction chimique de réduction du Fe^{3+} présent dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en Fe^{2+} , cette capacité réductrice peut servir comme un indicateur significatif de l'activité antioxydante potentielle d'un composé.

Dans cette technique, la couleur jaune de la solution change au vert et bleu selon le pouvoir réducteur de l'échantillon testé. Et une absorbance élevée à 700 nm indique un pouvoir réducteur élevé (Zovko et al.,2010).

- **Mode opératoire :**

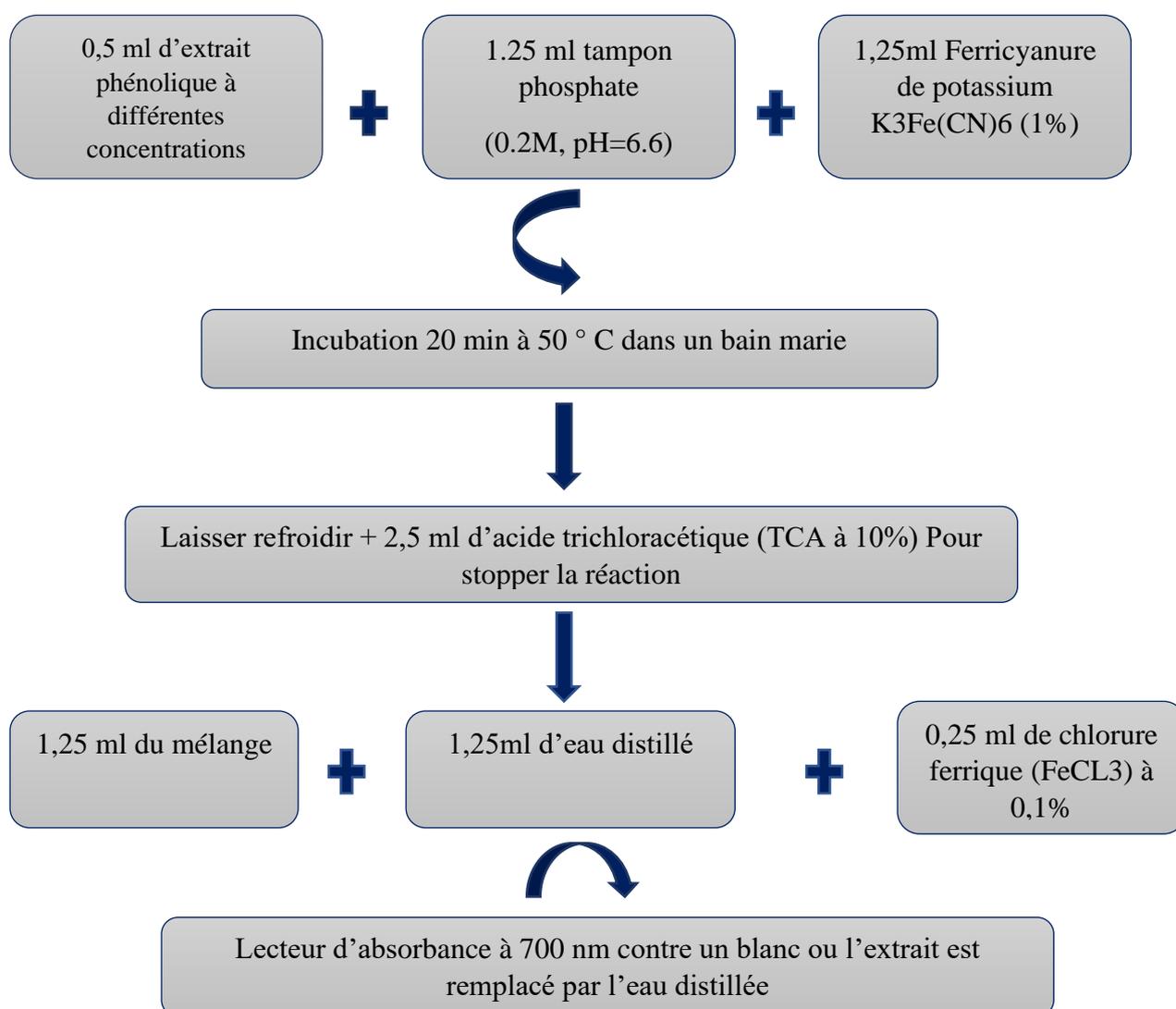


Figure 09 : Protocole d'évaluation du pouvoir réducteur de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* (Pan et al, 2008).

II-3-2- Capacité antioxydante totale (CAT) :

Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} à molybdène Mo (V) MoO_2^+ en présence de l'extrait pour former un complexe vert de phosphate Mo (V) à pH acide. Elle est réalisée selon la méthode de **Prieto et al. (1999)**.

- **Mode opératoire :**

Un volume de 0,3 ml de chaque extrait est mélangé avec 3 ml de solution du réactif (0,6 M acide sulfurique, 28 mM phosphate de sodium et 4 mM molybdate d'ammonium). Les tubes sont vissés et incubés au bain marie à 95 °C pendant 90 min. Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695 nm contre le blanc qui contient 3 ml de la solution du réactif et 0,3 ml du méthanol et il est incubé dans les mêmes conditions que l'échantillon. La capacité antioxydante totale est exprimée en milligrammes équivalents d'acide ascorbique par gramme de la matière sèche (mg EAA/g MS).

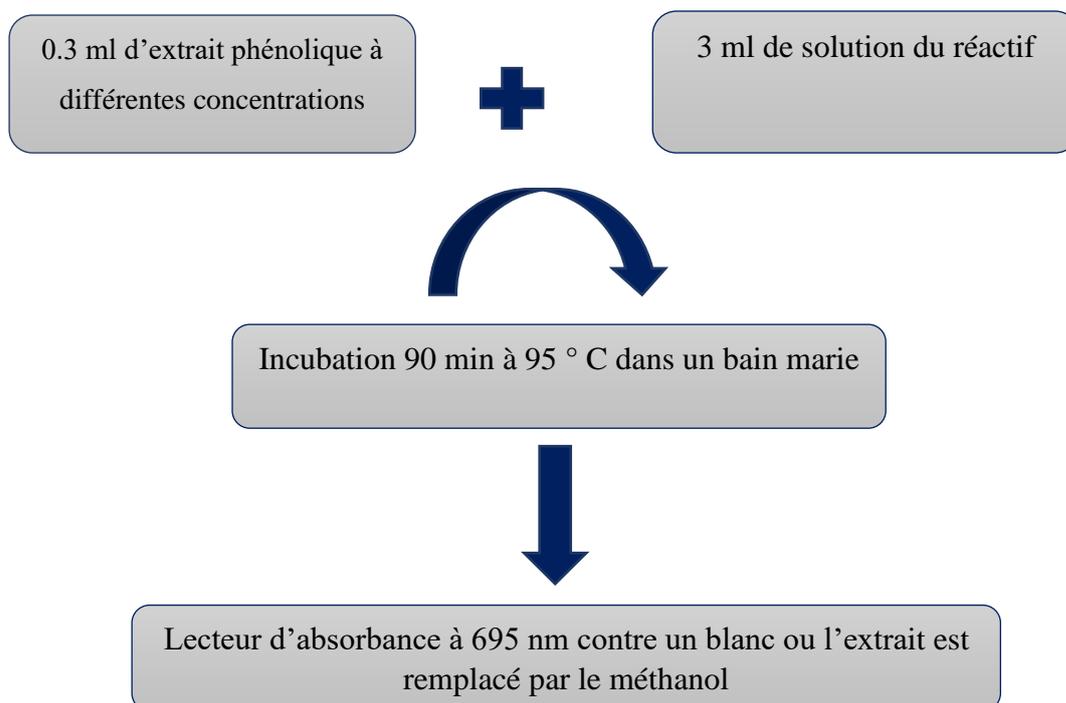


Figure 10 : Protocole d'évaluation de la capacité antioxydante totale de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

II-4-Test de Cytotoxicité :

- **Le principe :**

Le principe de ce test est de mettre en contact des hématies avec l'extrait à différentes concentrations (50-2000 μ g/ml) dans une solution isotonique et de suivre le taux d'hémoglobine libérée par les cellules hémolysées, dans le but d'évaluer la cytotoxicité de l'extrait, vis-à-vis des GRh.

- **Mode opératoire :**

Le protocole suivi est celui de **Bulmus** et ses collaborateurs (2003).

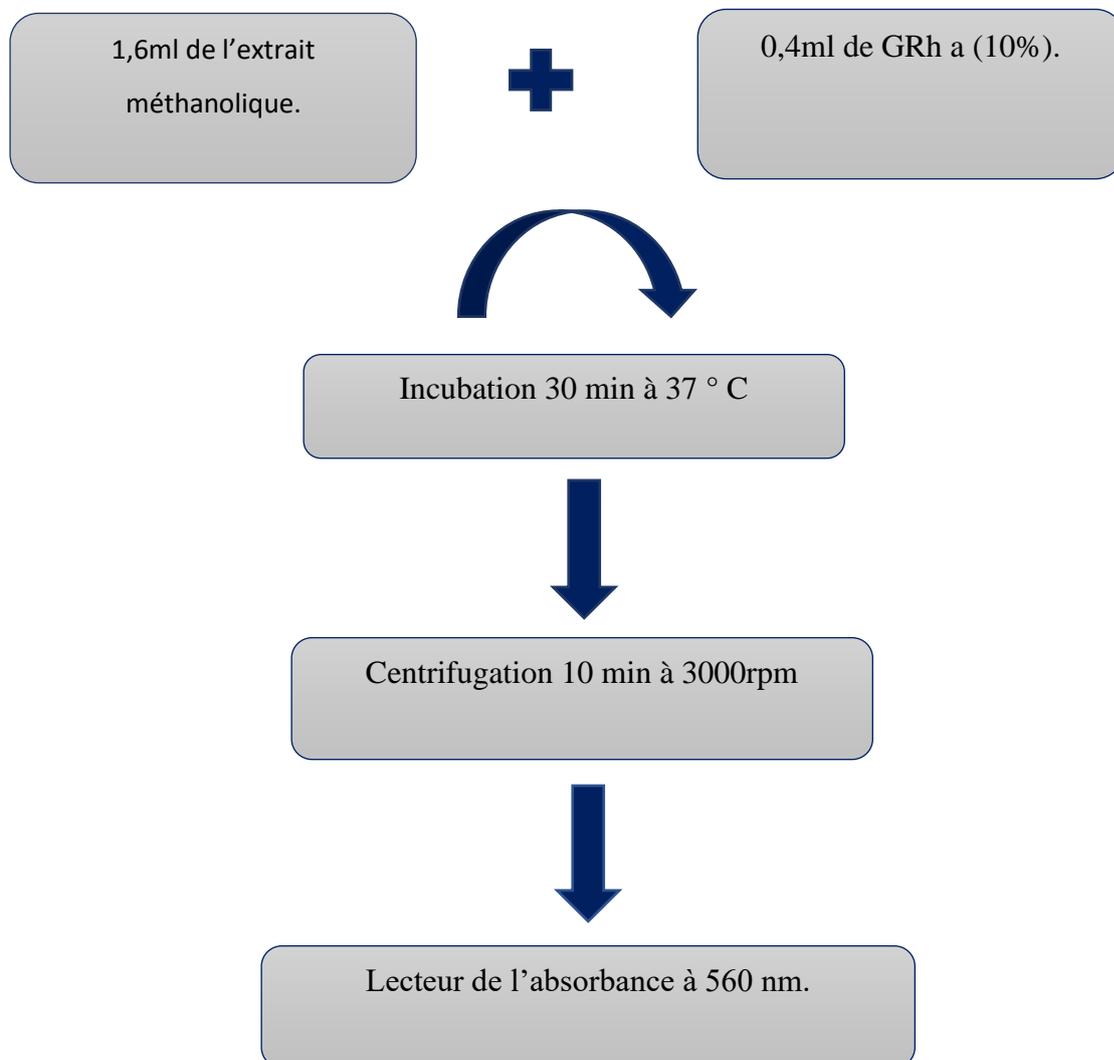


Figure 11 : Protocole d'évaluation du test de cytotoxicité sur l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

- **Expression des résultats :**

Le pourcentage d'hémolyse a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\% \text{ d'hémolyse} = (At/Ac) \times 100$$

Où : Ac = Absorbance du contrôle ; At = Absorbance du test

III- Etude statistique :

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écartype. La comparaison des moyennes entre les témoins et expérimentaux est réalisée deux à deux par le test de student « t ». Les valeurs sont considérées significative lorsque $P \leq 0.05$ (*), très significatives lorsque $P \leq 0.01$ (**), hautement significatives lorsque $P \leq 0.001$ (***), et non significative si : $P > 0.05$.

Résultats et interprétations

I- Rendement d'extrait phénolique brut de *Corchorus olitorius* :

L'extraction des composés phénoliques des feuilles de *Corchorus olitorius*, nous a permis de déterminer le rendement de leur extrait phénolique par rapport à la matière végétale sèche, qui est exprimé en pourcentage et représenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 07 : Rendement d'extrait phénolique des feuilles de *Corchorus olitorius*.

La plante	Rendement en %
<i>Corchorus olitorius</i> (feuilles)	17 %

Ces résultats nous constatons clairement que la poudre de *Corchorus olitorius* a un rendement important en polyphénols de l'ordre de 17 %.

II- Dosage des polyphénols totaux :

Les analyses quantitatives des phénols totaux au moyen de dosage sont déterminées à partir des équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en mg équivalent d'acide gallique (Figure 14 Annexe).

Le tableau 8 résume le résultat obtenu de teneur en phénols totaux de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

Tableau 08 : La teneur en polyphénols de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

La plante	Phénols totaux (mg EAG/mg ES)
<i>Corchorus olitorius</i> (feuilles)	0.0360 mg EAG/mg ES

III- Evaluation de l'activité antioxydante d'extrait phénolique de la plante étudiée :

III-1- Pouvoir réducteur du fer (FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power) :

L'activité antioxydante de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* par la méthode de réduction du fer a été évaluée spectrophotométriquement à 700 nm afin de déterminer la concentration la plus active de l'extrait.

Par des dilutions en cascade de notre extrait, ainsi que de l'acide ascorbique, et de l'acide gallique comme substances de référence, nous obtenons une gamme de concentration allant de 0,125 – 1 mg/ml, pour chaque concentration, nous mesurons les densités optiques à 700 nm.

Les valeurs des DO sont ensuite utilisées pour tracer des courbes en fonction des concentrations d'extrait phénolique, d'acide gallique et d'acide ascorbique. Les résultats obtenus, représentés dans la figure 13, nous ont permis de constater que la réduction du fer est proportionnelle à l'augmentation de la concentration des échantillons.

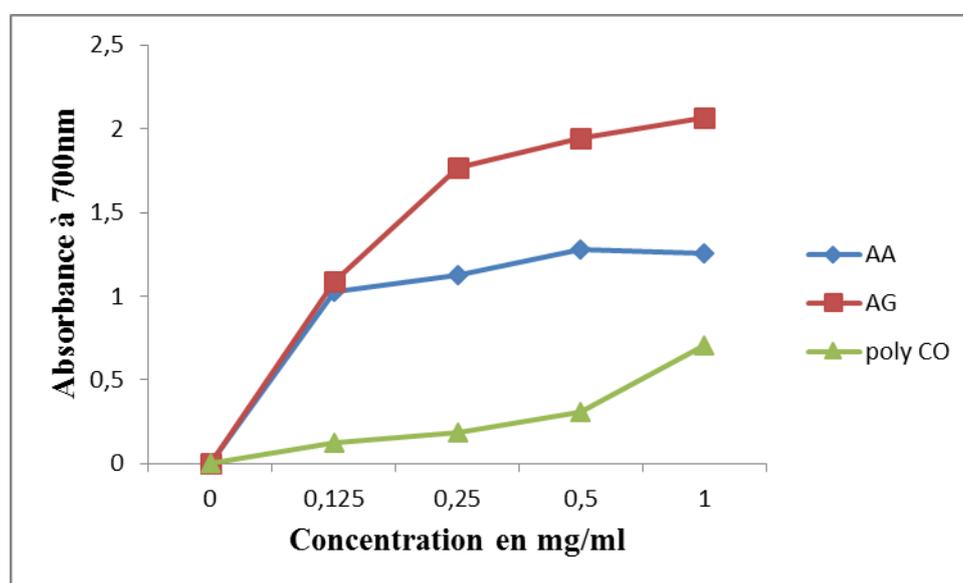


Figure 12 : Pouvoir réducteur du fer de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

- **AA :** acide ascorbique.
- **AG :** acide gallique.
- **Poly CO :** extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

Les résultats du pouvoir réducteur du fer selon le graphe ci-dessus montrent qu'à une concentration de 1mg/ml l'activité de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* de référence (DO=0.70) est nettement inférieure à celle de l'acide ascorbique et de l'acide gallique qui présentent un pouvoir réducteur de référence (DO=1,256 et DO=2.069 respectivement) à la même concentration utilisée. En effet, à la concentration de 1 mg/ml, notre extrait phénolique présente un pouvoir réducteur presque totale. Ceci montre que la plante est riche en composants phénoliques qui ont un pouvoir antioxydant.

III-2- Capacité antioxydante totale CAT :

La capacité antioxydante totale de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* est estimée à partir d'une courbe d'étalonnage, établie en utilisant une substance de référence, l'acide ascorbique, à différentes concentrations (Figure 15 Annex). Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique par g de l'extrait sec (mg EAA/g ES).

Tableau 09 : Capacité antioxydante totale de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

	Capacité antioxydante totale (mg EAA/g ES)
Extrait phénolique de <i>Corchorus olitorius</i>	0,497 ± 0,231

D'après les résultats présentés dans le tableau 09, on a pu déterminer que l'extrait phénolique de la plante étudiée a présenté une activité antioxydante totale d'une valeur de 0,497±0,231mg EAA/g ES à une concentration de 1mg/ml. Cette capacité antioxydante peut être due principalement à la richesse de notre extrait en polyphénols, mais aussi aux structures chimiques des molécules bioactives.

IV- Test de cytotoxicité :

Le test de cytotoxicité *in vitro* est réalisé en utilisant des globules rouges humains. Différentes concentrations de phénolique de *Corchorus olitorius* (250-2000µg/ml) sont testées par comparaison à l'acide gallique.

Le pourcentage de l'hémolyse est évalué pour chaque concentration (250-2000µg/ml), en mesurant l'absorbance de l'hémoglobine libérée des globules rouges par hémolyse. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure 13.

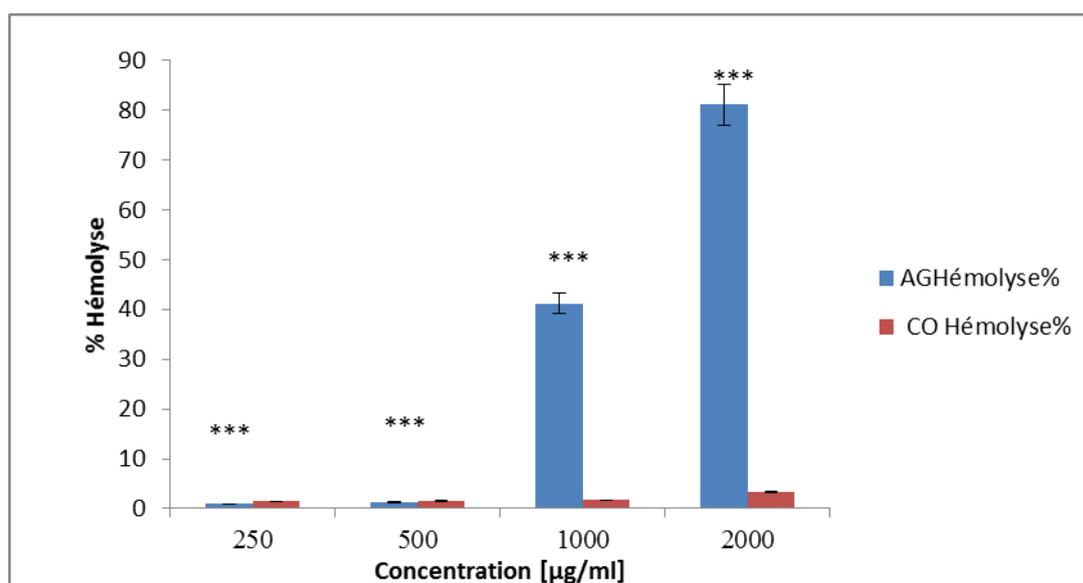


Figure 13 : Pourcentage de l'hémolyse en fonction des concentrations de l'acide gallique et l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius*.

Les colonnes graphiques au-dessus montrent une différence hautement significative dans le taux d'hémolyse pour les différentes concentrations par rapport à la molécule de référence, l'acide gallique.

Nos résultats montrent qu'à la concentration de 250 µg/ml, 500 µg/ml l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* exerce un effet hémolytique de GR en moyenne de (1.46%, 1.57%), supérieur en comparaison à l'acide gallique (0.912%, 1.316%) respectivement. Cet effet hémolytique de notre extrait augmente à une valeur égale à 1.67% pour une concentration de 1000 µg/ml, et atteint un taux maximum de 3.4 % à la concentration de 2000µg/ml.

De plus, les résultats montrent que le test de cytotoxicité sur des globules rouges humains indique que l'extrait phénolique des feuilles de *Corchorus olitorius* n'exerce aucun effet cytotoxique par rapport à l'acide gallique à des concentrations comprises entre 250 µg/ml et 2000 µg/ml.

Discussion

Les plantes médicinales suscitent actuellement un grand intérêt en raison de leur énorme réserve en composés potentiels et en molécules bioactives, qui se caractérisent par une grande diversité structurale et chimique ainsi qu'une large gamme d'activités biologiques, cela demeure l'objet de plusieurs recherches scientifiques *in vitro* et *in vivo* (**Mohammedi, 2020**). Du fait de leurs propriétés biologiques très importantes et étendues, la phytothérapie par les plantes riches en polyphénols a connu un grand renouveau (**Ngene et al., 2015**).

La principale raison pour laquelle les scientifiques et les consommateurs s'intéressent aux polyphénols est la reconnaissance de leurs propriétés antioxydantes, leur abondance dans notre alimentation et leur rôle probable dans la prévention de diverses maladies liées au stress oxydatif comme le cancer, les maladies cardiovasculaires et les maladies neurodégénératives (**Scalbert et al., 2005**).

Dans ce contexte, nous avons réalisé notre travail qui est consacré à l'extraction et à la quantification des polyphénols d'une part et d'autre part, à l'évaluation de l'activité antioxydante et de la cytotoxicité de l'extrait phénolique des feuilles de *Corchorus olitorius*.

Cette espèce de la famille de Tiliaceae est une plante médicinale de la pharmacopée traditionnelle de l'Algérie. Elle est utilisée dans la cuisine algérienne et comme traitement de diverses maladies telles que les tumeurs, les troubles digestifs, les maux de tête et les troubles cardiaques (**khan, 2008**).

Afin de caractériser l'extrait préparé à partir des feuilles de *Corchorus olitorius*, un dosage des polyphénols totaux a été effectué. Les résultats obtenus indiquent que l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* représente un rendement de l'ordre de 17%, et une teneur en phénols totaux par rapport de matière végétale sèche est de 0.0360 mg EAG/mg extrait qui a été déterminé selon la méthode de Folin-ciocalteu. Ce qui est inférieur à celui de **Meite et al., (2017)**, qui ont trouvé une teneur en polyphénols totaux compris entre 866±15,3 mg EAG /g MS pour une concentration de 0,1 g /ml de *Corchorus olitorius*.

En outre, les travaux d'**Eseyin et al., (2014)** révèlent que *Corchorus olitorius* contient la plus grande teneur en polyphénols totaux par rapport aux autres plantes étudiées, comprise entre 0,100±6,84×10⁻⁵ mg/ml. Et selon **Oboh et al. (2009)**, l'extrait hydrophile de *Corchorus olitorius* présente une teneur de 630,8 mg /100 g en phénols totaux.

En effet, il est difficile de comparer nos résultats avec ceux de la bibliographie, car le rendement n'est que relatif, et s'avère d'être influencé par de nombreux paramètres tels que la répartition géographique, la période de récolte, le stade physiologique de la plante, les conditions et la durée de conservation, la taille et la nature chimique des particules, et dépend probablement de la technique extractive employée et la nature du solvant utilisé (**Falleh et al., 2008**).

La présence d'un pourcentage élevé en polyphénols dans notre plante étudiée lui confère des propriétés antioxydantes, en particulier des propriétés redox telles que la destruction oxydative en neutralisant les radicaux libres, en piégeant l'oxygène ou en décomposant les peroxydes, (**Nijveldt et al., 2001**) ainsi que l'inhibition des enzymes génératrices d'ERO et l'induction de la biosynthèse des enzymes antioxydantes (**Halliwell, 1994 ; atmani et al, 2009 ; Bozorgi et al., 2013**).

A travers notre recherche bibliographique, très peu de travaux ont été réalisés sur l'étude des propriétés antioxydantes de notre plante. Pour cela, on a évalué l'activité antioxydante de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* par la méthode de réduction du fer (FRAP) et la capacité antioxydante totale (CAT).

Concernant le test de la réduction du fer, la présence des réducteurs dans les extraits des plantes provoque la réduction de Fe^{3+} complexe ferricyanure à la forme ferreux. Par conséquent, Fe^{2+} peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu dans le milieu réactionnel à 700 nm (**Chung et al., 2002**).

Au vu des résultats obtenus, notre extrait phénolique de *Corchorus olitorius* a une capacité réductrice du fer avec une absorbance de 0.709 comparé à l'acide ascorbique et l'acide gallique avec une absorbance de 1.256 et 2.069 respectivement. La réduction du fer augmente avec la concentration de l'extrait phénolique de notre plante étudiée.

D'autres études de **Katerere et al., (2012)** montrent que le pouvoir de réduction du fer de l'extrait phénolique arrive jusqu'à une absorbance de 5.04.

Suivant la méthode de réduction du fer, l'absorbance augmente avec la concentration croissante de l'extrait de la plante. Ce qui signifie la réduction constante de Fe^{3+} en Fe^{2+} , indiquant le potentiel de réduction de la plante (**Barku et al., 2013**).

Par ailleurs, d'autres études ont révélé que les groupements hydroxyles des composés phénoliques et des flavonoïdes sont responsables de leur pouvoir antioxydant du fait qu'ils peuvent servir de donneurs d'électrons (**Heim et al., 2002**).

Certaines études ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé permet d'indiquer de manière significative son activité antioxydante potentielle (**Jeong et al., 2004 ; Kumaran et Karunakaran, 2007**).

Concernant la capacité antioxydante totale, les résultats obtenus indiquent que l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* a présenté une activité antioxydante totale importante d'une valeur de $0,497 \pm 0,231$ mg EAA/g ES à une concentration de 1mg/ml.

Selon **Rice-Evans et al., (1997)**, l'augmentation de l'efficacité antioxydante dépend de la structure, de la qualité et de la concentration des composés phénoliques, ainsi que de leurs quantités dans les tissus végétaux.

Enfin, nos résultats et ceux des autres travaux montrent que *Corchorus olitorius* est une plante médicinale qui possède des propriétés antioxydantes remarquable et efficace grâce à ses composés phénoliques et qui en tirent des effets bénéfiques pour la santé.

Les globules rouges ont été largement utilisés pour l'étude de la cytotoxicité des extraits de plantes *in vitro* (**Novaes et al., 2007**), car ils sont faciles à isoler du sang et leurs membranes présentent des similitudes avec celles des autres cellules (**Robertis et Robertis, 1995**).

Cependant et quant à l'étude de la cytotoxicité de *Corchorus olitorius*, nos résultats indiquent que le test des globules rouges par l'acide gallique provoque une augmentation très significative du taux d'hémolyse, en fonction des concentrations. En effet, cette molécule de référence présente un effet hémolytique très considérable à partir de la concentration 500µg/ml avec un pourcentage d'hémolyse de 0,912%, pour la concentration de 2000ug /ml l'hémolyse augmente au maximum à 81,068%, par contre l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* (3,4%), ne provoque aucun effet toxique et Selon la nouvelle méthode de **Lorke** telle que celle utilisée par **CHINEDU et al.,(2013)** ont testé la toxicité aiguë de *Corchorus olitorius* sur douze rats furent divisés et répartis en 4 étapes. Les résultats démontrent qu'aucun comportement toxique et aucune mortalité n'ont été observés après toutes les étapes de l'administration d'une dose unique d'extrait des feuilles de *C. olitorius* pendant la période

d'étude de toxicité aiguë ayant duré de 1 à 7 jours, même à une dose de 5000 mg / kg de poids corporel. Une répétition de cette dose la plus élevée sur deux animaux au stade de confirmation du test n'a toujours pas produit de mortalité. Bien que les animaux soient demeurés calmes immédiatement après l'administration, ils ont retrouvé leur agilité et leur activité physique au bout de 2 heures.

En vue de maintenir notre santé et notre bien-être, il est recommandé de consommer la corète potagère en salade sous forme de feuilles vertes ou comme épice ajoutée aux plats, pour son importante richesse en polyphénols, ainsi que leurs bienfaits qui peuvent être altérés par le chauffage.

Conclusion générale

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable de principes actifs connus pour leurs propriétés thérapeutiques, grâce à une gamme extraordinaire de molécules bioactives que ces plantes synthétisent comme des agents médicaux tels que les antioxydants et les anti-hémolytiques, en particulier les polyphénols qui sont les composés les plus intéressants et les plus étudiés de nos jours.

L'objectif de notre étude a intégré le même contexte dont le but est d'évaluer l'activité antioxydante et la cytotoxicité de l'extrait phénolique des feuilles de *Corchorus olitorius*. La sélection de notre plante a été effectuée essentiellement sur la base de son intérêt alimentaire et thérapeutique.

Pour ce faire et dans un premier temps, un dosage des polyphénols totaux par la méthode colorimétrique avec le réactif de Folin-Ciocalteu a été réalisé. Il a été constaté que l'extrait contient une teneur de 0.0360 mg EAG/mg extrait en ces métabolites bioactifs.

Dans un second volet de notre étude, L'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait phénolique de *Corchorus olitorius* a été réalisée par deux tests : la réduction du fer FRAP et la capacité antioxydante totale (CAT) afin de mieux connaître les vertus de cette plante dans le domaine thérapeutique. Il a été ressorti que cette plante présente un pouvoir antioxydant intéressant.

Enfin, au cours de cette étude, nous avons testé la cytotoxicité de notre extrait sur la base d'un modèle cellulaire érythrocytaire. Nous avons noté la sensibilité des érythrocytes à différentes concentrations de l'extrait, cette étude a montré que l'extrait de notre plante ne provoque qu'une faible hémolyse avec des pourcentages allant de 1,45% à 3,4%.

Suite à ces résultats, il est clair que notre travail valide l'utilisation traditionnelle de cette espèce mais des études plus approfondies sont nécessaires pour exploiter le grand potentiel de ses propriétés biologiques.

Il serait intéressant, pour une meilleure exploitation de cette plante, de développer les perspectives suivantes :

- Evaluer l'effet nutritionnel de *Corchorus olitorius*.
- Evaluer l'activité antioxydante par d'autres méthodes in vitro : Blanchiment du β -carotène, DPPH

- Identifier et isoler des composés de cette plante par des techniques analytiques avancées (HPLC), et leur application in vivo pour une identification plus précise et une détermination de leur toxicité.
- Etudier d'autres activités biologiques telles que l'activité anti-inflammatoire, antifongique, anticancéreuse...

Références bibliographiques

A

- **Achat, S. (2013).** Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Avignon.
- **Afanas'ev I.B., Dcrozko A.I., Brodskii A.V., Kostyuk V.A., Potapovitch A.I. (1989).** Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochemical pharmacology* ; 38(11) :1763-1769.
- **Atmani D., Chafer N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud H., Atmani D. (2009).** Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry* ; 112(2) : 303-309.
- **Ayensu, S. E. (1978).** Medicinal Plants of West Africa. Reference Publishers Incorporated. New York. 259p.
- **Azuma, K., Nakayama, M., Koshioka, M., Ippoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., ... & Higashio, H. (1999).** Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ; 47(10), 3963-3966.

B

- **Badeau Mylène. (2006).** Effets d'un antioxydant, le tempol, sur les actions métaboliques et vasculaires de l'insuline chez le rat insulino-résistant avec un surplus de poids. Effets de l'insuline sur le transport du glucose dans le muscle squelettique, la réactivité vasculaire, l'expression des protéines eNOS, le stress oxydatif et les effets hémodynamiques régionaux. Université Laval.
- **Barku, V. Y. A., Boye, A., & Quansah, N. (2013).** Antioxidant and wound healing studies on the extracts of *Corchorus olitorius* leaf. *WorldEssays* ;1(3) :67-73.
- **Barouki Robert. (2006).** Stress oxydant et vieillissement. *Medecine/sciences* ; 22(3) : 266- 272.
- **Belay, S. B. (2011).** Phylogeny of the genus *Corchorus* (Malvacea SL) and diversity analyses in selected species : Evidence from morphology, flow cytometry, and molecular data. *Cuvillier Verlag* ;49(0) :0-10.
- **Belščak-Cvitanović, A., Durgo, K., Huđek, A., Bačun-Družina, V., & Komes, D. (2018).** Overview of polyphenols and their properties. In *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (pp. 3-44). Woodhead Publishing.
- **Bensakhria A. (2018).** Le stress oxydatif. *Toxicologie générale*,70-86.

- **Boizot N et Charpentier J-P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre fustier. Le cahier des Techniques de l'Inra. pp79-82.
- **Bonarska-Kujawa, D., Pruchnik, H., Oszmiański, J., Sarapuk, J., & Kleszczyńska, H. (2011).** Changes caused by fruit extracts in the lipid phase of biological and model membranes. *Food biophysics* ; 6(1) :58-67.
- **Boubekri chérifa, (2014).** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *slanum melongena* par des techniques électrochimiques, Thèse du Doctorat Université – Mohamed Khinder –Biskra ; 68 ; 1-176.
- **Bozorgi M., Memariani Z., Mobli M., Salehi Surmaghi M. H., Shams Ardekani M. R., Rahimi R. (2013).** Five Pistacia species (*P. verq*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. Lentiscus*) : a review of their traditional uses, phytochemistry, and pharmacology . *The Scientific World Journal*.
- **Bravo L. (1998).** Polyphenols : chemistrey, dietary sources, metabolism and nutrition signifiante. *Nutrition reviews* ;56 (11) :317-333.
- **Bulmus, V., Woodward, M., Lin, L., Murthy, N., Stayton, P., et Hoffman, A., 2003.** A new pH-responsive and glutathione-reactive, endosomal membrane disruptive polymeric carrier for intracellular delivery of biomolecular drugs. *Journal of Controlled Release* ; 93(2) : 105-120.
- **Bureau Geneviève. (2006).** Deux phyto-estrogènes, le resvératrol et la quercétine, réduisent la mort neuronale induite par le stress oxydatif et l'inflammation. Mémoire. Trois-Rivières, Université du Québec à Trois-Rivières, 97 p.

C

- **Camille Migdal., Mireille Serres. (2011).** Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Médecine/sciences* ; 27(4) : 405-412.
- **Chansiw, N., Paradee, N., Chotinatakul, K., & Srichairattanakool, S. (2018).** Anti-hemolytic, antibacterial and anti-cancer activities of methanolic extracts from leaves and stems of *Polygonum odoratum*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* ; 8(12) : 580-585.

- **Chaudhuri, S., Banerjee, A., Basu, K., Sengupta, B., Sengupta, P.K. (2007).** Interaction of flavonoids with red blood cell membrane lipids and proteins: antioxidant and antihemolytic effects. *Int. J. Biol. Macromol* ; 41(1) : 42-48.
- **Cheyrier, Véronique (2005).** Polyphenols in foods are more complex than often thought. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 223S–229S.
- **Chinedu E, Arome D, Ameh FS. (2013).** A new method of determining acute toxicity in animal models. *Toxicol Int* ;20(3): 224-226.
- **Chung, Y. C., Chang, C. T., Chao, W. W., Lin, C. F., & Chou, S. T. (2002).** Antioxidative activity and safety of the 50 ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of agricultural and food chemistry* ; 50(8) : 2454-2458.
- **Clifford, Michael N (2000).** Anthocyanins - nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture* ; 80(7) : 1063–1072.
- **Collin Sonia., Crouzet Jean. (2011).** Polyphénols et procédés. Lavoisier.
- **Cutrim, Camila Sampaio., Cortez, Marco Antonio Sloboda. (2018).** A review on polyphenols: Classification, beneficial effects and their application in dairy products. *International Journal of Dairy Technology* ;71(3) :564-578.

D

- **Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P., Tognolini, M., Borges, G., & Crozier, A. (2013).** Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxidants & redox signaling* ; 18(14) : 1818-1892.

E

- **Edmonds, J. M. (1990).** Herbarium Survey of African *Corchorus* L. species. Systematic and Ecogeographical Studies on Crop Gene pools. International Board of Plant Genetic Resources, Rome. 284p
- **Eseyin O., Etiemmana G., Enobong M., Ebong A., Etim I., Udobre S., Johnson E., Attih E., Effiong A. (2014).** Evaluation des propriétés antioxydantes de certains légumes

couramment consommés dans l'état d'Akwalbou au Nigéria. *Annual Research & Review in Biology* ; 5 (2) : 165-173.

F

- **Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdely, C. (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies* ; 331(5) : 372-379.
- **Favier Alain. (2003).** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* ;108-115.
- **Favier Alain. (2006).** Stress oxydant et pathologies humaines. *Annales Pharmaceutiques françaises* ;64(6) :390-396.
- **Favier A., Cadet J., Kalaryanaman R., Fontecave M., Pierre JL. (1995).** Analysis of Free Radicals in Biological Systems. New York : Birkhauser.
- **Florence Boyer. (2016).** Stress oxydant et pathologie diabétique : impact de l'hyperglycémie et de l'albumine glyquée sur les cellules cardiaques et adipeuses. Thèse de doctorat en Médecine humaine et pathologie : Biochimie, Université de la Réunion,01379536.
- **Fondio, L., & Grubben, G. J. H. (2011).** *Corchorus olitorius* L. [Internet] Record from PROTA4U. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Netherlands).
- **Frédéric Bourgoïn. (2012).** La contribution du stress oxydatif et de médiateurs inflammatoires dans les complications vasculaires, métaboliques et moléculaires induites chez le rat soumis à une alimentation riche en gras et en sucre, un modèle de résistance à l'insuline. Thèse de doctorat en Physiologie-endocrinologie, Université Laval.

G

- **Galleano, M., Pechanova, O., & G Fraga, C. (2010).** Hypertension, nitric oxide, oxidants, and dietary plant polyphenols. *Current pharmaceutical biotechnology* ;11(8) : 837-848.

- **Gérard Pacaud., Marie-France six. (2004).** Tout savoir sur les vitamines et les minéraux. *Medicine-pharmacology* ;254p.
- **Ghasemi Pirbalouti, A., Siahpoosh, A., Setayesh, M., & Craker, L. (2014).** Antioxydant activity, total phenolic and flavonoid contents of some medicinal and aromatic plants used as herbal teas and condiments in Iran. *Journal of medicinal food* ; 17(10) : 1151-1157.
- **Goudable Joëlle., Favier Alain (1997).** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition clinique et métabolisme* ;11(2) :115-120.
- **Guenancia Charles. (2015).** Implications du stress oxydant et du fer dans la cardiotoxicité des anthracyclines et du trastuzumab. Thèse de doctorat en Médecine : Physiopathologie et Pharmacologie Cardiovasculaires, Université de Bourgogne, UFR des Sciences de Santé.
- **Guilland J.-C. (2013).** Vitamines dans la pratique médicale de tous les jours. *EMC - Traité de médecine AKOS* ;8(1) : 1–9.

H

- **Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C., Chapelle J.P. (2007).** Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liege* ; 62(10) :628-638.
- **Halliwell Barry. (1994).** Free radicals and antioxidants : a personal view. *Nutrition reviews* ; 52(8) :253-265.
- **Halliwell Barry. (2006).** Reactive Species and Antioxidants. *Redox Biology Is a Fundamental Theme of Aerobic Life. Plant physiology* ;141(2) :312-322.
- **Halliwell B., Gutteridge JM. (1990).** Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease : an overview. *Methods Enzymol* ; 186 :1–85.
- **Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002).** Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of nutritional biochemistry* ; 13(10) : 572-584.
- **Hennebelle T., Sahpaz S., Bailleul F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif ; 2(1) : 3–6.
- **Herbinet. (2004).** Les Compléments alimentaires en phytothérapie. *Faculté de Pharmacie.*
- **Hong JH., Kim MJ., Park MR., Kwag OG., Lee IS., Byun BH., Lee SC., Lee KB and Rhee SJ. (2004).** Effects of vitamin E on oxidative stress and membrane fluidity in brain of streptozotocin-induced diabetic rats. *Clin Chim Acta* ; 340 (1-2) : 107-115.

J

- **Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Jo, S. C., Nam, K. C., Ahn, D. U., & Lee, S. C. (2004).** Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of agricultural and food chemistry* ; 52(11) :3389-3393.

K

- **Karamać M., Pegg R.B. (2009).** Limitations of the tetramethylmurexide assay for investigating the Fe (II) chelation activity of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ; 57(14) : 6425-6431.
- **Katerere, D. R., Graziani, G., Thembo, K. M., Nyazema, N. Z., & Ritieni, A. (2012).** Antioxidant activity of some African medicinal and dietary leafy African vegetables. *African Journal of Biotechnology* ;11(17) : 4103-4108.
- **Khan, H. (2013).** Understanding jute at the molecular level. In *Centers. iub. edu. bd/chpdnew/chpd/download/seminar/2008/oct16. pdf.* accessed on July 18th.
- **Kiebre, M., Kando, P. B., Kiebre, Z., Sawadogo, M., Sawadogo, N., Sawadogo, B., ... & Traore, R. E. (2016).** Evaluation agromorphologique d'accessions de corète potagère (*corchorus olitorius. L*) du Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ; 14(1) : 198-209.
- **Knez Wade L., Coombes Jeff S., Jenkins David G. (2006).** Ultra-endurance exercise and oxidative damage : implications for cardiovascular health. *Sports Medicine* ;36(5) : 429-441.
- **Koechlin-Ramonatxo C. (2006).** Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme* ; 20(4), 165-177.
- **Kumaran, A., & Karunakaran, R. J. (2007).** In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India. *LWT-Food Science and Technology* ; 40(2) : 344-352.

L

- **Lattanzio, V., Kroon, P. A., Quideau, S., Treutter, D. (2009).** Plant phenolics—secondary metabolites with diverse functions. *Recent advances in polyphenol research* ; 1 : 1-35.

- **Liu, W., Guo, R. (2005).** Interaction between morin and sodium dodecyl sulfate (SDS) micelles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ;53 : 2890–2896.
- **Loumerem, M., Alercia, A. (2016).** Descriptors for jute (*Corchorus olitorius* L.). *Genetic resources and crop evolution* ; 63(7) : 1103-1111.

M

- **Mabry, T., Markham, K. R., & Thomas, M. B. (1970).** The systematic identification of flavonoids. Springer Science & Business Media.
- **Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.
- **Mahbubul Islam. (2013).** Biochemistry, medicinal and food values of jute (*Corchorus capsularis* L. and *C. olitorius* L.) leaf : a review. *Int J Enhanc Res Sci Technol Eng* ; 2(11) : 35-44.
- **Mahmoud, A. S., Thao, N., Mario, A. (2016).** *Corchorus olitorius* linn : a rich source of Ω 3-fatty acids. *Pharmaceutica analytica acta* ; 7(6) :1-9.
- **Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. A. (2011).** Bioactive phenolic compounds : Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology advances* ; 29(3) : 365-373.
- **Mehansho, H., Butler, L G., Carlson, D M. (1987).** Dietary Tannins and Salivary Proline-Rich Proteins: Interactions, Induction, and Defense Mechanisms. *Annual Review of Nutrition* ; 7(1) : 423–440.
- **Meit Souleymane., Adouka Edith Agbo., Ahou Honorine Koffi., Allico Joseph Djaman., Jean David N'Guessan. (2017).** Study of antioxidant activity leaves of *Corchorus olitorius* and *solanum macro carpon*. Pasteur Institute of Cote d'Ivoire., Department of Biochemistry Basic and Clinical Unit of Toxicology, Phytochemistry and Metabolomics *European journal of pharmaceutical and medical research* www.ejpmr.com ; 2394-3211 [ejpmr](http://www.ejpmr.com)
- **Miguel M. G. (2010).** Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal* ; 25(5), 291-312.
- **Mimouni Imane. (2020).** Le processus oxydatif et les antioxydants en pathologie humaine. Thèse de doctorat en Médecine, UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT.

- **Mohammedi Z. (2020).** Étude de l'évolution de la capacité anti-radicalaire du fruit de l'Arbutus unedo L. à différents stades de maturation. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège.
- **Moon, J. K., & Shibamoto, T. (2009).** Antioxidant assays for plant and food components. J Agr Food Chem ; 57, 1655 – 1666.
- **Murota K., Mitsukuni Y., Ichikawa M., Tsushida T., Miyamoto S., et Terao J. (2004).** Quercetin-4'-glucoside is more potent than quercetin-3-glucoside in protection of rat intestinal mucosa homogenates against iron ion-induced lipid peroxidation. Journal of Agricultural and Food Chemistry ; 52(7) : 1907-1912.
- **Mustafa, S. K., Oyouni, A. A. W. A., Aljohani, M. M., & Ahmad, M. A. (2020).** Polyphenols more than an antioxidant : Role and scope. J. Pure Appl. Microbiol ;14(1) : 47-61.

N

- **Neffati, N., Aloui, Z., Karoui, H., Guizani, I., Boussaid, M., & Zaouali, Y. (2017).** Phytochemical composition and antioxidant activity of medicinal plants collected from the Tunisian flora. Natural product research ; 31(13), 1583-1588.
- **Ngene, J. P., Ngoule, C. C., Kidik, C. P., Ottou, P. M., Dibong, S. D., & Mpondo, E. M. (2015).** Importance dans la pharmacopée traditionnelle des plantes à flavonoïdes vendues dans les marchés de Douala est (Cameroun). Journal of Applied Biosciences ;88 : 8194-8210.
- **Nijveldt, R.J., van Nood, E., van Hoorn, D.E.C., Boelens, P.G., van Norren, K., van Leeuwen, P.A.M. (2001).** Flavonoids : a review of probable mechanisms of action and potential applications. American Journal of Clinical Nutrition ;74 :418–425.
- **Novaes., Novaes., Melo., & Recôva. (2007).** Avaliação da toxicidade aguda do cogumelo Agaricussylvaticus. Comun. ciênc. Saúde ;18(3) : 227-1236.

O

- **Oboh G., Raddatz H., Henle T.(2009).**Caractérisation des propriétés antioxydantes d'extraits hydrophiles et lipphiles de feuille de jute (corchorus olitorius).Département de biochimie, Université fédérale de technologie ,Akrue,Nigéria.

- **Obrenovich, M. E., Nair, N. G., Beyaz, A., Aliev, G., & Reddy, V. P. (2010).** The role of polyphenolic antioxidants in health, disease, and aging. *Rejuvenation research*, 13(6), 631-643.
- **Oka M. (1961).** Pharmacological studies on flavonoids. *Folia Pharmacologica Japonica* ;57 (5) :566-576.
- **Oliver, S., Vittorio, O., Cirillo, G., & Boyer, C. (2016).** Enhancing the therapeutic effects of polyphenols with macromolecules. *Polymer Chemistry* ; 7(8) :1529-1544.
- **Osawaru, M. E., Ogwu, M. C., Chime, A. O., Amorighoye, A. R. (2012).** Morphological evaluation and protein profiling of three accessions of Nigerian *Corchorus* Linn. species. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* ; 5(1) : 26-32.

P

- **Paini M, Casazza AA, Aliakbarian B, Perego P, Binello A, Cravotto G (2016).** Influence of ethanol/water ratio in ultrasound and high-pressure/ high-temperature phenolic compound extraction from agri-food waste. *International Journal of Food Science and Technology* ; 51: 349–358.
- **Pan, Y., Wang, K., Huang, S., Wang, H., Mu, X., He, C., ... & Huang, F. (2008).** Antioxidant activity of microwave-assisted extract of longan (*Dimocarpus Longan* Lour.) peel. *Food chemistry* ; 106(3), 1264-1270.
- **Pandey K. B., Rizvi S. I. (2009).** Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity* ; 2(5) : 270-278.
- **Pasquier C. (1995).** Stress oxydatif et inflammation. *Revue française des laboratoires* ; 276 :87-92.
- **Percie Du Sert, P. (2009).** Les pollens apicoles. *Phytothérapie* ; 7(2) : 75-82.
- **Phaniendra A., Jestadi DB., Periyasamy. (2015).** Free radicals : properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian J ClinBiochem* ;30(1) : 11–26.
- **Pincemail Joël., Karine Bonjean., Karine Cayeux., Jean-Olivier Defraigne. (2002).** Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. *Nutrition clinique et métabolisme* ;16(4) : 233–239.
- **Powers, S. K., DeRuisseau K. C., et al. (2004).** "Dietary antioxidants and exercise." *Journal Of Sports Sciences* ; 22(1) : 81-94.
- **Prieto P, Pineda M, Aguilar M. 1999.** Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex : Specific

Application to the Determination of Vitamin E, *Analytical Biochemistry* ; 269(2) :337-341.

- **Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K. (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry* ; 53(10), 4290-4302.

R

- **Raizner AE. (2019).** Coenzyme Q10. *Methodist Deakey Cardiovasc J* ; 15(3) : 185-191.
- **Ramchoun, M., Sellam, K., Harnafi, H., Alem, C., Benlyas, M., Khallouki, F., & Amrani, S. (2015).** Investigation of antioxidant and antihemolytic properties of *Thymus satuireioides* collected from Tafilalet Region, south-east of Morocco. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* ;5(2) : 93-100.
- **Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G.G. (1996).** Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine* ; 20 : 933–956.
- **Roberfroid Marcel., Coxam Véronique., Delzenne Nathalie. (2008).** *Aliments fonctionnels (2e édition)*. Editions Lavoisier Tec et Doc, 2. *L'Actualité Chimique* :7-10.
- **Robertis, Robertis. (1995).** *Cell and molecular biology*, London, UK Saunders ; 239- 45.

S

- **Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005).** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical reviews in food science and nutrition* ;45(4) : 287-306.
- **Sha'a, K. K., Clarkson, G. P., & Artimas, S. P. (2019).** Phytochemical analysis, proximate composition and antinutritional factors of *Corchorus oliterius* plant. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* ; 13(4), 2147-2157.
- **Sharmila BG, Kumar G, Rajasekhara PM. (2007).** Cholesterol lowering activity of aqueous fruit extract of *Trichosanthes dioica* Roxb. In normal and streptozotocin diabetic rats. *J. Clinical Diagnosis Res* ; 1 : 561-569.
- **Sikora F.J., McBride M.B. (1990).** Aluminium complexation by protocatechuic and caffeic acids as determined by UV spectrophotometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54 : 78-86.

- **Singleton V. L., Rossi J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- **Sohal R.S., Mockett R.J., Orr W.C. (2002).** Mechanisms of aging : an appraisal of the oxidative stress hypothesis, *Free Radical Biology & Medicine* ; 33(5) : 575-586.
- **Sung CC., Hsu YC., Chen CC., Lin YF., Wu CC. (2013).** Oxidative Stress and Nucleic Acid Oxidation in Patients with Chronic Kidney Disease. Hindawi Publishing Corporation ; 301982,15p.

T

- **Taiwo, Bamigboye J., Taiwo, Grace O., Olubiye, Olujide O., Fatokun, Amos A. (2016).** Polyphenolic compounds with anti-tumour potential from *Corchorus olitorius* (L.) Tiliaceae, a Nigerian leaf vegetable. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* ; 26(15) : 3404–3410.
- **Thompson J. C., et Mottola H. A. (1984).** Kinetics of the complexation of iron (II) with ferrozine. *Analytical Chemistry* ; 56(4) : 755-757.

V

- **Valéry Afonso., Romuald Champy., Dragoslav Mitrovic., Pascal Collin., Abderrahim Lomri. (2007).** Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases : rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du Rhumatisme* ; 74 : 636–643.
- **Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M. (2006).** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer ;160(1) : 1–40.
- **Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., ... & Mpondo, E. M. (2016).** Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences* ; 30(3) : 4797-4814.
- **Velempini, P., Riddoch, I., Batisani, N. (2003).** Seed treatments for enhancing germination of wild okra (*Corchorus olitorius*). *Experimental Agriculture* ; 39(4) : 441-447.

- **Vermerris., Nicholson., 2006.** Phenolic Compound. USA : Springer Nueva York, EEUV ; 3(16): 151-153.

W

- **Wirth T (2015).** Small Organoselenium Compounds : More than just Glutathione Peroxidase Mimics. Angewandte Chemie International Edition ;54(35) :10074-10076.

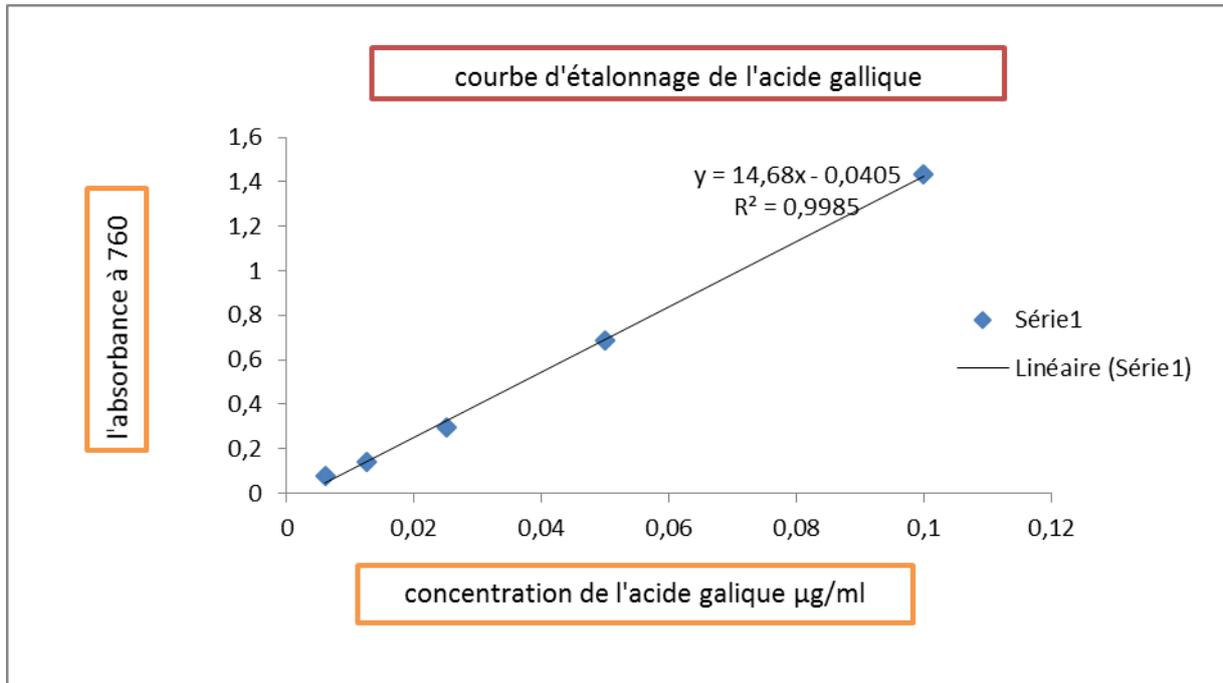
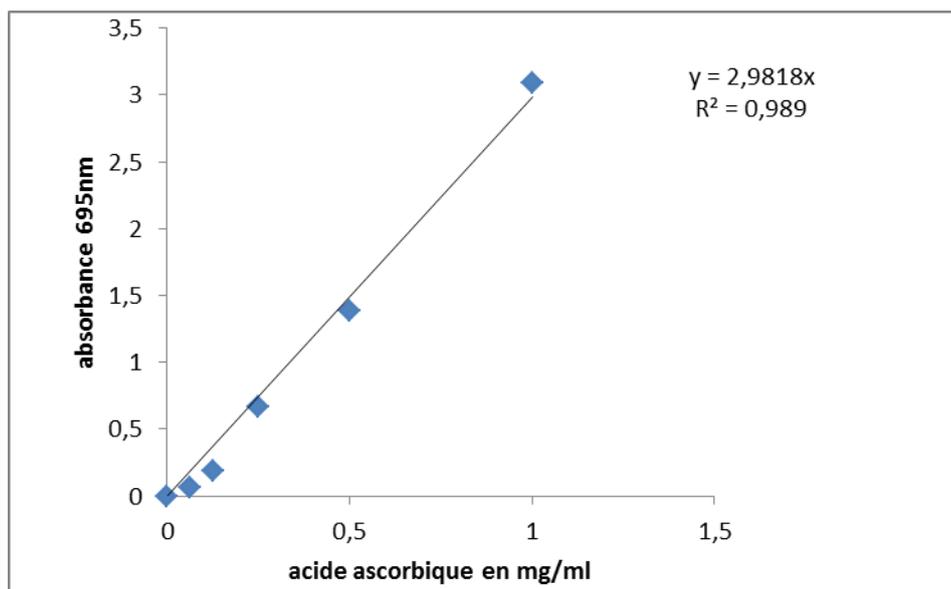
Y

- **Yang, Q. Q., Gan, R. Y., Ge, Y. Y., Zhang, D., & Corke, H. (2018).** Polyphenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) : Chemistry, analysis, and factors affecting composition. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety ;17(6) : 1518-1539.
- **Yu., Dahlgren. (2005).** Evaluation of methods for measuring polyphenols in copper foliage, J. Chem. Ecol ; (26) : 2119-2140.

Z

- **Zekkour. (2008).** Une plante peut à la fois être utile et toxique.
- **Zhang J., Perry G., Smith MA., et al. (1999).** Parkinson's disease is associated with oxidative damage to cytoplasmic DNA and RNA in substantia nigra neurons. Am J Pathol ;154(5) :1423-1429.
- **Zovko Končić M., Kremer D., Karlović, K., Kosalec, I. (2010).** Evaluation of antioxidant activities and phenolic content of *Berberis vulgaris* L. and *Berberis croatica* Horvat. Food and chemical toxicology ; 48(8-9), 2176-2180.

Annexes

Annexe1 : Résultats du dosage des polyphénols totaux.**Figure 14** : courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux**Annexe 2** : Résultats du dosage de l'activité antioxydante totale (CAT).**Figure 15** : Courbe d'étalonnage pour le dosage de l'activité antioxydante totale (CAT)