

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE SCIENCES ALIMENTAIRES

N°/SNV/2022

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{elle} Otmani Hanane & M^{elle} Belalem Nassria

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité: NUTRITION ET PATHOLOGIE

THÈME

**Caractéristiques physico-chimiques et vertus
antioxydantes et antimicrobiennes de souchet
comestible.**

Déposé le 06/07/2022

DEVANT LE JURY

Présidente : Dr. Missoun Fatiha (MCA, Univ. Mostaganem).

Directrice du mémoire Dr. Ziar Hasnia (MCA, Univ. Mostaganem).

Examinatrice : Dr. Boukezzoula Nawal (MCB, Univ. Mostaganem)

Année universitaire : 2021/2022.

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous a aidé et donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nos remerciements sincères s'adressent en premier lieu à Mme Ziar H (MCA, univ. Mostaganem) qui, en tant qu'encadrante de mémoire, elle a toujours montré l'écoute et la disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacré pour que ce mémoire voie le jour.

On souhaite témoigner nos vifs remerciements aux membres de notre jury d'examen qui nous en accorder le privilège d'accepter l'examination scientifique du mémoire; en l'occurrence : la présidente Mme Missoun F. (MCA, univ. Mostaganem) et Mme Boukezzoula N. (MCB, univ. Mostaganem), l'examinatrice de ce modeste œuvre.

Nous n'oublions pas de remercier chaleureusement Melle Belmadani Noussaiba, notre co-encadrante, qui nous a suivies de près au cours de la réalisation pratique de ce projet.



DEDICACE



JE dédie ce mémoire

À mes chers parents : pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

À mes frères.

À mes amies et mes camarades.

Sans oublier tous les professeurs qui ont contribué à ma formation depuis le primaire.

HANANE



DEDICACE



Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers adorables parents qu'ils trouvent ici l'expression du grand respect que je leur porte.

Ames frères au nom de leur amour et en témoignage de leur encouragement.

A tous mes professeurs et encadrants en témoignage de leur contribution à ma formation et leur soutien

A tous ceux qui me sont chers.

NASSRIA



Résumé

Dans le présent travail, nous explorons les effets biologiques de *Cyperus esculentus* L. ou Hab Alaziz sous sa préparation aqueuse telle que utilisée traditionnellement en pharmacopée algérienne ou dans un rapport eau/éthanol 30v/70v. Une première analyse physico-chimique a été effectuée, suivie de l'analyse des teneurs en polyphénols totaux et de flavonoïdes. Deux propriétés biologiques antioxydante (avec calcul des IC₅₀) et antibactérienne ont été aussi évaluées *in vitro*. La composition physico-chimique du tubercule de souchet comestible a montré une teneur en eau et en matières volatiles de l'ordre de 8.3% et des teneurs en cendres et en matières grasses de l'ordre de 3.04 et 26.54%, respectivement. Nos résultats ont confirmé aussi qu'une quantité d'eau est nécessaire pour l'extraction des composés phénoliques à partir de la farine de souchet comestible, car des éléments hydrophiles en quantité plus élevée passent dans l'eau comme solvant pur (12%) comparés à une mixture eau/éthanol. De même, l'extrait aqueux (280 mg eq QER /100g MS) était légèrement plus riche en flavonoïdes comparé à l'extrait éthanolique (198,18 mg eq QER/100 g MS). Les extraits aqueux et éthanolique de *C. esculentus* ont exprimé tous les deux une activité antioxydante avec des valeurs respectives IC₅₀ de l'ordre de 49,96 et de 6,22 mg/ml et de l'ordre de 211,5 et de 12,15 mg/ml, telles que exprimées par les méthodes DPPH et FRAP. En revanche, l'activité inhibitrice des bactéries responsables de toxi-infections a montré que l'extrait éthanolique 30v eau/70v éthanol exerce une activité inhibitrice deux fois au moins supérieure à celle conférée par les constituants hydrosolubles.

Mots clés : *Cyperus esculentus* L., extrait aqueux, analyse physico-chimique, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antibactérienne.

Abstract

In the present work, we explore the biological effects of *Cyperus esculentus* L. or Hab Alaziz under its aqueous preparation as traditionally used in the Algerian pharmacopoeia or in a water/ethanol ratio of 30v/70v. A first physicochemical analysis was carried out, followed by the analysis of total polyphenols and flavonoid contents. Two biological properties, antioxidant (with calculation of IC₅₀), and antibacterial attributes were also evaluated in vitro. The physicochemical composition of the yellow nutsedge tuber showed a water and volatile matter content of about 8.3% and ash and fat contents of about 3.04 and 26.54%, respectively. Our results also confirmed that a certain amount of water is necessary for the extraction of phenolic compounds from yellow nutsedge flour, as higher amounts of hydrophilic elements pass into water as a pure solvent (12%) compared to a water/ethanol mixture. Also, the aqueous extract (280 mg eq QER/100 g DM) was slightly richer in flavonoids compared to the ethanolic extract (198.18 mg eq QER/100 g DM). Both the aqueous and ethanolic extracts of *C. esculentus* expressed antioxidant activity with respective IC₅₀ values in the range of 49.96 and 6.22 mg/ml and in the range of 211.5 and 12.15 mg/ml as expressed by DPPH and FRAP methods. On the other hand, the inhibitory activity of the bacteria responsible for toxi-infections showed that the ethanolic extract (30 v water/70 v ethanol) exerts an inhibitory activity at least two times higher than that conferred by the water-soluble constituents.

Keywords : *Cyperus esculentus* L., aqueous extract, physico chemical analysis, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, antibacterial activity.

Liste des tableaux et des figures

1- Liste des tableaux

| N° | Titre | Page | Chapitre où se trouve |
|----|--|------|--|
| 01 | Noms vernaculaires de <i>Cyperus esculentus</i> L. (Ibrahim et al., 2016). | 3 | <u>CHAPITRE I</u> : Généralités botaniques sur le souchet. |
| 02 | Application des sous-produits du lait de souchet dans l'industrie alimentaire (Yu et al., 2022). | 17 | <u>CHAPITRE II</u> : Utilisation industrielle, composition nutritionnelle et effets santé du souchet comestible. |
| 03 | Le rendement de l'extraction à l'éthanol seul ou avec l'eau. | 41 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultat et discussion |

2- Liste des figures

| N° | Titre | Page | Chapitre où se trouve |
|----|---|-------|--|
| 01 | Plante de <i>Cyperus esculentus L</i> (Follak et al., 2016). | 6 | <u>CHAPITRE I</u> : Généralités botaniques sur le souchet. |
| 02 | Champ de <i>Cyperus esculentus L</i> (Anonyme, 2017). | 8 | <u>CHAPITRE I</u> : Généralités botaniques sur le souchet. |
| 03 | Etapes de la récolte au Niger (Haoua et al., 2018). | 9 | <u>CHAPITRE I</u> : Généralités botaniques sur le souchet. |
| 04 | Formation des tubercules (Anonyme, 2018). | 10 | <u>CHAPITRE I</u> : Généralités botaniques sur le souchet. |
| 05 | Morphotype 1 (A), Morphotype 2 (B) et Morphotype 3 (C) (Maduka et Ire, 2018). | 11-12 | <u>CHAPITRE I</u> : Généralités botaniques sur le souchet. |
| 06 | Applications du tubercule entier de la noix tigrée dans l'industrie alimentaire. (Yu et al., 2022). | 15 | <u>CHAPITRE II</u> : Composition nutritionnelle, utilisation industrielle et effets santé du souchet comestible. |
| 07 | Tubercule de souchet et ses produits commercialisés. ((a) tubercule ; (b) huile comestible ; (c) liqueur ; (d) toast biologique croustillant ; (e) poudre pour boisson ; (f) poudre de remplacement de repas). (Yu et al., 2022). | 15 | <u>CHAPITRE II</u> : Composition nutritionnelle, utilisation industrielle et effets santé du souchet comestible. |
| 08 | Tubercules bruns de souchet comestible (lavés) utilisés dans cette étude. | 28 | <u>CHAPITRE III</u> : Matériels et Méthodes |
| 09 | Les différentes étapes réalisées dans l'expérimentation. | 31 | <u>CHAPITRE III</u> : Matériels et Méthodes |
| 10 | Farine brute de Souchet comestible préparée. | 32 | <u>CHAPITRE III</u> : Matériels et Méthodes |

Liste des tableaux et des figures

| | | | |
|----|---|----|---|
| 11 | Mise en évidence de l'activité antimicrobienne par la méthode de diffusion en Puits. | 38 | <u>CHAPITRE III</u> : Matériels et Méthodes |
| 12 | Caractéristiques physicochimiques de la farine de souchet comestible. | 40 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultat et discussion |
| 13 | Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux. | 43 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 14 | Le contenu en polyphénols totaux dans les extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible. | 43 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 15 | Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux. | 44 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 16 | Contenu en flavonoïdes dans les extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible. | 45 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 17 | Activité antiradicalaire DPPH des extraits de <i>C. esculentus</i> . | 46 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 18 | Les valeurs IC 50 des extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible telle que calculée selon la méthode au réactif DPPH. | 46 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 19 | Activité antiradicalaire FRAP de l'extrait aqueux de <i>C. esculentus</i> . | 47 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 20 | Activité antiradicalaire FRAP de l'extrait éthanolique de <i>C. esculentus</i> . | 47 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 21 | Les valeurs IC50 des extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible telle que calculée selon la méthode FRAP. | 48 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |

Liste des tableaux et des figures

| | | | |
|----|--|----|---|
| 22 | Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et éthanolique (30v eau /70v éthanol) de <i>Cyperus esculentus</i> contre <i>Bacillus cereus</i> ATCC 6633. | 50 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 23 | <i>Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et éthanolique (30v eau /70v éthanol) de <i>Cyperus esculentus</i> contre <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853.</i> | 51 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |
| 24 | Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et éthanolique (30v eau /70v éthanol) de <i>Cyperus esculentus</i> contre <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923. | 51 | <u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion. |

Liste des abréviations

| Abréviation | Signification |
|-------------------------------|---|
| DPPH | 1,1 Diphényl 2 Pycrilhydrazil |
| La var | La variété |
| AGMI | Acide Gras Mono Insaturés |
| AGPI | Acide Gras Poly Insaturés |
| AGS | Acide Gras Saturés |
| MUFA | Monounsaturated fatty acids |
| PUFA | Polyunsaturated fatty acids |
| SFA | Saturated fatty acid |
| HDL-C | Cholestérol HDL |
| OH | Hydroxyl |
| MDA | Malondialdéhyde |
| K ₃ F _e | Le ferricyanurede potassium |
| FeCl ₃ | Chlorure ferrique |
| TCA | Acide Trichloro-acétique |
| TC | Teneur en cendres |
| ALCL ₃ | Trichlorure d'Aluminium |
| FRAP | The Ferric Reducing Antioxydant Potential |

| SOMMAIRE | |
|--|----|
| Remerciement | |
| Dédicace | |
| Resumé | |
| Liste des tableaux et des figures | |
| Liste des abréviations | |
| Introduction générale..... | 1 |
| CHAPITRE I: Généralité botanique sur le souchet <i>Cyperus esculentus. L</i> | |
| I.1. Historique, origine et implantation mondiale | 3 |
| I.2. Taxonomie et description morphologique du souchet..... | 5 |
| I.3. Classification | 7 |
| I.4. Agronomie de la plante de souchet | 8 |
| I.5. production du souchet comestible..... | 9 |
| I.6. Le tubercule de souchet comestible | 10 |
| I.6.1. Morphologie et variétés de tubercules..... | 10 |
| I.6.2. Caractéristiques physiques | 11 |
| I.6.3. Anatomie du tubercule..... | 12 |
| I.7. Aspect socio- économique des tubercules de souchet en Afrique..... | 13 |
| CHAPITRE II: Composition nutritionnelle, utilisation industrielle et effets santé du souchet comestibles. | |
| II.1. Produits alimentaires à base de souchet..... | 14 |
| II.1.1. Lait de souchet | 14 |
| II.1.2. utilisation complète des sous-produits du lait de souchet | 16 |
| II.1.3. Produits de boulangerie sans gluten | 18 |
| II.1.4. Boisson au souchet | 19 |
| II.1.5. Pates au souchet..... | 19 |
| II.2. Huile du souchet | 20 |
| II. 2.1. Caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles de l’huile de souchet | 20 |
| II.2.2. Applications commerciale de l’huile de souchet | 21 |
| II.3. Amidon de souchet | 22 |

| | |
|--|----|
| II.3.1. Application commerciale de l'amidon de souchet | 22 |
| II.4. Protéines de souchet | 24 |
| II.4.1. Composition et évaluation nutritionnelle de la protéine de souchet | 24 |
| II.4.2. Applications des protéines de souchet | 25 |
| II.5. Propriétés médicinales du souchet | 26 |
| CHAPITRE III : Matériels et méthodes. | |
| III.1. Matériels | 28 |
| III.1.1. Matériel biologique | 28 |
| III.1.2. Matériel non biologique | 30 |
| III.2. Méthodes | 31 |
| III.2.1. Préparation de la farine | 32 |
| III.2.2. Détermination des paramètres physico-chimiques de la farine de souchet comestible | 33 |
| III.2.2.1. Teneur en eau | 33 |
| III.2.2.2. Teneur en cendres | 33 |
| III.2.2.3. Teneur en matière grasse | 34 |
| III.2.3. Préparation d'extraits de souchet comestible à analyser | 34 |
| III.2.3.1. Dosage des polyphénols | 35 |
| III.2.3.2. Dosage des flavonoïdes | 35 |
| III.2.3.3. Détermination de l'activité antioxydante | 36 |
| III.2.3.3.1. DPPH | 36 |
| III.2.3.3.2. FRAP | 36 |
| III.2.3.4. Activité antimicrobienne | 37 |
| CHAPITRE IV : Résultat et discussion | |
| IV.1. Détermination des paramètres physico-chimiques..... | 39 |
| IV.2. Principes actifs du souchet comestible | 41 |
| IV.2.1. Détermination du rendement de l'extraction | 41 |
| IV.2.2. Dosage des polyphénols | 42 |
| IV.2.3. Dosage des flavonoïdes | 44 |
| IV.2.4. Détermination de l'activité antioxydante..... | 45 |

| | |
|---|----|
| IV.2.4.1. DPPH..... | 45 |
| IV.2.4.2. FRAP..... | 47 |
| IV.2.5. Activité antibactérienne d'extrait éthanolique et aqueux de <i>Cyperus esculentus</i> L. | 49 |
| Conclusion..... | 52 |
| Références Bibliographiques..... | |

Introduction

Introduction

Les ressources végétales abondantes en Afrique contribuent à satisfaire les besoins nutritionnels et thérapeutiques des populations. Cependant, une bonne partie de ces ressources reste méconnue, sous-exploitée, voire non exploitée, malgré, leurs propriétés intéressantes susceptibles de résoudre des problèmes de malnutrition qui sévissent dans nos contrées. En 2016, il a été estimé à 815 millions le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde. L'Afrique subsaharienne demeure la région où la prévalence de la sous-alimentation est la plus élevée avec un taux de 22,7 % (**FAO et al., 2017**).

Aujourd'hui les plantes jouent encore un rôle très important dans les traditions médicales et la vie des habitants de cette région du monde, mais les règles de leur utilisation manquent parfois de rigueur et ne tiennent pas compte des nouvelles exigences de la thérapie moderne. L'approfondissement des connaissances des plantes de ces pays est capital, afin de rationaliser leurs utilisations (**Belgaid et Chikhoun, 2013**).

Dans ce cadre, nous nous sommes intéressées à l'étude du tubercule de souchet comestible (*Cyperus esculentus* L.). La consommation de la noix tigrée remonte à l'Égypte ancienne pour la confection de gâteaux. Au Sénégal, il se croque comme une friandise ; en Espagne, on l'utilise pour faire une boisson bio et équilibrée. Aujourd'hui, sa culture s'est répandue dans plusieurs parties du monde, mais les pays d'Afrique de l'Ouest restent les principaux producteurs. En Algérie, il sert comme un bon allié de santé chez plusieurs personnes adeptes de la médecine traditionnelle. Le tubercule est sec, le tremper dans l'eau ou le griller au four la veille avant de la consommer permet de l'assouplir. Cela favorise de plus l'absorption totale de ses nutriments.

Le **souchet** comestible est l'un de ces produits naturels comestibles qui nous veulent du bien. Du fait de sa qualité nutritionnelle sans pareil, on considère le souchet comme un super aliment. Il n'est donc pas étonnant qu'il soit autant apprécié par les adeptes des styles alimentaires comme le véganisme et le végétarisme vu son contenu exempt de gluten. Son succès se fait aussi grandissant auprès des personnes diabétiques ou atteintes de la maladie cœliaque (**Bamishaiye et al., 2011**).

Dans ce manuscrit nous s'intéressons spécifiquement à :

- La détermination des paramètres physico-chimiques de la farine de souchet comestible.
- La définition du bon solvant pour extraire ces composants bioactifs :
- Le dosage de son contenu en polyphénols.
- Le dosage de son contenu en flavonoïdes.
- La détermination des activités antioxydante et antibactérienne des extraits bioactifs.

Chapitre I :
Généralités botaniques sur
le souchet
Cyperus esculentus L.

Chapitre I: Généralités botaniques sur le souchet *Cyperus esculentus* L.

I.1. Historique, origine et implantation mondiale

La découverte de souchet comestible *Cyperus esculentus* L. remonte à l'Égypte ancienne (Ahmed et Hussein, 2014). Des tubercules secs de souchet trouvés à l'intérieur de tombes égyptiennes datant de 6000 ans est une preuve solide de l'affirmation de l'hypothèse selon la quelle la culture du souchet a commencé en Égypte. Le nom du souchet comestible diffère selon le pays producteur ou consommateur. Différentes appellations sont résumées en tableau 1, de la noix de tigre en Afrique au حب العزيز (*Hab el Aziz* = grains d'Al-Aziz) en Egypte (une appellation dérivant du nom du dirigeant fatimide qui en était réputé amateur).

Tableau 1 : Noms vernaculaires de *Cyperus esculentus* L (Ibrahim et al., 2016).

| Pays | Langues | Noms vernaculaires |
|----------------|---------------------------|------------------------|
| Sénégal | Wolof | Ndir |
| Mali | Bambara | Tiongon |
| Cotes d'ivoire | Baoulé | Atadjo |
| Guinée Conakry | Malinké | Toki |
| Ghana | --- | Atadwe |
| Afrique du sud | Zulu | Zulu nut |
| Nigéria | Haoussa Yoruba Igbo | Aya Ofio Akiausa |
| Espagne | Espagnol | Chufa |
| Moyen orient | Arabe | Habelaziz |

Le souchet comestible est cosmopolite mais se trouve davantage dans les régions humides ou marécageuses des zones subtropicales, tempérées et subarctiques. Originaire de l'est du Bassin méditerranéen, *C. esculentus* est devenue une adventice sur tous les

continents à l'exception de l'Antarctique, le plus souvent dans les régions chaudes. Mais depuis la moitié du XXème siècle environ, l'espèce semble gagner les climats plus froids des zones tempérées, jusqu'au 50ème parallèle dans l'hémisphère nord. En Europe, son aire de distribution s'étend vers le nord. Dès les années 1970, elle pose problème au sud et à l'est de l'Afrique ainsi qu'en Amérique Centrale et du Nord. La distribution géographique des quatre variétés sauvages est résumée par Ter Borg *et al.* (1998) en se basant sur les données de Kükenthal en 1935 et sur l'étude morphologique de 1000 spécimens d'herbiers (**Dodet, 2006**). La var. *esculentus* est présente dans toute l'Afrique, au sud de l'Europe et localement au nord-est des USA et au Canada adjacent. La var. *leptostachyus* est commune dans les régions plus froides d'Amérique du Nord et du Sud. La var. *macrostachyus* préfère les régions d'Amérique plus chaudes, et la var. *hermanii* est limitée à une zone restreinte dans l'ouest des USA.

En France, les populations de *C. esculentus* résultent de plusieurs origines et traduisent en grande partie la variabilité de cette espèce.

Trois types de populations peuvent être distingués : des populations peut-être spontanées et localisées en région méditerranéenne, sans doute sensibles au froid (var. *esculentus*, originaire d'Afrique, déjà rapportée présente dans le sud de l'Europe par Kükenthal en 1935, quelques populations très localisées en vahissant des exploitations horticoles ayant importé du matériel végétal vraisemblablement d'Espagne (var. *sativus*), des populations présentes surtout le long des berges des grandes rivières de l'Ouest, importées d'Amérique du Nord, et peut-être exportées avec l'extraction de sables de Loire (var. *leptostachyus*).

A l'exception des deux premières variétés citées ci-dessus et confinées à des zones géographiques restreintes et bien déterminées, tous les échantillons issus de populations françaises disséminées sur tout le territoire métropolitain ont été identifiés comme appartenant à la variété *leptostachyus* par Ter Borg. La variété *esculentus* étant à l'origine la seule présente en Europe, et comme elle reste localisée sur le pourtour méditerranéen), l'extension de l'aire de répartition de l'espèce ne peut résulter d'un simple déplacement vers le nord. Les nouvelles populations sont donc plus vraisemblablement originaires des USA, où la var. *leptostachyus* est la plus commune. Cette variété a d'ailleurs été apportée dans le Loir-et-Cher dès 1947 mélangée avec des bulbes de glaïeuls importés des Etats-Unis. L'introduction de la var. *leptostachyus* aux Pays-Bas est de même bien documentée

et les populations maintenant disséminées dans tout le pays trouvent leur origine dans les champs cultivés en glaïeuls et en lys dont les bulbes ont été importés des USA. Très largement distribuée en Europe de l'Ouest, la var. *leptostachyus* a vraisemblablement été introduite plusieurs fois (Ter Borg et *al.*, 1998) (**Dodet, 2006**).

I.2. Taxonomie et description morphologique du souchet

Le nom scientifique du souchet est : *Cyperus esculentus* var *sativus* (L. 1753). Il appartient à l'ordre des Poales, à la famille des Cypéracées, au genre *Cyperus*, à l'espèce *esculentus* et à la variété *sativus*. Dans la langue française, les synonymes du souchet sont, entre autre le pois sucré, la noix tigrée, le souchet comestible ou tubéreux, l'amande de terre et le souchet sultan. En espagnol, il est désigné sous le terme de «*Chufa*», en anglais, plusieurs termes tels que *yellow nutsedge*, *tigernut* ou *earthalmond*, désignent le souchet en référence, soit à sa ressemblance avec les graminées, soit au caractère comestible de ses tubercules (**Dodet, 2006**). Au Burkina Faso, le souchet est communément appelé «tchogon» en dioula.

La plantule de *Cyperus esculentus* présente une préfoliation pliée à section triangulaire. Le limbe est déplié et glabre. La plante atteint une hauteur variant entre 20 et 70 cm. Les feuilles sont très allongées, minces, larges de 4 à 8 mm et pointue (**Dodet, 2006**). Elle est reconnaissable à la section du limbe qui forme un large V et à sa couleur verte jaunâtre.

À partir de sa base poussent sept (7) rayons. Les épillets sont allongés, acuminés, d'aspect paillé et possèdent plusieurs fleurs (**GEOMAR international, 2002**). Les racines sont fasciculées, de longueur réduite et d'un diamètre approximatif d'un millimètre. Elles possèdent des rhizomes à l'extrémité desquels se forment des tubercules de forme sphérique, ovale ou allongée. Le souchet est cultivé pour ses rhizomes tubérisés. Ses tubercules sont de couleur ocre à brun, à la chair blanche, légèrement farineuse et sucrée.

La figure 1 ci-dessous illustre cette description.

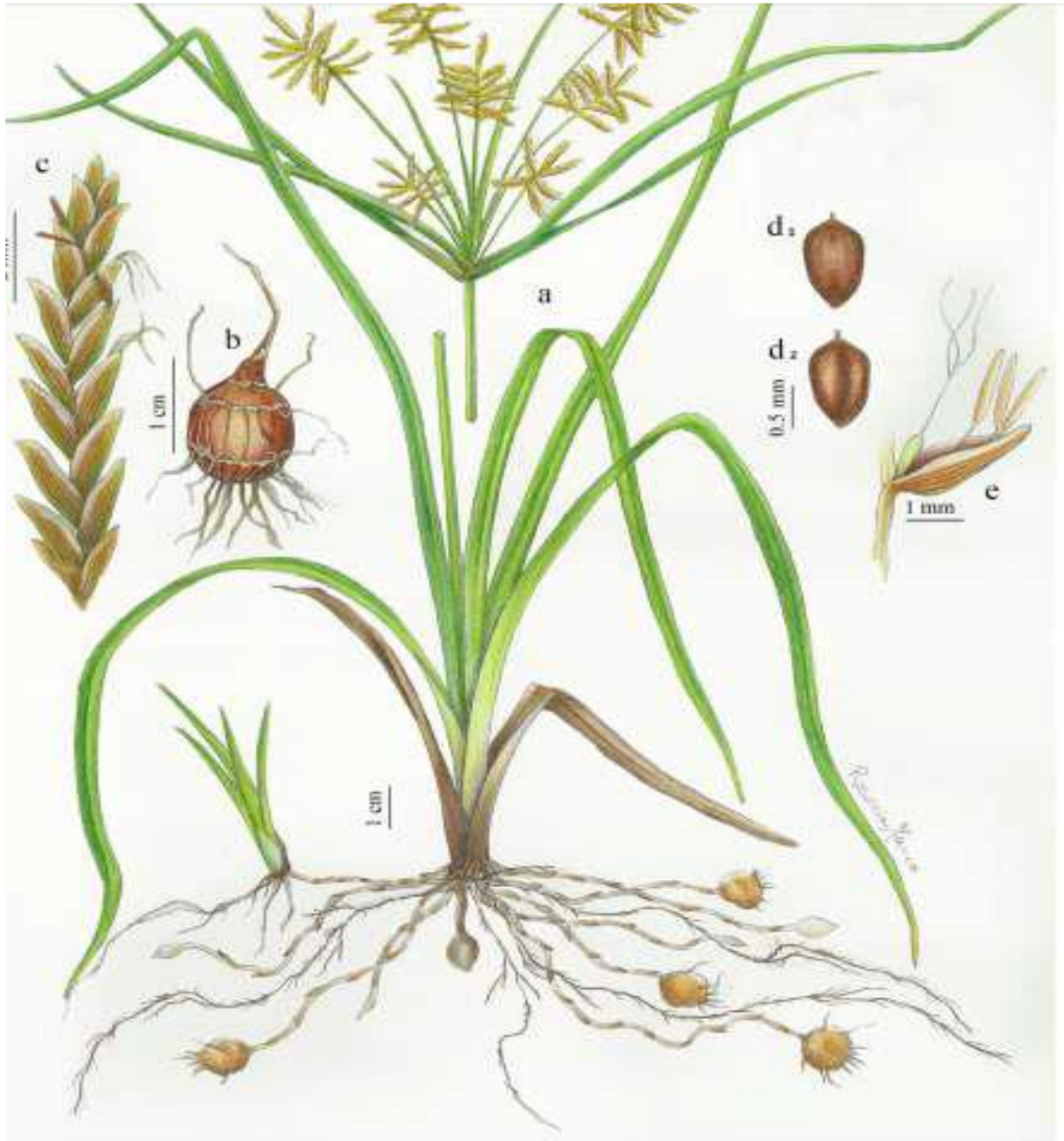


Figure 1: Plante de *Cyperus esculentus* (Follak et al., 2016).

(a) la plante en fleurs; (b) des tubercules matures; (c) épillet; (d1) achène: vue dorsale; (d2) achène: vue ventrale; (e) les détails de la fleur.

I.3. Classification

L'arbre taxonomique de la plante de souchet se présente comme suit (**Dodet, 2006**) :

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| Domaine | Biota |
| Régne | végétale |
| Embranchement | spermatophyte |
| Sous-embranchement | Angiosperme |
| Classe | liliopsida (equisetopsida) |
| super-ordre | lilianae |
| Ordre | Cyperales (magnoliidae) |
| Famille | Cyperaceae |
| Sous famille | scirpoideae |
| Genre | Cypercus |
| Espèce | Esculentus |

I.4. Agronomie de la plante de souchet

La culture du souchet nécessite un climat doux et un sol sablonneux. La reproduction du souchet se fait par les graines et la pollinisation par le vent (**Bamishaiye *et al.*, 2011**). Le souchet pousse largement comme une herbe dans les endroits humides. Il est planté en avril et récolté en novembre. La période de plantation est groupée en période majeure (avril-juillet) et mineure (septembre-novembre). Lors de la récolte des tubercules de souchet dans les champs, des matières étrangères telle que des pierres, des excréments d'animaux et d'autres matières étrangères se mélange aux tubercules. Comme les tubercules du souchet peuvent être consommés crus, il est nécessaire d'éliminer les matières étrangères et de laver soigneusement les tubercules à l'eau potable avant de pouvoir les mâcher (**Ayeh-Kumi *et al.*, 2014**) . La figure 2 ci-après représente un champ de souchet.



Figure 2: Champ de *Cyperus esculentus* (Anonyme, 2017).

I.5. Production du souchet comestible

La production comprend plusieurs étapes: le brûlis, l'ameublissement, le tamisage, le vannage (Figure 3). Avant la récolte, les producteurs effectuent un brûlis superficiel de la biomasse aérienne des champs. Il s'en suit le ramassage des débris et autres résidus consommés. Après le soulèvement et l'ameublissement du sol, on procède au tamisage et au vannage (**Haoua *et al.*, 2018**). Immédiatement après la récolte, ils sont séchés à l'état brut ou après lavage. Le séchage est effectué au soleil et peut prendre plusieurs semaines. Les tubercules doivent être remués souvent pour assurer un séchage uniforme. Le processus de séchage est très important car il détermine une durée de vie des tubercules en empêchant les infections bactériennes et les pourritures (**Abano et Amoah, 2011**). Les tubercules bien séchés peuvent être conservés pendant plus d'un an. Ils doivent être stockés secs et peuvent être réhydratés par trempage sans perdre leur texture croquante.



Figure3: Etapes de la récolte au Niger (**Haoua *et al.*, 2018**).

I.6. Le tubercule de souchet comestible

I.6.1. Morphologie et variétés de tubercules

Les tubercules de *Cyperus esculentus* L. Résultent de l'épaississement, sur plusieurs entre-nœuds, de l'extrémité distale de certains stolons (figure 4). Ces stolons sont des sortes de rhizomes blanchâtres ou brunâtres de 5-20 cm de longueur qui se différencient soit en tubercule soit en plantule; ils brunissent avec l'âge. Sur un même pied, les formes et les dimensions de ces tubercules sont des plus variables tantôt sub-sphériques, tantôt allonges et elliptiques de 5 à 17 mm de diamètre. Les paysans africains les classent en tubercules males (formes allongées) et en tubercules femelles (formes sphériques). Etant frais, ils ont les formes régulières, mais sèches, sous l'effet de l'entassement des cellules, il se crée des anfractuosités dans les quelles se logent de nombreux micro-organismes et débits (**Arranz *et al.*, 2006**). Un tubercule de souchet adulte comprend deux parties : le corps de tubercule lui-même, qui est généralement forme de 3 à 4 entre-nœuds bourrés de réserves et une partie distale, « le cône apical » qui comprend un certain nombre d'entre-nœuds particulièrement télescopés les uns dans les autres et dont les écailles foliaires persistent sous forme d'un cône coiffant le tubercule (**Onovo et Ogaraku, 2007; Salma *et al.*, 2006**).



Figure 4 : Formation des tubercules (**Anonyme, 2018**).

I.6.2. Caractéristiques physiques

Les tubercules de *Cyperus esculentus* offrent une variabilité dans la forme, les dimensions et la couleur (Koffi *et al.*, 2005). Au Burkina Faso, on distingue trois morphotypes collectés dans cinq (05) localités ; Loropéni, Mangodora, Ouéléni, Tangora et Tiéfora. Ces trois morphotypes, les teneurs en eau sont similaires (teneur en eau > 0,05). Les longueurs varient de $0,98 \pm 0,06$ à $1,31 \pm 0,06$ cm. La largeur du tubercule ainsi que le poids du tubercule séché varient respectivement de $0,90 \pm 0,08$ à $1,19 \pm 0,05$ cm et de $598,00 \pm 115,00$ à $1044,00 \pm 394,60$ g. Le morphotype 2 présente des tubercules qui sont considérablement plus courts que ceux des morphotypes 1 et 3 (figures 5, A et C). Les morphotypes 1 et 3 sont légèrement plus grands que la longueur moyenne approximative ($0,63$ à $1,21$ cm) comparativement aux tubercules trouvés dans d'autres pays (Coskuner *et al.*, 2003). La largeur du tubercule du morphotype 2 (figure 5, B) est considérablement inférieure à celle du morphotype 3.





Figure 5 : Morphotype 1 (A), Morphotype 2 (B) et Morphotype 3 (C) (Maduka et Ire, 2018).

I.6.3. Anatomie du tubercule

Sur une coupe transversale, le tubercule de *Cyperus esculentus*L. Comprend deux parties essentielles :

- ✓ La zone corticale limitée à l'extérieur par un épiderme aux cellules allongées tangentiellement et doublée d'une couche cuticule relativement épaisse ; elle comprend de l'extérieur vers l'intérieur, un manchon fibro-collenchymateux et une zone parenchymateuse. Les fibres corticales forment un manchon protecteur de 3 à 5 assises de cellules à lumen très réduit. Sous cette couche scléreuse se trouve un collenchyme de 2 à 3 assises de cellules dont les parois sont épaisses ; la zone collenchymateuse sous-jacente est formée de grosses cellules polyédriques.
- ✓ Le cylindre central très réduit, est séparé de la zone corticale par un a trois assises de petites cellules allongées tangentiellement et dont les parois radiales sont épaisses. Il est forme de parenchyme fondamental identique au parenchyme cortical ; les faisceaux libéro-ligneux du cylindre central sont très réduits en nombre et en importance ; dans ces faisceaux sans formation scléreuses, le bois est central et entoure d'un liber aux éléments peu développés.
- ✓ Les radicelles prennent naissance à partir de l'assise des petites cellules qui sépare la zone corticale du cylindre central, zone des réserves glucidiques. Les inclusions lipidiques se retrouvent dans toutes les cellules parenchymateuses, à des degrés variables ; leur densité décroît suivant deux directions : de la périphérie vers le centre et des deux extrémités vers le centre. Les réserves protéiques quand elles sont enchâssées dans la zone corticale (Follak *et al.*, 2016).

I.7. Aspect socio- économique des tubercules de souchet en Afrique

Le souchet est présent presque dans tous les marchés du Sénégal. Bien que son utilisation soit limitée, il contribue modestement à l'économie de ceux qui s'adonnent à sa commercialisation. En période de récolte, le prix peut coûter entre 0,75 à 1,21 EURO pour atteindre 1,21 à 1,88 EURO le kilogramme pendant l'hivernage quand il se raréfie. Les différents revendeurs sont généralement les vendeurs de cacahuètes établis un peu partout dans l'espace urbain, mais aussi les importateurs venant du Mali et du Niger. Les consommateurs sont des personnes âgées compte tenu de l'allégation portant sur ses propriétés aphrodisiaques, mais aussi des enfants qui le préfèrent comme friandises. Il est difficile d'avoir des données statistiques sur la production et l'importation du souchet en Afrique. Cependant, au Niger et au Mali, on assiste à une organisation des acteurs de la filière souche. Au Niger, le revenu moyen à l'hectare dans les régions de Dosso peut atteindre 681,83 EURO (**Adamou *et al.*, 2018**). Habituellement, le souchet est consommé naturel ou transformé en lait.

CHAPITRE II :

Composition

nutritionnelle, utilisation

industrielle et

effets santé du souchet

comestible.

Chapitre II : Composition nutritionnelle, utilisation industrielle et effets santé du souchet comestible.

II.1. Produits alimentaires à base de souchet

Les tubercules de souchet comestible ou noix tigrée sont riches en nutriments et ont une large gamme d'applications. Ils peuvent être transformés en snacks, en boissons (**Sánchez-Zapata et al., 2012**), et en pain sans gluten (**Aguilar et al., 2014**) grâce à leur saveur sucrée et noisettée, leurs fibres alimentaires et leurs sucres fermentescibles. En outre, il possède certaines propriétés médicales. Les principales applications du souchet sont présentées dans **la figure 6**, et les produits industriels sont présentés dans **la figure 7**.

II.1.1. Lait de souchet

"Horchata de chufa" est un lait végétal produit par le souchet et est encore populairement consommé en Espagne. Par rapport au lait animal, le lait végétal a de nombreux effets positifs sur la santé du corps humain, notamment pour les personnes allergiques au lait et intolérantes au lactose. Le lait de souchet est produit par les étapes de broyage humide, de filtration, d'ajout d'ingrédients, de stérilisation, d'homogénéisation, de conditionnement aseptique et de réfrigération. Il contient des composés phénoliques, des acides gras insaturés et des substances biologiquement actives (**Idoia et al., 2015**).

Malgré les avantages de la "Horchata de chufa", elle n'a pas été largement distribuée dans le monde entier en raison de la charge microbologique élevée des tubercules récoltés et de la courte durée de conservation. De plus, les traitements thermiques conventionnels tels que la pasteurisation et la stérilisation entraînent une perte indésirable des caractéristiques sensorielles les plus appréciées de la "Horchata de chufa".

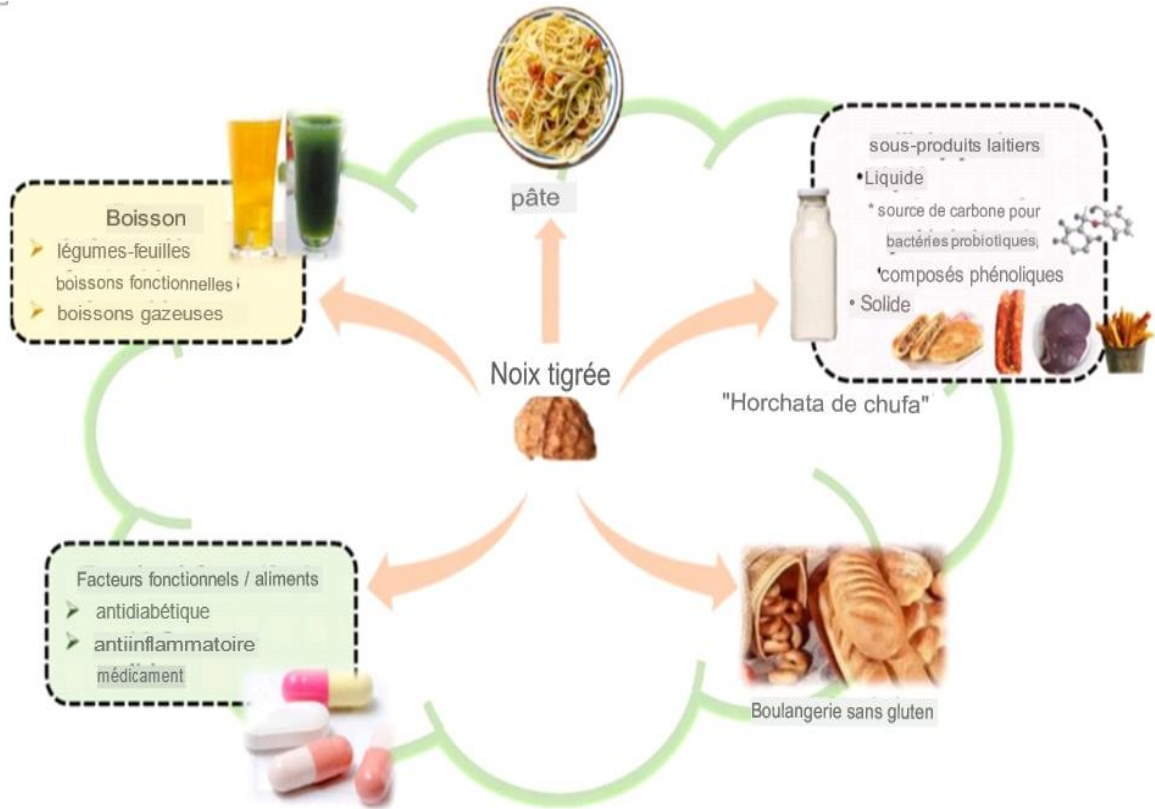


Figure 06 : Applications du tubercule entier de la noix tigrée dans l'industrie alimentaire (Yu *et al.*, 2022).



Figure 07 : Tubercules de souchet comestible et ses produits commercialisés. (a) tubercule ; (b) huile comestible ; (c) liqueur ; (d) toast biologique croustillant ; (e) poudres pour boisson; (f) poudre de remplacement de repas) (Yu *et al.*, 2022).

Le souchet contient une grande quantité d'amidon qui se gélatinise facilement pendant le processus de pasteurisation, ce qui entraîne la coagulation du lait et limite le rendement. Une amylase exogène peut être utilisée pour augmenter le rendement par l'hydrolyse in situ de l'amidon, un procédé qui augmente la douceur du lait et qui convient à la production industrielle de lait de souchet (**Djomdi et al., 2020**). En outre, le traitement thermique pourrait entraîner la perte de nutriments tels que les protéines totales, les phénols et les vitamines du lait de souchet.

Par rapport au traitement thermique, le traitement non thermique conserve la qualité nutritionnelle et convient mieux à la production de lait de souchet (**Zhu et al., 2019**). Dans le traitement non thermique, l'homogénéisation à ultra-haute pression (**Codina et al., 2018**), les traitements aux ultraviolets à ondes courtes (**Corrales et al., 2012**) et le champ électrique pulsé (**Rosello-soto et al., 2018**) peuvent inhiber efficacement la croissance des micro-organismes et prolonger la durée de conservation. D'autre part, des études ont montré que la micro encapsulation du lait de souchet par un mélange d'inuline et d'amidon de souchet modifié peut donner un produit présentant de bonnes caractéristiques et une bonne durée de conservation (**Da Costa Neto et al., 2019**).

II.1.2. Utilisation complète des sous-produits du lait de souchet

Les sous-produits de la production de lait de souchet représentent environ 60% du matériel récolté et peuvent être utilisés comme sources de polysaccharides, de fibres, d'huile et d'antioxydants (vitamine E et polyphénols) (**Roselo-Soto et al., 2018**). Les sous-produits sont divisés en deux parties par pressage et filtrage (**voir tableau 3**) la phase liquide contient des substances biologiquement actives comme les phénols (**Roselo-Soto et al., 2018**) et la phase solide comprend des fibres alimentaires (**Sanchez et al., 2012**).

La phase liquide des sous-produits du lait est une source importante d'antioxydants naturels, qui ont des propriétés antioxydants et peuvent inhiber la peroxydation des lipides. **Roselo-soto et al. (2019)** ont extrait des composés phénoliques des sous-produits et les résultats ont montré que 222,6 mg d'équivalents d'acide gallique ont été obtenus à partir de 100 g de matière. Par conséquent, il peut être considéré comme une source précieuse de composés phénoliques avec des applications potentielles dans l'industrie alimentaire, les nutraceutiques et les cosmétiques. Les sous-produits liquides peuvent être utilisés comme un ingrédient

remplaçant l'eau dans un produit de viande de foie de porc cuit. La pâte de foie de porc produite avec 50 et 100 % de remplacement de l'eau avait une teneur plus élevée en hème et un faible degré de formation de myoglobine, qui avait de bonnes propriétés sensorielles. **Sanchez et al. (2013)** ont proposé les sous-produits liquides du lait de souchet comme source de carbone pour la croissance des bactéries probiotiques (*Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacterium*) et l'activité métabolique. Les résultats indiquent qu'il a un potentiel élevé pour la croissance et la stabilité des micro-organismes probiotiques en tant que substrats fermentescibles (**Sanchez et al., 2013**), mais des études supplémentaires sont nécessaires pour établir les doses, la stabilité et la compatibilité avec d'autres micro-organismes probiotiques.

Tableau 3 : Application des sous-produits du lait de souchet dans l'industrie alimentaire (**Yu et al., 2022**).

| Sous-produits de noix tigrée | Source | Produit alimentaire |
|-------------------------------------|--|---|
| Phase liquide | Des composés phénoliques, remplacement de l'eau, source de carbone pour la croissance des probiotiques | Antioxydants naturels produits de viande de foie de porc cuit substrats fermentescibles |
| Phase solide | Fibre de souchet | Aliments céréaliers (tels que chips, céréales de petit-déjeuner ou pâte sèches) pâtes au porc, burgers au porc et saucisses séchées |

Les sous-produits solides du lait de souchet sont la principale source de fibres. Par rapport à d'autres sources de fibres alimentaires (son d'avoine, son de riz, déchets de canne à sucre), les fibres du souchet ont une capacité de rétention d'eau, une capacité de rétention d'huile et une stabilité d'émulsion plus élevées et une faible absorption d'eau (**Sanchez et al., 2009**). Des études ont montré que les aliments riches en fibres alimentaires sont essentiels pour prévenir le cancer du côlon, la constipation, l'obésité et les maladies cardiovasculaires (**Viuda et al., 2010**). L'ajout de coproduits solides aux aliments céréaliers (tels que les chips, les céréales pour petit-déjeuner ou les pâtes sèches) réduirait la capacité de la matrice vitreuse générique à base de blé à interagir avec les solvants à partir d'un niveau de substitution de 10 %, avec une diminution de la tension superficielle, de la mouillabilité et des propriétés de diffusion eau-huile (**Verdu et al., 2017**). Les fibres de souchet ont la capacité de réduire le taux de cholestérol, ce qui permet de les utiliser dans les pâtés de porc (**Lopez et al., 2015**), les hamburgers de porc et les saucisses de porc séchées (**Sanchez et al., 2013**) avec une qualité nutritionnelle supérieure (moindre pourcentage de graisse et plus de fibres alimentaires totales) et des caractéristiques de cuisson. De plus, les sous-produits solides du lait de souchet comestible peuvent également être utilisés comme support d'acides gras insaturés riches en huile dans les saucissons secs pour éviter les problèmes liés à son incorporation dans la matrice de la viande et pour contrôler l'oxydation des lipides (**Sanchez et al., 2013**).

II.1.3. Produits de boulangerie sans gluten

La demande de produits sans gluten augmente en raison de l'augmentation de la prévalence de la maladie cœliaque, mais la production de pain sans gluten de haute qualité est un grand défi (**Demirkesen et al., 2011**). Pour améliorer les propriétés organoleptiques et la durée de conservation, des farines de céréales, des amidons, des protéines, des hydrocolloïdes et des émulsifiants sont généralement mélangés dans la production de pain sans gluten. La noix tigrée a été évaluée comme nouvel ingrédient dans les produits sans gluten (**Demirkesen et al., 2011**). Dans le pain sans gluten, la farine de souchet peut être utilisée comme émulsifiant et shortening lorsqu'elle est combinée à la farine de pois chiche ; en conséquence, les produits de boulangerie ont de bonnes caractéristiques de cuisson en termes de couleur, de dureté et de volume (**Aguilar et al., 2014**).

De plus, la farine de souchet peut être ajoutée comme ingrédient fonctionnel pour favoriser la réduction du diamètre, du taux d'expansion, de la densité réelle et du volume total des pores dans les extrudés, ainsi que la teneur en cendres, en protéines et en phénols totaux des snacks extrudés (**Gasparre et al., 2020**). Dans une étude ultérieure, par rapport aux biscuits contenant uniquement de la farine de maïs, les biscuits fabriqués avec de la poudre de souchet ont une meilleure forme, une meilleure section transversale, une meilleure dureté et un meilleur aspect de surface (**Ahmed et Hussein, 2014**).

II.1.4. Boisson au souchet

En raison de ses bonnes propriétés sensorielles, comme son goût sucré, il a une large gamme d'applications dans les boissons (**Badejo et al., 2020**). L'ajout de souchet réduit le goût amer et augmente les potentiels antioxydants et antidiabétiques de la boisson. En outre, les boissons gazeuses à base de souchet mélangées à de la pomme, de l'ananas et de la noix de coco ont montré de bonnes qualités en termes de composition chimique, de propriétés physicochimiques, d'évaluation microbiologique, de vitamines, de contenu minéral et de durée de conservation, qui sont toutes conformes aux spécifications standard (**Abdulfatai et al., 2012**).

II.1.5. Pâtes au souchet

La tendance est à l'utilisation d'ingrédients à base de blé non dur pour améliorer les caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles des pâtes. Le souchet a été mélangé à la farine de blé pour produire des pâtes fraîches composites. L'ajout de poudre de souchet a amélioré de manière significative les qualités des fibres, des graisses et des minéraux du produit. La substitution de 30% de poudre de souchet peut garantir que la teneur en fibres des produits dépasse 3%. Cependant, la structure protéique du gluten doit être renforcée afin de réduire les pertes à la cuisson et d'augmenter la fermeté des pâtes (**Albors et al., 2016**). L'incorporation de la poudre (20 et 40%) et de la gomme xanthane (1%) dans les pâtes aux œufs frais permet de compenser ce problème en affichant un bon réseau de gluten. Il a été montré que les propriétés rhéologiques et structurelles des pâtes étaient modifiées de manière significative avec un temps de cuisson optimal de deux minutes (**Martin et al., 2018**). Les pâtes non cuites ont une bonne absorption d'eau et un bon indice de gonflement, moins de perte à la cuisson. Les pâtes cuites ont une bonne dureté, une bonne élasticité, une bonne couleur et de bons attributs sensoriels (**Martin et al., 2018**).

II.2. Huile du souchet

Le souchet contient une quantité importante de lipides (22-45%). Le profil lipidique est similaire à celui de l'huile d'olive qui est considérée comme la graisse la plus appropriée pour la consommation humaine (**Touria et al., 2022**). En plus de l'huile, elle contient généralement de la vitamine C, de la vitamine E, des minéraux (potassium, calcium, magnésium) et des phénols (**Ezeh et al., 2014**). Les antioxydants confèrent à cette huile une plus grande stabilité à l'oxydation par rapport aux autres huiles végétales (**Nina et al., 2020**). Elle contient également des alcaloïdes, des saponines et des tanins, qui ont des effets antibactériens et anti-inflammatoires (**Vega et al., 2019**). Les composés volatils contribuent à la qualité sensorielle de l'huile végétale. Récemment, **Lasekan (2012)** a identifié un total de 75 composés odorants dans l'huile de noix grillée, tels que le 5-hydroxyméthylfurfural, l'hexanoate d'éthyle et le *n-propyl-9,12-octadecadienoate*, qui confèrent à l'huile une bonne saveur.

II.2.1. Caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles de l'huile de souchet

L'huile de souchet est composée principalement d'acides gras à longue chaîne (C16-C20). Parmi eux, les acides gras mono insaturés (MUFA) représentent 73,83-76,16%, les acides gras polyinsaturés (PUFA) représentent 8,92-9,84% et les acides gras saturés (SFA) représentent 14,60-17,12%. L'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide palmitique sont les principaux AGMI, AGPI et AGS, respectivement. L'acide oléique est l'acide gras le plus prédominant dans l'huile de souchet et l'acide linoléique. L'huile de souchet a des propriétés fonctionnelles telles que la régulation des lipides sanguins et la réduction du cholestérol (**Sobhani et al., 2018**). En général, la distribution des acides gras totaux de l'huile de noix est similaire à celle de l'huile d'olive (**Sanchez et al., 2012**). La teneur en AGMI et en AGS est légèrement plus élevée dans l'huile de noix que dans l'huile d'olive, tandis que la teneur en AGPI est plus faible. Les huiles à forte teneur en AGMI présentent généralement une grande stabilité et des propriétés bénéfiques pour la santé, comme la prévention et le traitement des maladies cardiovasculaires (**Rai et al., 2016**).

En plus de la valeur nutritionnelle de l'huile de souchet, l'huile de souchet présente également des propriétés biologiques. Lors du processus d'extraction de l'huile, une partie des polyphénols est extraite, ce qui confère à l'huile de souchet des propriétés antioxydants. De plus, la teneur élevée en acides gras mono insaturés (acide

oléique) lui confère l'effet d'améliorer la circulation sanguine et de réguler le métabolisme physiologique (Guet *et al.*, 2017).

Anany *et al.* (2012) ont étudié l'effet hypolipidémique de l'huile de noix de coco mélangée à l'huile de souchet sur des rats. Les résultats ont montré que l'huile mélangée a entraîné une baisse du taux de cholestérol sérique des rats par rapport au contrôle. Ibitoye *et al.* (2018) ont étudié l'influence de l'huile de souchet et de l'huile de soja sur le profil lipidique de rats Wistar mâles. Ils ont constaté que les rats nourris à l'huile de souchet présentaient un taux plus faible de cholestérol total, de triglycérides, de cholestérol des lipoprotéines de basse densité et des taux plus élevés de cholestérol des lipoprotéines de haute densité et de glutathion par rapport aux rats nourris à l'huile de soja. Jing *et al.* (2012) ont évalué l'activité antioxydant de l'huile de souchet in vitro et in vivo. Plus précisément, l'huile à 0,8 mg/ml a permis de piéger 26,96 % des radicaux DPPH. L'huile à 0,2 mg/ml et à 0,4 mg/ml avait des capacités antioxydants similaires à celles de la vitamine C. En outre, des expériences in vivo ont montré un effet antioxydant maximal de l'huile de souchet en réponse à une dose de 15 ml/ kg de poids corporel/jour chez la souris. Ces résultats indiquent clairement que l'huile de souchet possède de bonnes propriétés antioxydants.

II.2.2. Applications commerciale de l'huile de souchet

Du point de vue de la production commerciale, la fève oléagineuse a un rendement élevé en huile et une qualité d'huile comparable à celle de l'huile d'olive et présente un potentiel d'industrialisation de masse.

Actuellement, la principale application du souchet est une sorte d'huile comestible Ezeh *et al.* (2014) qui est produite par pression à froid dans l'industrie alimentaire. En raison de sa facilité de croissance, il est largement cultivé et l'huile extraite est vendue sur le marché africain comme huile comestible. De plus, (Yoon, 2016), ont optimisé les conditions d'extraction en manipulant le raffinage alcalin, le blanchiment et la désodorisation pour obtenir une huile comestible raffinée à partir des noix tigrées.

L'huile de souchet peut remplacer la graisse animale dans les produits carnés (Carvalho *et al.*, 2019). Elle a été utilisée comme substitut de la graisse animale dans la production de burgers de cerf et de bœuf. En ajoutant 3 g/100 g d'huile de souchet, les burgers de cerf avaient une texture et des propriétés sensorielles similaires à celles des burgers contenant de la graisse de porc comme source de lipides (Vargas *et al.*,

2020). Le remplacement total de la graisse de bœuf par une émulsion d'huile de souchet dans les burgers de bœuf a permis d'obtenir un produit carné plus sain, riche en acides gras insaturés, mais pauvre en graisses totales et en acides gras saturés, ce qui a amélioré la qualité nutritionnelle des burgers (**Barros et al., 2020**). Les chercheurs ont observé une diminution significative de la teneur en graisses dans les hamburgers avec remplacement des graisses animales. Les lots reformulés ont pu être étiquetés comme des hamburgers " à faible teneur en graisse ", ce qui constitue un grand avantage pour une grande acceptabilité par les consommateurs.

II.3.Amidon de souchet

L'amidon, principale substance de réserve des plantes, est un ingrédient alimentaire riche, non toxique, renouvelable et peu coûteux. Il représente environ 80 à 90 % de tous les polysaccharides présents dans l'alimentation humaine (**Masina et al., 2017**). Le souchet, une plante, est considéré comme approprié pour la production d'amidon en mode industriel et présente les avantages d'un rendement élevé, d'une culture facile et surtout d'une extraction facile de l'amidon (**Santos et Francisco, 2020**). L'amidon de souchet présente des caractéristiques similaires à celles de l'amidon de maïs, de la fécule de pomme de terre et de la fécule de patate douce, telles que la forme ovale des particules, l'hygroscopicité et l'adhésivité (**Builders et al., 2013**) ; (**Fathoni et al., 2020**).

II.3.1. Applications commerciale de l'amidon de souchet

L'amidon de souchet présente des caractéristiques de viscosité similaires à celles de l'amidon natif, mais ses propriétés de texture de gel (dureté, élasticité, cohésion et mastication) sont supérieures à celles de l'amidon traditionnel de maïs et de patate douce. En outre, sa stabilité à la congélation-décongélation est meilleure que celle de l'amidon de maïs. Il peut être utilisé dans les boissons froides et les aliments congelés et possède un large éventail de valeurs d'application. Il a donc une valeur commerciale potentielle et a été utilisé dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique.

Les gels d'amidon de souchet sont clairs, mous, adhésifs et cohésifs, ce qui constitue un bon choix pour une utilisation comme épaississant, liant et humectant dans les produits alimentaires, tels que les soupes et les poudres à dessert (**Menek et al., 2012**). En outre, il possède une force de gels élevés et une stabilité à la décongélation à l'état hydraté, ce qui convient à la production de gelées, de boissons froides et de

bonbons (Li *et al.*, 2017). L'amidon est l'un des excipients les plus fréquemment utilisés dans les formulations pharmaceutiques et figure sur la liste GRAS (Generally Recognized as Safe) de l'Organisation mondiale de la santé. L'amidon de souchet présente une compatibilité et une capacité de liaison élevée, un bon pouvoir gonflant, une absorption d'eau dense et une bonne efficacité de liaison avec les médicaments, ce qui est conforme à la norme pharmaceutique (Builders *et al.*, 2013). Ainsi, l'amidon de la noix peut être utilisé comme excipient, liant, charge et lubrifiant pour la production de préparations pharmaceutiques (Akonor *et al.*, 2019). En effet, cet amidon a montré une excellente activité liante, une résistance mécanique, une fluidité et des propriétés de libération lorsqu'il a été utilisé comme glissant et liant dans la production de comprimés de métronidazole et d'acide ascorbique (Builders *et al.*, 2013 ; Agboola *et al.*, 2017). L'amidon natif du souchet a montré des propriétés de fluidité comparables à celles de l'amidon de maïs et de pomme de terre, ainsi qu'une excellente activité de liant lorsque la dureté et la friabilité des comprimés de métronidazole ont été évaluées (Builders *et al.*, 2013).

L'amidon modifié permet de surmonter les limites de l'amidon naturel, améliorant ainsi ses propriétés dans les applications industrielles. Un amidon visqueux et peu digeste a été obtenu en modifiant l'amidon du souchet à l'aide de l'hydrolyse des pullulans. Cet amidon est très apprécié comme composant d'aliments fonctionnels, notamment pour améliorer le métabolisme des lipides et du cholestérol et renforcer la fonction intestinale (Li *et al.*, 2017). En outre, l'amidon modifié a été utilisé dans la production de granules d'acide ascorbique et de comprimés d'ibuprofène dans l'industrie pharmaceutique pour améliorer la résistance mécanique, la capacité de gonflement, l'adhésion et les propriétés de libération des comprimés (Builders *et al.*, 2013) ; (Olayemi *et al.*, 2020).

II.4. Protéines de souchet

Après l'extraction de l'huile, les farines, sous-produits de l'extraction de l'huile, sont actuellement utilisées pour l'alimentation animale ou directement jetées, ce qui entraîne beaucoup de déchets et de pollution environnementale. Les protéines du souchet conviennent aux patients souffrant de diabète ou de maladies liées à des

troubles de la digestion et jouent un rôle important dans la prévention des maladies cardiaques (**Adejuyitan, 2011**). Par conséquent, la protéine isolée des repas après l'extraction de l'huile de souchet peut être transformée en produits de santé.

II.4.1. Composition et évaluation nutritionnelle de la protéine de souchet

Le poids moléculaire de la protéine du souchet est de 5,5 à 88 kDa. La composition des protéines du souchet est la suivante : 47,5% de gluten, 31,8% d'albumine, 4,7% de globuline et 3,8% de prolamine (**Agboola et al., 2017**). En outre, d'autres recherches ont montré des résultats différents en termes de composition, avec la teneur la plus élevée en gluten (environ 82-91%) dans la protéine de souchet (**Idoia et al., 2015**). La raison de cette différence est peut-être que la composition proximale du souchet dépend principalement de son origine géographique (**Asare et al., 2020**). Les différents composants des protéines du souchet ont des effets différents sur leurs propriétés fonctionnelles, et il est important de trouver des composants protéiques adaptés à la production de différents produits pour une utilisation complète des protéines du souchet.

Les protéines végétales peuvent désormais être considérées comme des ingrédients fonctionnels ou des composants biologiquement actifs plutôt que comme des nutriments essentiels. Comme les propriétés fonctionnelles des protéines sont souvent étroitement liées à leur profil d'acides aminés, la composition en acides aminés représente la qualité potentielle d'une protéine végétale. Les chercheurs ont évalué la valeur nutritionnelle des protéines du souchet en tenant compte du profil des acides aminés essentiels et de la digestibilité des protéines. La protéine de souchet contient 18 types d'acides aminés, dont les acides aminés essentiels représentent 46,03%, dépassant largement la valeur spécifiée dans le modèle OMS/FAO (36%), supérieure à la protéine de soja (41,3%) et proche de la protéine d'œuf (48,8%). Selon la littérature, la lysine est le premier acide aminé limitant de certaines noix (noix du Brésil, noix de macadamia et amandes et certaines céréales (riz, farine blanche, maïs, etc.)). Cependant, les quantités de lysine dans le souchet sont beaucoup plus importantes, représentant 15,4% des acides aminés essentiels, ce qui est supérieur aux 13,3% du soja (**Jing et al., 2013**). Par conséquent, en ce qui concerne les teneurs en acides aminés de la lysine, les protéines des céréales et du souchet sont nutritionnellement complémentaires. Le premier acide aminé limitant de la protéine du souchet est la méthionine. Si l'on considère le score du premier acide aminé limitant comme le score

des acides aminés des protéines, le score des acides aminés des protéines de souchet est de 78,9, ce qui est supérieur aux protéines de soja (51,4) et inférieur aux protéines d'œuf (97,2). La digestibilité de la protéine de souchet a également été évaluée. Les résultats ont montré que la digestibilité in vitro des protéines de souchet est de 76 %, légèrement inférieure à celle des protéines de soja (86 %) (**Jing et al., 2013**). En conclusion, la protéine dérivée du souchet est considérée comme étant de haute qualité et de valeur commerciale sur la base du profil des acides aminés et de la biodisponibilité. En revanche, la protéine du souchet est limitée en méthionine. Nous recommandons la noix tigrée comme source de protéines complémentaires.

II.4.2. Applications des protéines de souchet

Les peptides antioxydants naturels présentent les caractéristiques d'une faible toxicité, d'une grande efficacité et d'une absorption facile, ce qui rend leur utilisation comme antioxydant de plus en plus populaire. (**Zhengchun et al., 2020**). Ont analysé la capacité antioxydant du peptide bioactif de la noix de tigrée préparé à partir de la protéine de la noix de tigrée extraite par extraction alcaline couplée à la précipitation acide. Les études ont montré que l'utilisation d'une protéase alcaline pour préparer des peptides antioxydants avec un taux d'inhibition de l'ACE de 74,16%.

Il existe relativement peu d'études et d'applications sur les protéines du souchet, le développement futur devrait se concentrer sur les technologies suivantes : propriétés fonctionnelles et nutritionnelles de chaque composant, application plus que peptidique dans l'industrie alimentaire.

Outre les nutriments macromoléculaires tels que l'huile, l'amidon et les protéines, des études ont montré que certaines petites molécules ou métabolites secondaires sont principalement responsables de l'activité biologique, notamment les flavonoïdes, les minéraux, les vitamines et le stigmastéro l (**Moralesa et al., 2019**). Parmi tous les métabolites secondaires, les flavonoïdes quercétine et myricétine présentent un large éventail d'activités biologiques, notamment de puissants effets antioxydants, anticancéreux, anti-inflammatoires et antidiabétiques. En raison de la présence de quercétine, ce tubercule a une activité aphrodisiaque, améliorant la libido et les performances sexuelles des hommes (**Moralesa et al., 2019**). Les minéraux contenus dans le souchet comestible sont le sodium, le potassium, le calcium, le fer, le magnésium, le zinc, le cuivre et le phosphore. Le rapport élevé en potassium (110,70-21,95 mg/100 g) et faible en sodium (99,95-105,6 mg/100 g) du souchet peut être

impératif dans les formules diététiques pour les patients souffrant d'hypertension et d'œdèmes (Nina *et al.*, 2019). De plus, la présence de vitamine C et E confère au tubercule la fonction de prévenir le scorbut et de favoriser la détoxification du foie (Moralesa *et al.*, 2019). L'activité hypocholestérolémiante et l'effet protecteur contre les maladies cardiovasculaires du tubercule peuvent être dus au stigmastérol. Cependant, l'isolement, l'identification et la quantification de ces principes actifs, qui n'ont pas été suffisamment étudiés, sont nécessaires au développement des propriétés fonctionnelles du souchet.

II.5. Propriétés médicinales du souchet

Il a été démontré que le souchet est une bonne source de substances bioactives. Il contient des polyphénols, des flavonoïdes, des minéraux, des acides gras essentiels et des vitamines C, D et E, etc. Il pourrait donc posséder des propriétés médicinales. Ademosun et Oboh, (2015) ont cherché à étudier la capacité de piégeage des radicaux et l'inhibition in vitro de la peroxydation lipidique, des activités α -amylase et α -glucosidase des extraits de souchet. Les antioxydants évalués des extraits aqueux de souchet, tels que les radicaux 1,1-diphényl-2 picrylhydrazyl (DPPH) et hydroxyle (OH), ont montré des capacités de piégeage et l'inhibition de la production de malondialdéhyde (MDA) induite par Fe^{2+} dans le pancréas de rat in vitro. Les résultats ont montré que la CE50 des capacités de piégeage des radicaux DPPH et OH, la capacité de chélation du Fe^{2+} , l'inhibition de la production de MDA induite par le Fe^{2+} et l'inhibition des activités α -amylase et α -glucosidase par les extraits aqueux de de noix tigrée sont de 9,63 0,7 mg/ mL, 3,01 0,12 mg/ mL, 0,72 0,07 mg/mL, 2,09 0,10 mg/mL et 0,76 0,06 mg/ mL, respectivement.

Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle le souchet pourrait être bénéfique dans la gestion du diabète de type 2.

Dans d'autres études, la poudre de souchet administrée quotidiennement aux rats a montré des effets anti-inflammatoires et anti-apoptotiques pour prévenir le dysfonctionnement testiculaire (Adelakun *et al.*, 2020), à améliorer l'excitation masculine (Allouh *et al.*, 2015), à réduire les symptômes diarrhéiques chez les rats albinos, à diminuer le stress oxydatif dans le foie (Shorinwa et Dambani, 2020) et l'inflammation due à l'athérosclérose (Achoribo et Ong, 2017). Les résultats ci-dessus

sont très probablement liés à la présence d'alcaloïdes, de quercétine, de vitamines, de stéroïdes et de zinc dans le souchet.

Par conséquent, en plus d'être des matériaux alimentaires et industriels, les souchets peuvent également être développés en aliments fonctionnels. Néanmoins, les futures recherches seraient nécessaires pour confirmer ces effets chez l'homme et identifier les ingrédients spécifiques derrière ce bénéfice médicinal.

Chapitre III :
Matériels
et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

Objectif

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire des micro-organismes bénéfiques, des aliments fonctionnels et de la santé de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

L'objectif de notre travail est de caractériser les propriétés physico-chimiques des extraits éthanolique et aqueux de *Cyperus esculentus* L.

III.1. Matériels

III.1.1. Matériel biologique

- **Le matériel végétal**

Le matériel végétal est constitué de tubercules de souchet comestible de couleur brune (**Figure 8**), procuré des herboristes de Mostaganem (01/03/2022). La plante a été séchée à l'ombre puis broyée et conservée à température ambiante.



Figure 8 : Tubercules bruns de souchet comestible (lavés) utilisés dans cette étude.

Les produits chimiques

Les produits qui sont utilisés lors de cette étude :

Ethanol 95%

- Utilisé dans la première du travail pour réaliser l'extraction
- Formule chimique : C_2H_6O .
- Masse molaire : 46,06844 g/mol.
- Point d'ébullition : 78.37°C.

Méthanol 99,7%

- Utilisé pour solubilise le DPPH.
- Formule chimique : CH_4O .
- Produit de masse moléculaire $M = 32.04$ g/mol.
- Référence : UN 1230, SIGMA-ALDRICH, EC.

DPPH

- Utilisé pour testé le pouvoir antioxydant.
- Formule chimique : $C_{18}H_{12}N_5O_6$.
- Produit de masse moléculaire $M = 394,32$ g/mol.
- Réf : Sigma-ALDRICH, Allemagne .

Appareillage :

- Rotavapor (réf : AVX 3165, KOTTERMANN, Allemagne).
- Spectrophotomètre (Réf : JENWAY-«7305, Royaume-Uni).
- Autoclave (Réf : 13245, AVX 90 E, GETINGF, France).
- Vortex (Réf : R800003684, Stuart, Conçu par le Royaume-Uni /fabriqué en RPC).
- Balance (Réf : D-72336, KERN-KB 6000-1, Allemagne).
- Dessiccateur.
- Bain marie (Réf : D 3165, KOTTERMANN, Allemagne).
- Agitateur magnétique chauffant (Réf : F 20520162, AREX VELP, France).

III.1.2. Matériel non biologique

- **La solution de DPPH**

(1,1 Diphényl 2 PycrilHydrazil) est un radical libre stable de couleur violette intense .il est employé dans la mesure de l'efficacité d'un antioxydant (capacité à fixer des radicaux libres, donc arrêter la propagation de la réaction en chaîne)

Méthanol : le méthanol est un composé chimique de formule : CH_3OH .C'est le plus simple des alcools .C'est un liquide léger, volatil, incolore, inflammable, toxique avec une odeur caractéristique.

- **Ferricyanure de potassium (K_3Fe 1%)**

Le ferricyanure de potassium aussi connu comme prussiate rouge, rouge de Prusse, ou hexacyanoferrate (III) de potassium, est un composé de coordination stable à la température et à la pression qui forme des cristaux rouge rubis. Il est soluble dans l'eau et ses solutions présentent une fluorescence jaune-vert

- **Acide trichloroacétique (TCA) (10%)**

L'acide trichloroacétique est un composé analogue de l'acide acétique dans lequel les trois atomes d'hydrogène du groupe méthyle ont été remplacés par trois atomes de chlore .c'est un acide fort et corrosif.

- **Chlorure ferrique (FeCl_3) (0,1%)**

Le chlorure de fer(III), également appelé chlorure ou perchlorure de fer, est un sel de fer de formule chimique FeCl_3 . C'est un composé très hygroscopique, qui émet des vapeurs dans l'air humide.

III.2. Méthodes

Le schéma général du travail est synthétisé et illustré dans le diagramme ci-après :

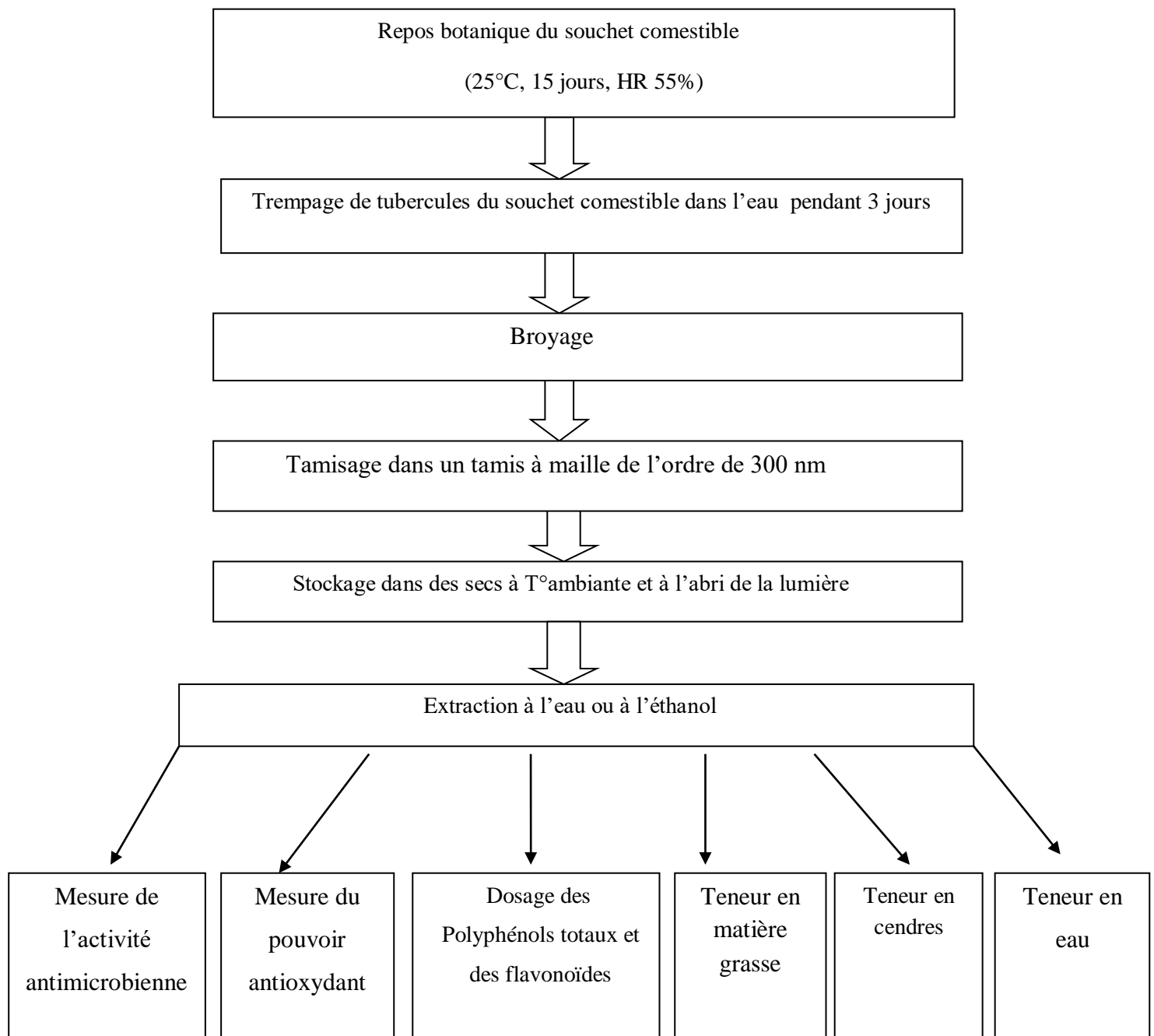


Figure 9 : Les différentes étapes réalisées dans l'expérimentation.

III.2.1. Préparation de la farine

La réduction des tubercules en farine sous forme de poudre fine a été réalisée selon les étapes suivantes :

- Trempage des graines dans l'eau minérale pendant 4 jours,
- Les essuyer puis les laisser sécher dans une étuve à 37°C,
- Les réduire en poudre : en utilisant en premier un mortier et pilon puis continuer la mouture dans un robot ;
- Tamiser la poudre dans un tamis de maillage plus ou moins fin jusqu'à l'obtention de la farine fine ;
- Stockage dans des sacs hermétiques à l'abri de la lumière, dans un endroit sec et à température ambiante.

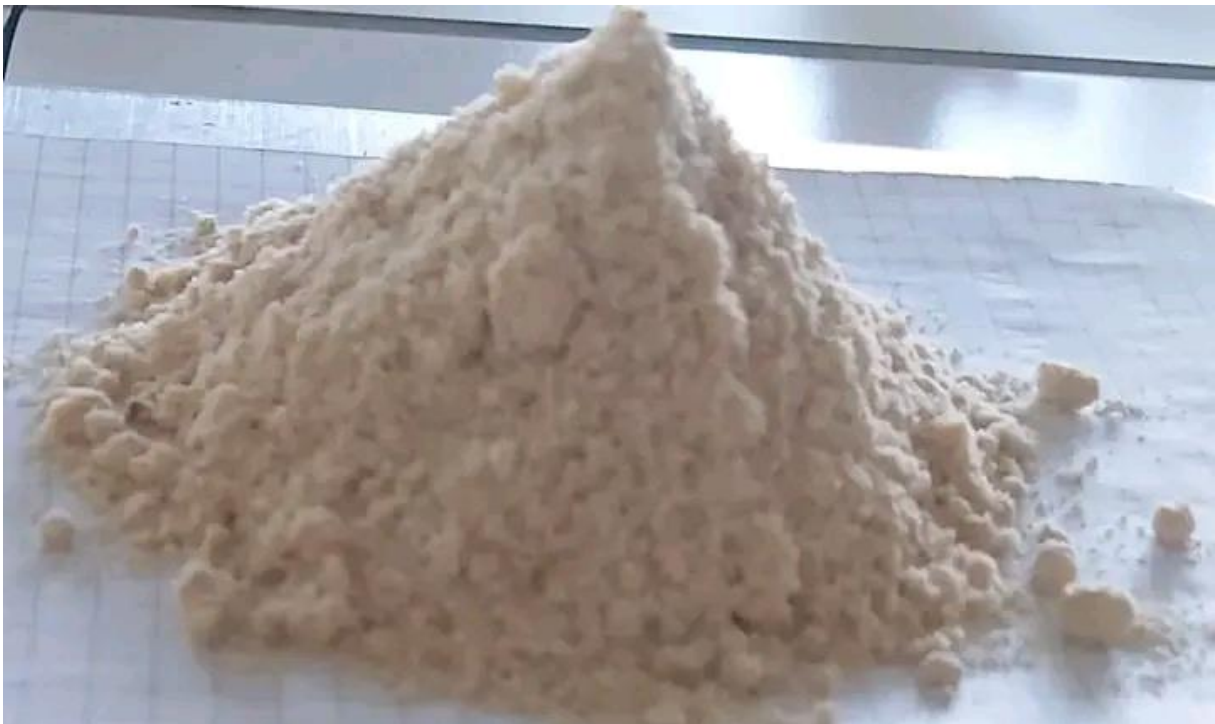


Figure 10: Farine brute de Souchet comestible préparée.

III.2.2. Détermination des paramètres physico-chimiques de la farine de souchet comestible

III.2.2.1. Teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée après dessiccation selon le protocole de la **Norme AOAC (2012)** :

- Peser la capsule en métal, la tarer (2essais) et ajouter 1 g de souchet comestible. Noter la masse,
- Placer la capsule avec la biomasse au four à 105°C, pendant 24 heures, puis chaque 60 min jusqu'au poids stable.
- Après chaque séchage, la capsule est rapidement retirée puis placée dans un dessiccateur et après refroidissement l'échantillon est pesé.
- Noter les masses : capsule + échantillon avant et après dessiccation.

La teneur en eau est calculée suivant l'équation ci-après :

Teneur en eau et en matières volatiles(%) = poids de matière humide(g) - poids de matière sèche(g) / poids de matière sèche(g)

III.2.2.2. Teneur en cendres

La méthode par calcination a été suivie (**AOAC, 2012**) :

- Peser un creuset à incinération, le tarer et ajouter 5g de l'échantillon,
- Placer le creuset sur la plaque chauffante et chauffer progressivement jusqu'à carbonisation de la matière,
- Introduire le creuset dans le four ventilé réglé à 550°C, au moins 3 h jusqu'à obtention de cendres blanches, grises et claires,
- Placer le creuset dans un dessiccateur et laisser refroidir, puis peser.

L'équation de calcul est :

$$\text{TC (\%)} = (\text{Pf} / \text{Pe}) \times 100$$

Où :

Pf : poids du creuset contenant l'échantillon avant calcination

Pe : poids du creuset contenant l'échantillon après calcination

III.2.2.3. Teneur en matière grasse

- L'échantillon (5g par 100ml d'eau distillée) est acidifié à pH=2 avec une solution de HCl,
- Filtrer et récupérer dans une cartouche en cellulose,
- Placer la cartouche au four à 105°C pendant 25 min. Une fois refroidie, la mettre dans un Soxhlet,
- Le ballon est pesé à vide et sa masse est notée (m_0) au préalable
- Placer de l'hexane dans le ballon que l'on chauffe pendant 5h,
- Une fois l'extraction est terminée, on récupère le ballon et on évapore le solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif,
- Peser le ballon contenant les lipides (mf)

$$\text{Teneur en matière grasse ou ml} = \text{mf} / \text{m}_0 \times 100 \text{ (AOAC, 2012) :}$$

III.2.3. Préparation d'extraits de souchet comestible à analyser

- **Extrait aqueux**

On ajoute 15 g de la poudre de souchet dans 100 ml de l'eau et on laisse la macération se faire en continue pendant 3 jours, à l'obscurité et sous agitation modérée (300 rpm).

- **Extrait Eau /éthanol : (30v/70v)**

On ajoute 15 g de la poudre souchet dans 100 ml du mélange eau/éthanol (30 ml eau +70 ml éthanol) et on laisse macérer 3 jours à l'obscurité sous agitation. Après macération, on filtre la solution sur papier filtre et on réalise une concentration (45°C) au Rotavapor (AFNOR, 1986).

Le rendement d'extraction a été déterminé par la formule suivant :

$$R\% = \frac{\text{Masse de résidu d'extrait}}{\text{Masse de la poudre végétale}} * 100 \text{ (AFNOR, 1986)}$$

III.2.3.1. Dosage des polyphénols

Dosage des polyphénols a été déterminé selon le protocole de la **Donald *et al.* (2001)** :

- Préparer la solution de Folin-Ciocalteu à 2% : On mélange 2 ml de réactif dans 100 ml de l'eau distillé dans un flacon ombré et étiqueté.
- Préparer la solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 à 7,5% : On ajoute 7,5g de carbonate de sodium dans 100ml d'eau distillée.
- Introduire 0.2 ml d'extrait de souchet comestible, 1ml de réactif de Folin et 0.8 ml de carbonate de sodium Na_2CO_3 .
- Compléter avec l'eau distillée jusqu'à atteindre 3ml.
- Incuber pendant 10 min à température ambiante et lire l'absorbance à 725nm contre un blanc en utilisant un spectrophotomètre. Répéter les mesures trois fois.

L'acide gallique est le standard le plus souvent employé dans la méthode de Folin-Ciocalteu (**Maisuthisakul *et al.*, 2008**).

La quantification des composés phénoliques a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax+b$) réalisée par une solution étalon (l'acide gallique) à différentes concentrations.

III.2. 3.2. Dosage des flavonoïdes

Dosage des flavonoïdes a été déterminé selon le protocole de **Dewanto *et al.* (2002)** :

- Prépare la solution ALCL_3 : on ajoute 2g d' ALCL_3 dans 100 ml de méthanol
- On prend 1ml de chaque extrait de souchet comestible, le diluer et le mélanger avec 1ml de solution d' ALCL_3 (2% dans le méthanol),
- Dans les mêmes conditions, on prépare le témoin (méthanol).

- On incube pendant 10 min à température ambiante, et l'absorbance à 510 nm est lue contre un blanc en utilisant un spectrophotomètre. On répète les mesures trois fois.

La quantification des composés phénoliques a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax+b$) réalisée par une solution étalon (quercétine) à différentes concentrations.

III.2.3.3. Détermination de l'activité antioxydante

III.2.3.3.1. DPPH

DPPH a été déterminé selon la méthode d'**Archana *et al.* (2005)** :

L'activité antioxydante est évaluée à l'aide de 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

- On prend 2 mg de DPPH et on le mélange avec 50 ml de méthanol (la bouteille est recouverte d'une feuille d'aluminium), on prend 200 µg de chaque extrait et on ajoute 2 ml de méthanol, en faisant une dilution $\frac{1}{5}$ fois.
- On ajoute ensuite 100 µl de chaque extrait à 2,5 ml de solution DPPH puis 30 min d'incubation dans l'obscurité à 24 °C
- On lit les absorbances à 517 nm contre un blanc réactif.

III.2.3.3.2. FRAP

La méthode de FRAP a été déterminée selon **Oyaizu (1986)** :

- Préparer de potassium ferrique $K_3Fe(CN_6)$ à 1%,
- Dans un récipient, mettre 250 µg de chaque extrait, 625 µL de PBS et 625 µL de potassium ferrique $K_3Fe(CN_6)$
- Incuber 30 min à 50°C puis ajouter 650 µL de TCA à 10%,
- Centrifuger 10 min /1000rpm,
- Récupérer 625 µl de surnageant, y ajouter 625 µl d'eau distillée et 125 µl de $FeCl_3$ à 0.1%. Incuber 10 min
- Lire les absorbances à 700 nm contre un blanc réactif.

III.2.4. Activité antimicrobienne

La méthode de diffusion (**figure 11**) est très utilisée en microbiologie (antibiogramme et antifongogramme) et repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu semi-solide (gélose molle). L'effet de l'agent antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition et qui est fonction du diamètre d'inhibition de la souche du micro-organisme sensible. Cette méthode consiste à plonger un écouvillon en coton stérile dans la suspension bactérienne de culture jeune de 18 heures d'incubation (10^7 UFC/ml). Ecouvillonner après solidification sur la totalité de la surface de la gélose MH semi-solide dans les trois directions. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose (**Casfem, 2015**). On réalise 5 puits par boîte de pétri de 6 mm de diamètre (chaque test est réalisé en triplicat). Un volume de l'extrait de souchet comestible (50 μ l) est mis dans chacun des 4 puits périphériques. Un puits de 50 μ l de bouillon BHI stérile sert comme un témoin négatif au milieu de la boîte. Après diffusion pendant 2 à 4 heures à +4°C on incube à 37°C pendant 18 à 24h.

Les souches pathogènes testées sont :

Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853

Staphylococcus aureus ATCC 25923

Bacillus cereus ATCC 6633

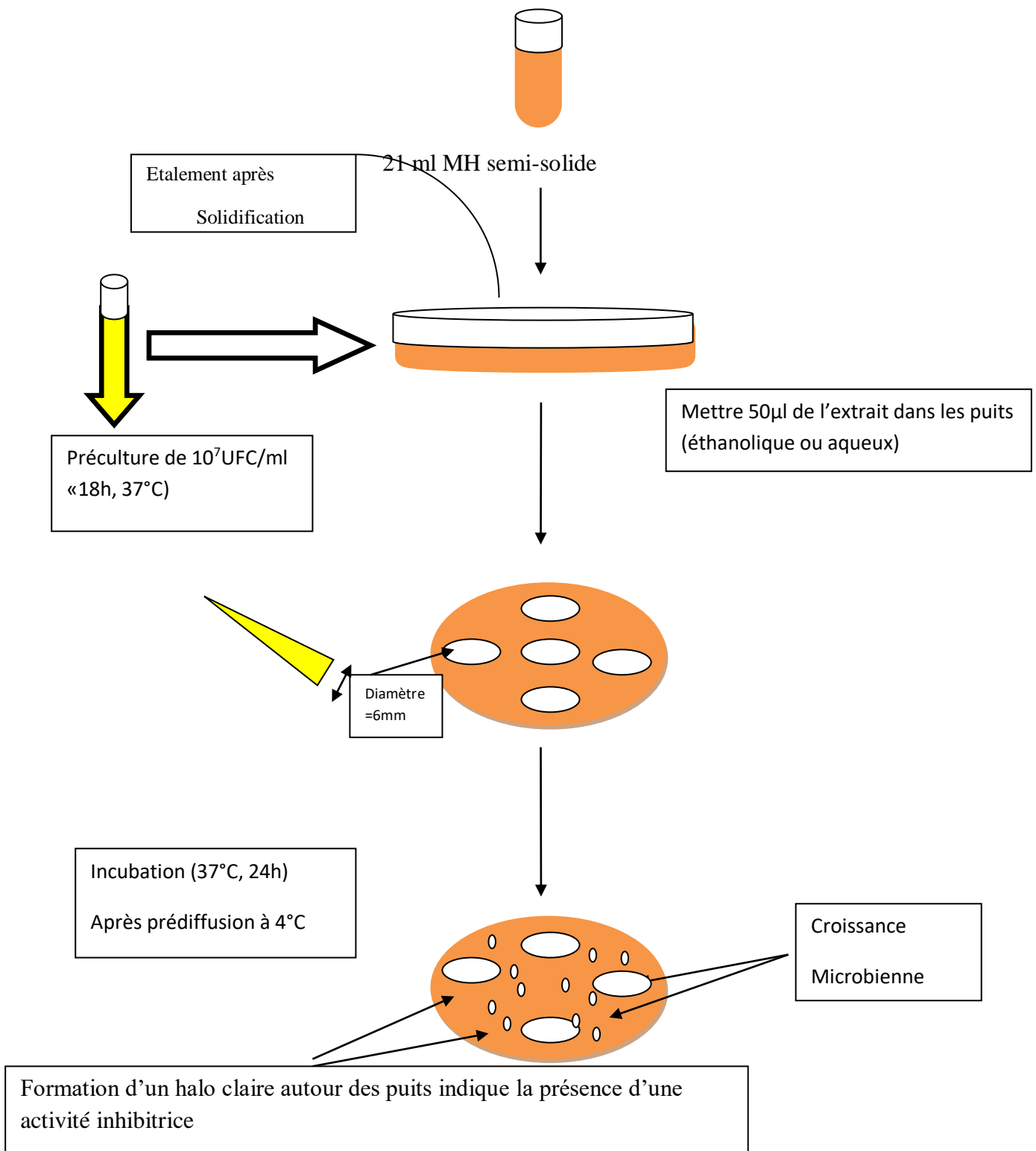


Figure 11: Mise en évidence de l'activité antimicrobienne par la méthode de diffusion en Puits.

Chapitre IV :
Résultats et discussion.

Chapitre IV :Résultat et discussion.

IV. 1. Détermination des paramètres physico-chimiques

La teneur en eau de la farine de souchet comestible est représentée dans la **figure 12**. Nous avons calculé une teneur de 8.3% et est considérée plus faible par rapport à celle déterminée par **Oldele et al. (2002)** pour les deux variétés de souchet (3,5 – 3,75%) et comparable à celle (8,03 – 8,6%) soulignée par **Yapi et al. (2021)** en étudiant trois variétés de souchet comestible.

La teneur en eau et en matières volatiles très faible du tubercule séché lui confère une longue durée de vie. En effet, ce niveau de siccité des tubercules ne favorise pas le développement des micro-organismes, qui généralement, conditionnent la durée de vie des produits issus de la farine de souchet. À ce taux d'humidité, les micro-organismes se retrouvent dans un état métabolique et physiologique très bas ou inexistant où la plupart des réactions de dégradation favorisées par les réactions chimiques et enzymatiques sont ralenties (**Ban-koffi et al., 2005**).

Dans la même **figure 12**, la farine de souchet a une teneur en cendre de 3,04%. Cette teneur est très identique aux valeurs rapportées dans la littérature : 2,17% par **Ban-koffi et al. (2005)** et 1.6- 2.4% par **Yapi et al. (2021)**

La teneur élevée en cendres (**figure 12**) indique une forte teneur en éléments minéraux comme le calcium, le fer, le magnésium, le phosphore et le zinc qui sont au plan comparatif, plus abondants dans le tubercule de *C. esculentus* que dans les aliments de base (tubercules, fruits, légumes et céréales etc.) couramment consommés. Leur importante teneur dans le souchet comestible indique que, si régulièrement consommé, ce dernier pourrait assurer le fonctionnement harmonieux de l'organisme humain par la satisfaction des besoins journaliers en minéraux (**Ban-koffi et al., 2005**).

En ce qui concerne la matière grasse (**figure 12**), la farine de souchet en comporte 26,54%. Cette teneur s'inscrit dans l'intervalle spécifique de cette plante. **Oladele et al. (2007)** ont trouvé une teneur en matière grasse des tubercules de souchet variant de 32,13 à 35,43%. Ces valeurs sont différentes et plus élevées comparées à celle trouvée dans notre étude. En revanche, **Nina et al. (2019)** ont trouvé des valeurs plus basses allant de 19 à 22%.

La teneur en matière grasse est considérée très importante en comparant le souchet comestible au millet commun (7,6%), au quinoa (6,3%) (Oshodi *et al.*, 1999), au pois cajan (1.80%) (Okpala et Mammah, 2001) et à la farine de blé (3.10%) (Akubor et Badifu, 2004).

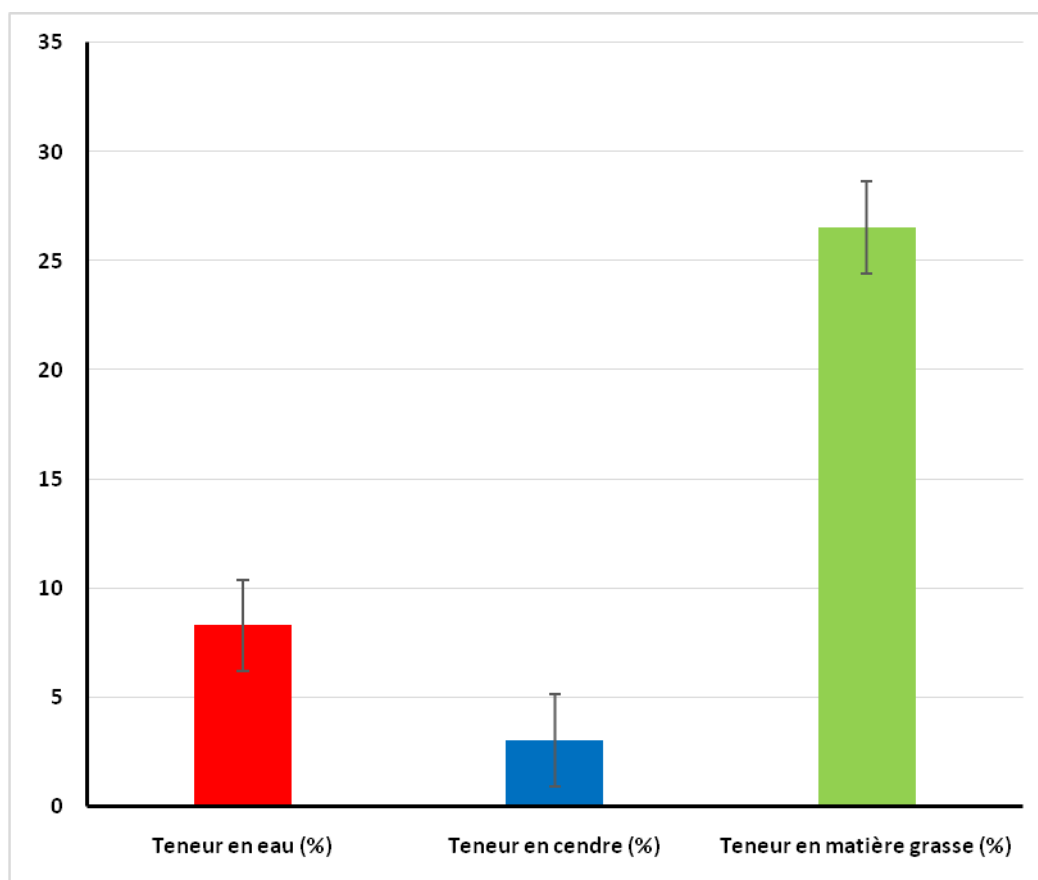


Figure 12 : Caractéristiques physicochimiques de la farine de souchet comestible.

IV.2. Principes actifs du souchet comestible

IV.2.1. Détermination du rendement de l'extraction

Les composés biologiquement actifs sont généralement présents à faibles concentrations dans les plantes. Une technique d'extraction est celle qui permet d'obtenir des extraits à rendement important avec des changements minimes des propriétés fonctionnelles (**Quispe-candori et al., 2008**). Cette opération a pour but de capter les produits élaborés par le végétal tout en veillant à éviter d'en altérer la qualité.

Deux types d'extraction ont fait l'objet de notre travail : 100% aqueuse et éthanolique à raison d'un rapport eau/éthanol de l'ordre de 30v/70v, en se basant sur les travaux antérieurs et la littérature. **Razola-Díaz et al. (2022)**, ont confirmé qu'une quantité d'eau est nécessaire pour l'extraction des composés phénoliques à partir de la farine de souchet comestible.

Pour chaque échantillon, nous avons calculé le rendement de l'extraction. Les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 4** suivant :

Tableau 4: Le rendement de l'extraction à l'éthanol seul ou avec l'eau.

| Matériel végétal | Extrait | M(g) | Rendement |
|------------------|-------------------------|------|-----------|
| Souchet | Aqueux | 15 | 12% |
| Comestible | Eau /éthanol 30v/70v | 15 | 10,33% |

Les résultats obtenus montrent que des éléments hydrophiles en quantité plus élevée passent dans l'eau comme solvant pur (12%). Des rendements de 6-15% ont été aussi obtenus par de **Djikeng et al. (2022)** en utilisant le méthanol comme solvant. Selon **Waszkowiak et Gliszczynska-Swiglo (2016)**, la concentration en acides phénoliques diminue quand l'éthanol est utilisé comme solvant à un degré plus élevé de 60-70%. Les mêmes remarques ont été aussi mises en avant dans les travaux de **Roselló-Soto et al. (2019)** où le meilleur rendement a été obtenu avec 41.4 % éthanol.

IV.2.2. Dosage de polyphénols

La quantification des composés phénolique a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax+b$) réalisée par une solution étalon d'acide gallique à différentes concentrations.

Le contenu en polyphénols totaux des deux extraits de souchet comestible en utilisant la méthode au réactif de Folin-Ciocalteu est exprimé en termes de mg d'équivalents d'acide gallique par 100g de matière sèche (mg EAG/100 g MS). L'équation de la courbe d'étalonnage était trouvée : $y = 0.00253 x + 0.01344$ avec un $R^2 = 0.9954$ (**figure 13**). Le résultat du contenu en polyphénols totaux (**figure 14**) dans l'extrait aqueux était plus élevé que celui de l'extrait éthanolique (eau 30v/éthanol 70v), de l'ordre de 111,82 et 68,5 mg EAG /100g MS, respectivement.

Apparemment, l'eau était capable d'extraire plus de composés phénoliques des tubercules par rapport au solvant organique; ce qui suggère la présence de plus de substances phénoliques hydrosolubles dans la farine. Dans une étude récente de **Djikeng et al. (2022)**, l'analyse du contenu en polyphénols totaux a révélé que ses valeurs étaient comprises entre 18,31-300,44 mg/100 g d'extraits méthanoliques. Des valeurs similaires (95,2-388,5 mg/100 g) ont été obtenues par **Oladele et al. (2014)** dans leur étude sur l'optimisation de l'activité antioxydante des noix tigrées. Dans le même ordre d'idée, **Rosello-Soto et al. (2019)** ont montré que les polyphénols totaux de la noix tigrée varie entre 186,52-220,48 mg/100 g. En général, les contenus phénoliques totaux rapportés par ces auteurs étaient plus élevés comparés à ceux obtenus dans cette étude. Des teneurs plus basses entre 3-12 mg/100 g ont été rapportées par **Achoribo et Ong (2019)** avec l'extrait éthanolique. Ces valeurs sont plus faibles par rapport à celles obtenues dans cette étude. Les variations observées par rapport à la littérature peuvent être attribuées aux facteurs environnementaux (climat, endroit de stockage, période de récolte, température, etc.), à la variété de la plante, à la méthode d'extraction utilisée ainsi qu'à la nature du solvant d'extraction (**Hsu et al., 2006**).

Les polyphénols sont des métabolites secondaires des plantes, chargés de potentiels antioxydants et peuvent protéger contre plusieurs maladies dégénératives en agissant comme des piègeurs des radicaux libres et inhibiteurs des processus de médiation radicalaire (par exemple, la peroxydation lipidique) qui s'accumuleraient suite à un déséquilibre entre le système antioxydant et la formation d'espèces réactives de l'oxygène (**Khan et al., 2016**).

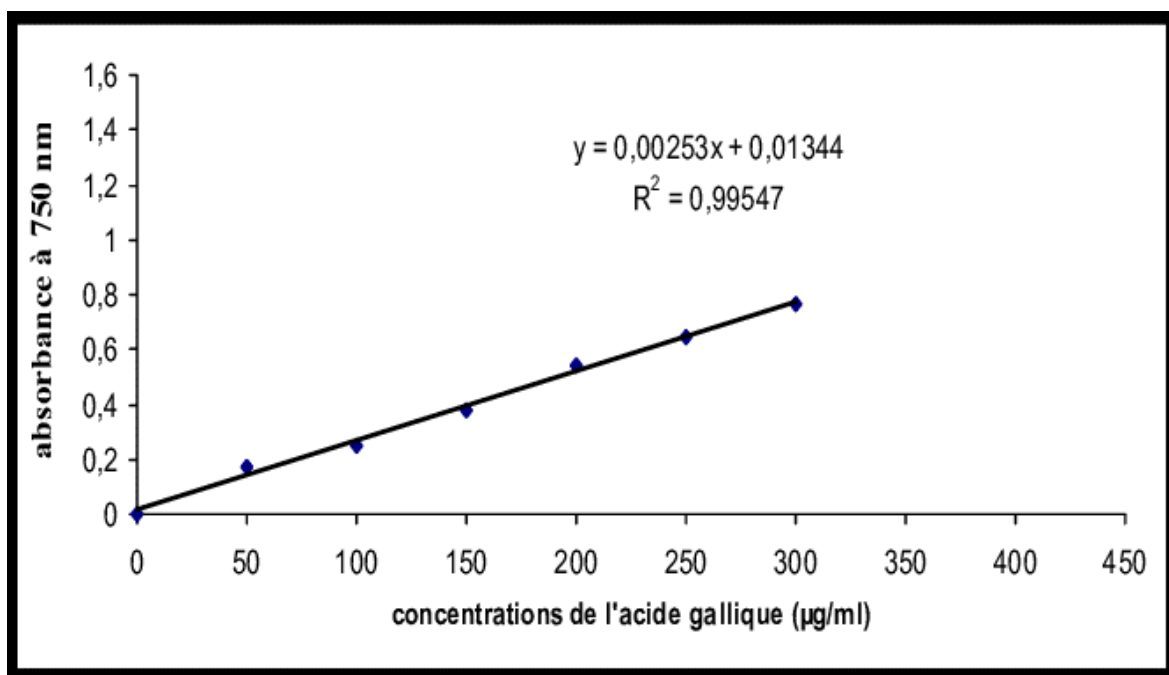


Figure 13 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

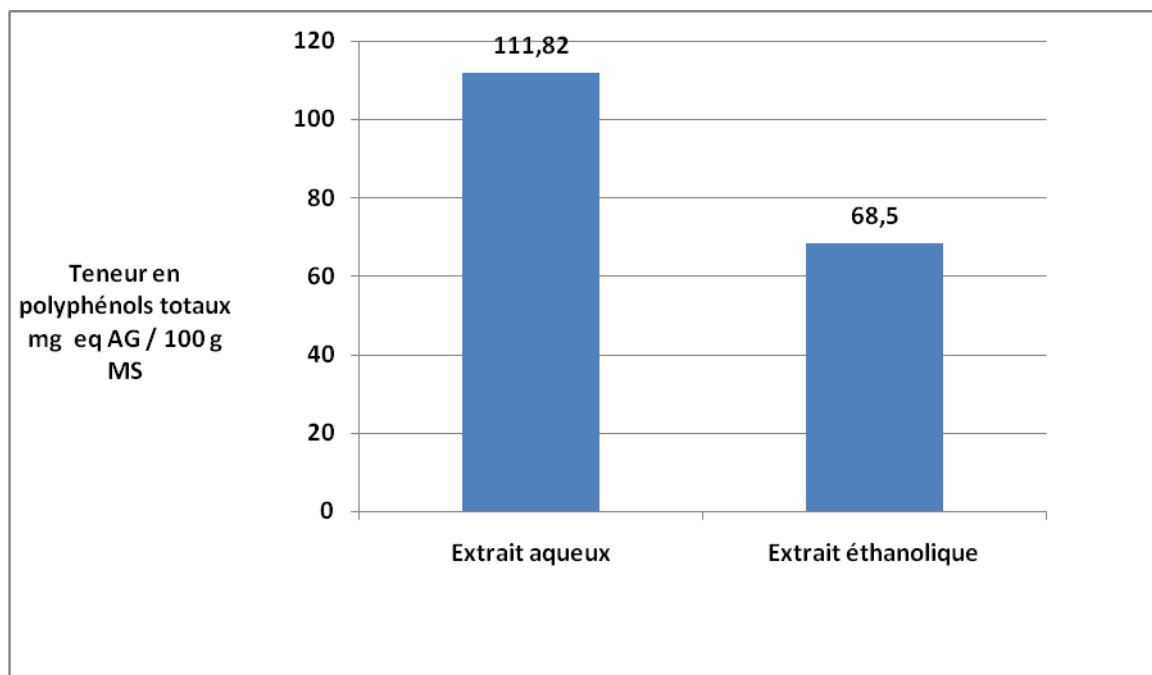


Figure14: Le contenu en polyphénols totaux dans les extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible.

IV.2.3. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent la classe polyphénolique la plus importante avec plus de 5000 composés déjà décrits (Gomez-Caravaca *et al.*, 2006).

En se servant de la courbe d'étalonnage à la quercétine dans la figure 15, la figure 16 montre la teneur en flavonoïdes contenus dans les extraits aqueux et éthanolique de *Cyperus esculentus*. De cette figure, nous constatons que l'extrait aqueux (280 mg eq QER /100g MS) est légèrement plus riche en flavonoïdes comparé à l'extrait éthanolique (198,18 mg eq QER/100 g MS). On comparant notre résultat avec celui de Willis *et al.* (2017), la même quantité de flavonoïdes a été enregistrée (220,68 mg eq QER/100g MS).

Adekanmi *et al.* (2009) ont calculé une teneur de 21.4% de phytates dans les tubercules de souchet comestible crus. Toutefois, ces composés antinutritionnels sont réduits jusqu'à 44% après trempage des tubercules dans l'eau. Il a été trouvé par ailleurs que l'acide phytique (myo-inositolhexa phosphate, IP6) augmente la solubilité des composants flavonoïdes dans l'eau et leur perméabilité à travers l'épithélium intestinal (Xie *et al.*, 2014).

Le souchet comestible est une riche source de composés phénoliques qui pourraient jouer un rôle protecteur contre le stress oxydatif (Braca *et al.*, 2018 ; Badejo *et al.*, 2020).

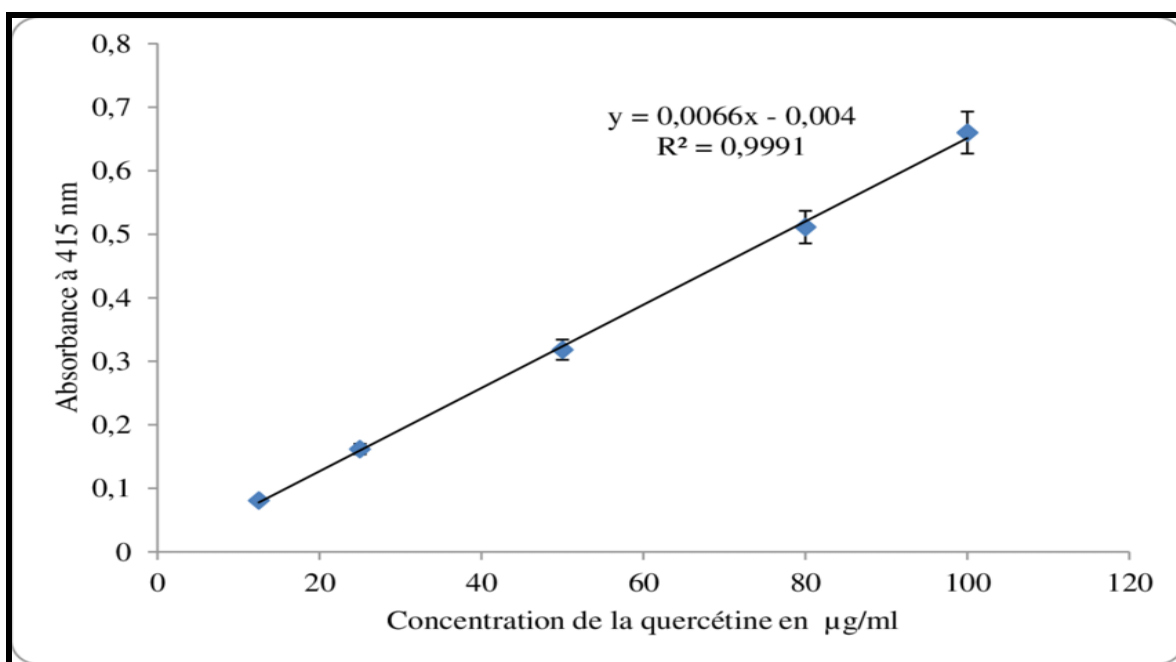


Figure 15: Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux

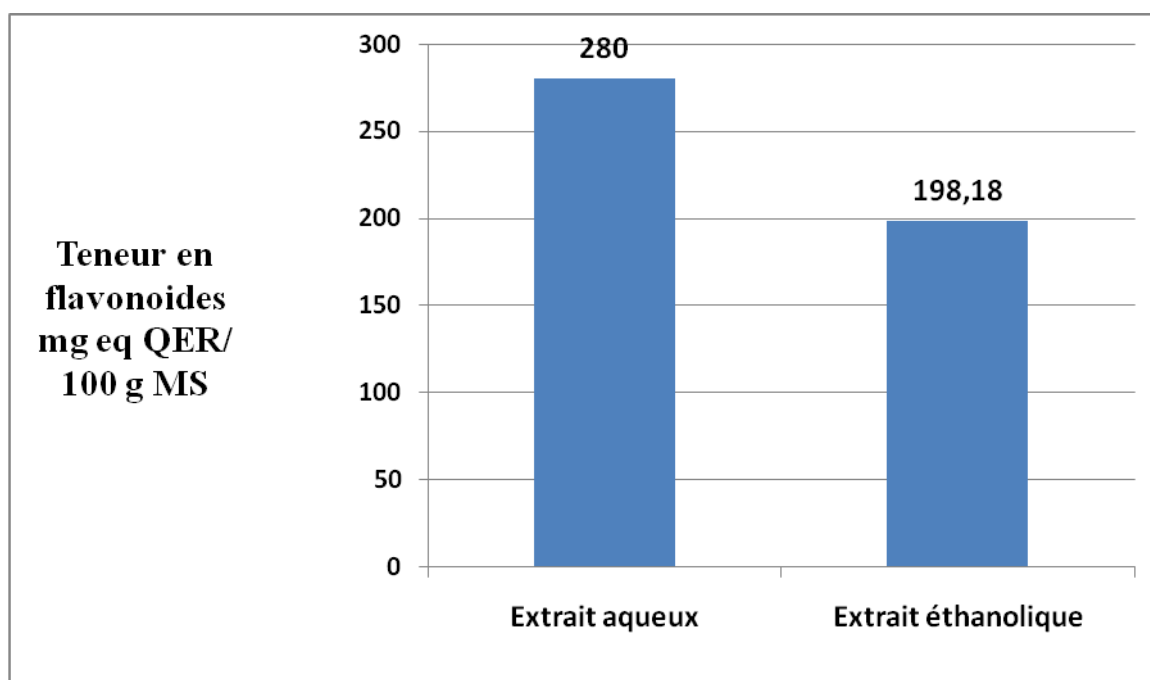


Figure16: Contenu en flavonoïdes dans les extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible.

IV.2.4. Détermination de l'activité antioxydante

IV.2.4.1. DPPH

Les composés flavonoïdes possèdent un large éventail d'activités biologiques, notamment des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antitumorales, hépatoprotectrices, antithrombotiques et antivirales (**Bounatirou et al., 2007**).

Le radical libre DPPH permet d'évaluer l'activité antioxydante des composés phénoliques contenus dans les extraits éthanolique et aqueux de *C. esculentus* étudiés dans ce travail. Ce fameux radical de couleur violette en solution a un maximum d'absorption à 517 nm et est éteint par un composé antiradicalaire entraînant sa décoloration (**Sanchez, 2002**).

Comme on peut l'observer dans **la figure 17**, les extraits aqueux et éthanolique de *C. esculentus* possèdent une activité antioxydante avec des valeurs respectives EC_{50} de l'ordre de 49,96 et de 6,22 mg/ml telle que exprimée par la méthode antiradicalaire DPPH (**figure 18**).

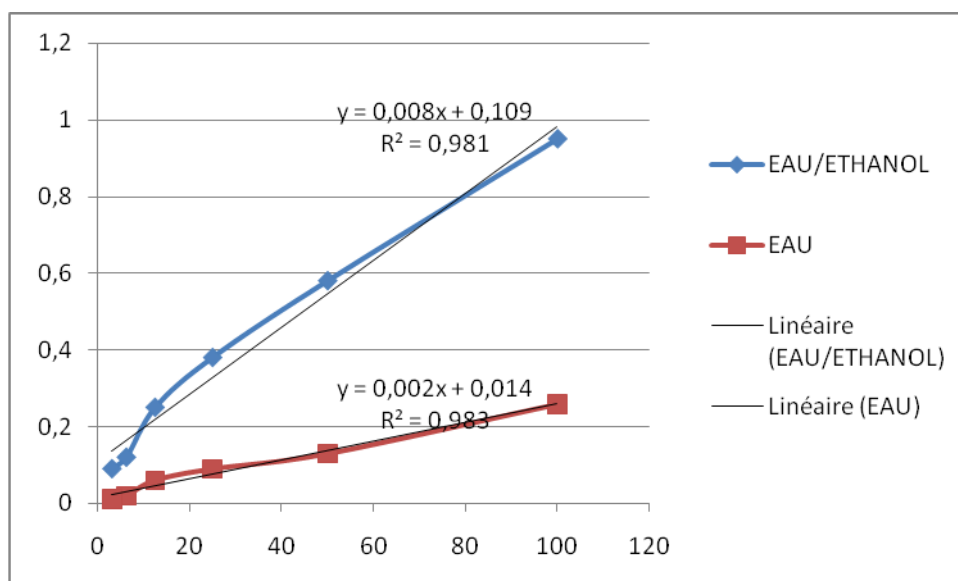


Figure 17 : Activité antiradicalaire DPPH des extraits de *C. esculentus*.

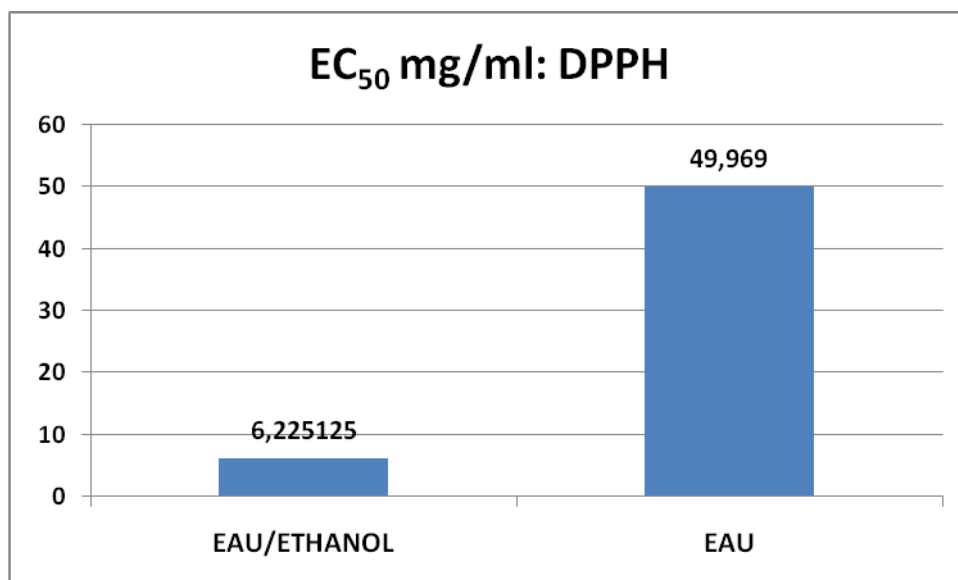


Figure 18 : Les valeurs IC₅₀ des extraits aqueux etéthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible telle que calculée selon la méthode au réactif DPPH.

Les groupes hydroxy sur les flavonoïdes sont principalement responsables de leur activité biologique antioxydante de base, et ces groupes hydroxy sont également facilement transformés en leurs formes O-méthylées, O-glycosylées, O-sulfatées ou O-acylées.

Bien qu'une fraction de sucre attachée sur les molécules de flavonoïdes puisse augmenter leur solubilité dans l'eau et leur biodisponibilité, les activités antioxydantes et autres activités biologiques des flavonoïdes sont généralement supprimées (Slámová *et al.*, 2018).

IV.2.4.2. FRAP

- **Extrait aqueux**

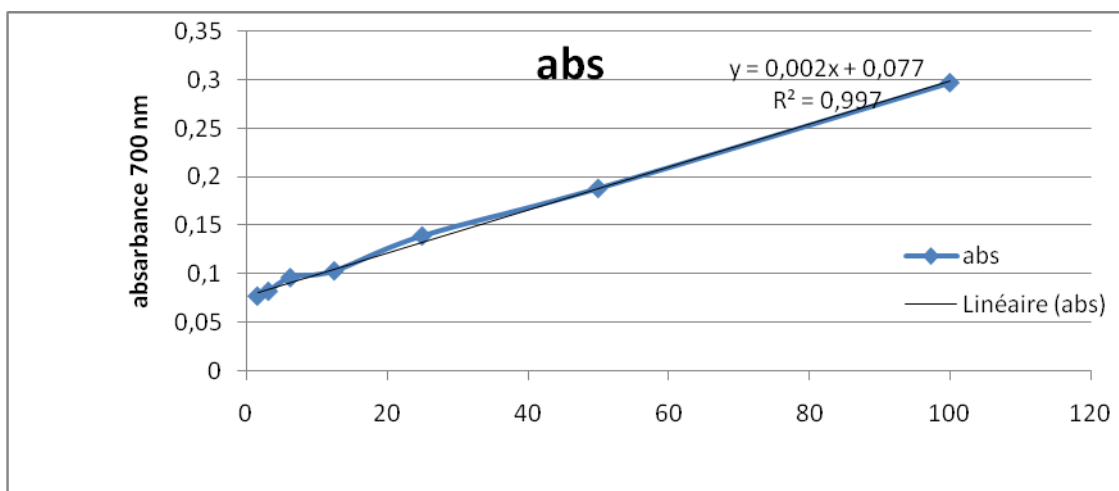


Figure 19 : Activité antiradicalaire FRAP de l'extrait aqueux de *C. esculentus*.

- **Extrait eau /éthanol : (30v/70v)**

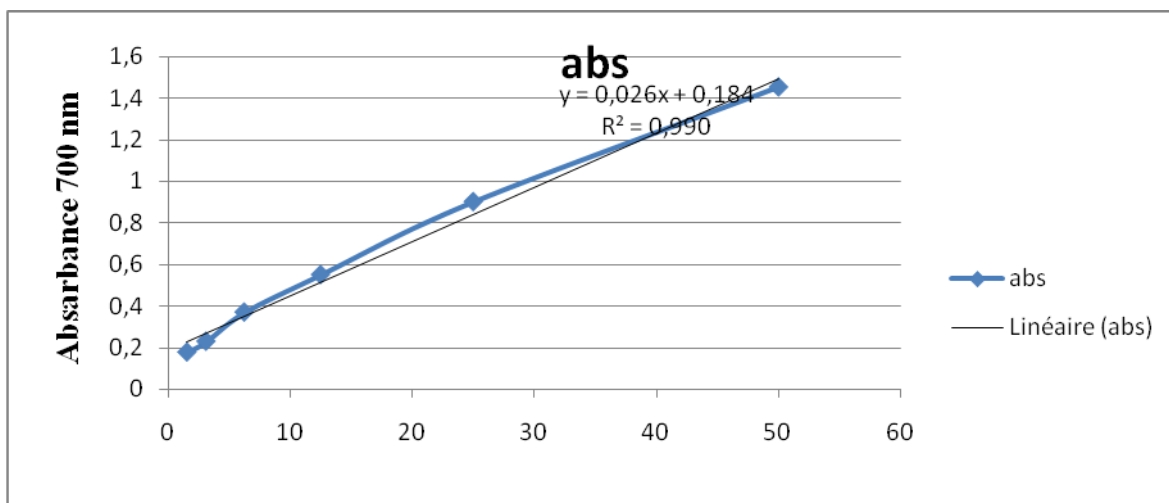


Figure 20 : Activité antiradicalaire FRAP de l'extrait éthanolique de *C. esculentus*.

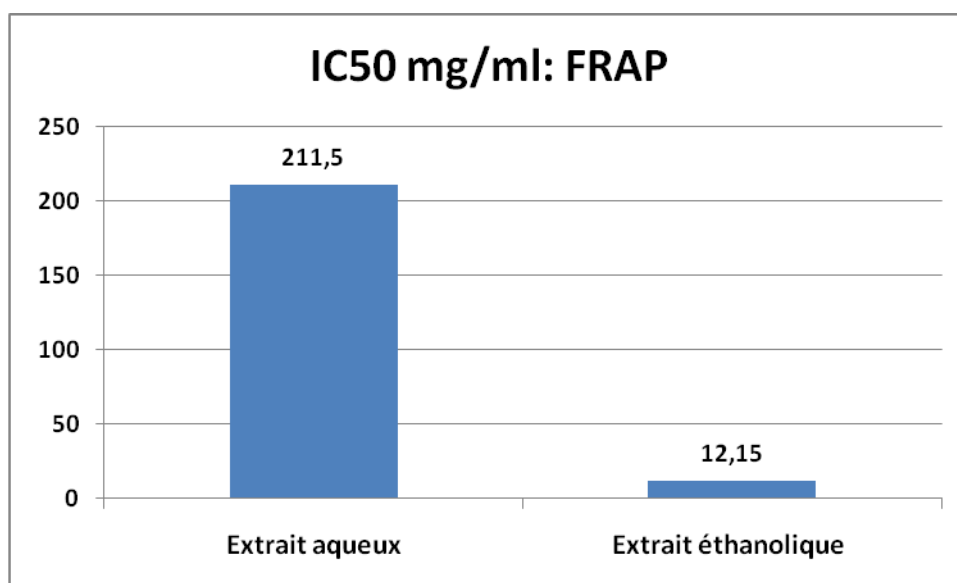


Figure 21: Les valeurs IC₅₀ des extraits aqueux et éthanolique (30v eau/70v éthanol) du souchet comestible telle que calculée selon la méthode FRAP.

Les résultats de la méthode de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) (**Figures 19 et 20**) montrent que les extraits aqueux et éthanolique de *C. esculentus* possèdent une activité antioxydante avec des valeurs respectives IC₅₀ de l'ordre de 211,5 et de 12,15 mg/ml telle que exprimée par la méthode antiradicalaire FRAP (**figure 21**). L'extrait éthanolique donne une réduction significative des ions ferriques en ions ferreux, en confirmant les résultats du test de DPPH, comparé à l'extrait aqueux.

Nwosu et al. (2022) ont rapporté des valeurs plus faibles d'IC₅₀ de l'ordre de 0,53 mg/ml pour l'extrait éthanolique (pur) de souchet comestible et 0,07mg/ml pour l'acide ascorbique pris comme étalon (activité antioxydante exprimée en TROLOX).

IV.2.5. Activité antibactérienne d'extrait éthanolique et aqueux de *Cyperus esculentus* L.

Les résultats relatifs aux propriétés antimicrobiennes des extraits aqueux et éthanolique de souchet comestible à raison de 100 mg/ml ont révélé un large spectre d'action contre des bactéries potentiellement pathogènes.

Les zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés des différents extraits de la plante étudiée ont été mesurées à l'aide d'un pied de Coulisse. Les résultats obtenus sont présentés sur les **figures 22, 23 et 24**. Les deux extraits aqueux et éthanolique ont montré des actions inhibitrices contre les trois bactéries pathogènes testées avec la supériorité de l'extrait éthanolique. En effet, l'extrait 30v eau/70v éthanol exerce une activité inhibitrice deux fois au moins supérieure à celle conférée par les constituants hydrosolubles.

Dans une étude récente de **Nwosu et al. (2022)**, les auteurs ont enregistré 10 mm contre *Shigella* sp, 14 mm contre *Salmonella* sp et *Staphylococcus aureus* et 16 mm contre *Escherichia coli* utilisant l'extrait éthanolique à froid à raison de 100 mg/ml.

Il est rapporté que *Cyperus esculentus* L. contient une variété de composants actifs et la plupart de ses extraits ont un effet antibactérien. **Prakash et Ravagan (2009)** ont préparé différents extraits de souchet comestible en utilisant différents solvants tels que : l'acétone, l'éthanol à 50 %, le chloroforme et l'éther de pétrole. Leur activité antibactérienne contre plusieurs pathogènes (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Citrobacter freundii*) a été mise en évidence en utilisant la méthode de diffusion par disques. L'extrait acétonique a montré la plus forte activité inhibitrice contre *S. aureus*, *Klebsiella pneumoniae* et *Proteus vulgaris*.

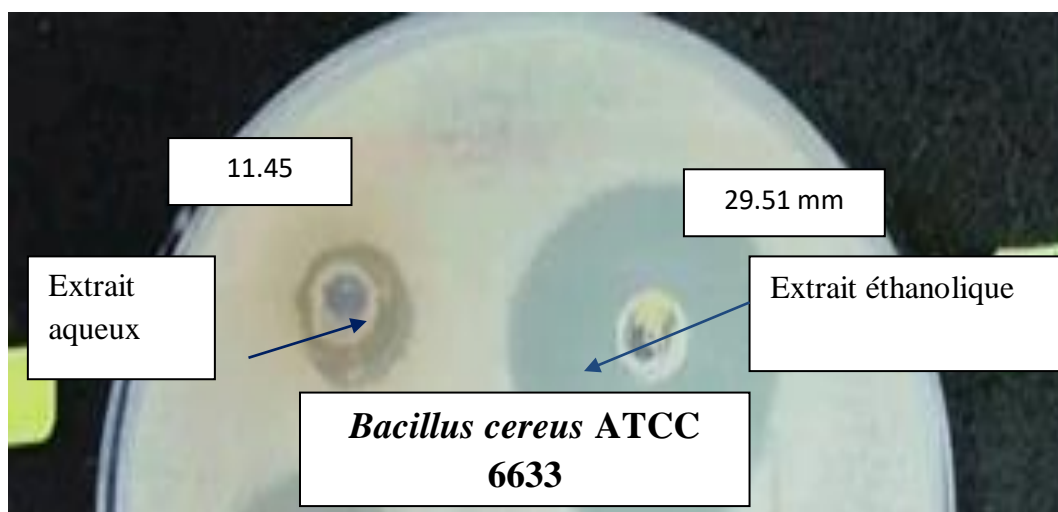


Figure 22: Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et éthanolique (30v eau /70v éthanol) de *Cyperuse sculentus* contre *Bacillus cereus* ATCC 6633.

En outre, l'extrait éthanolique à 50 % a montré l'activité maximale contre *Escherichia coli*, *S. aureus* et *Salmonellasp*. L'extrait chloroformique a inhibé la croissance de *S. aureus*, tandis que l'extrait d'éther de pétrole a montré les meilleurs résultats contre *Salmonellasp*.

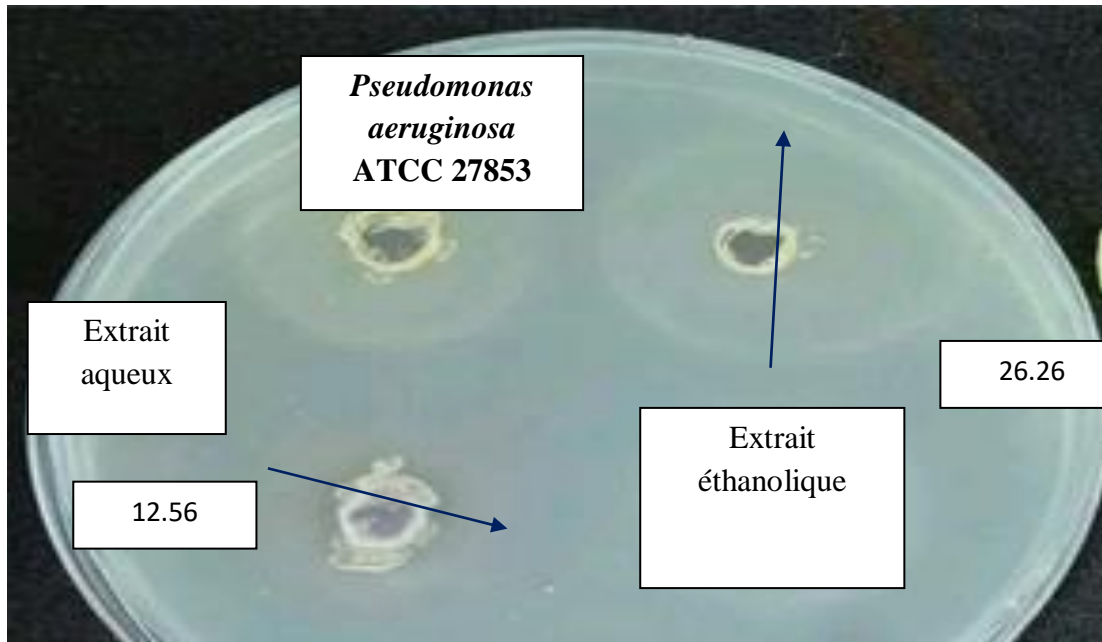


Figure 23: Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et éthanologique (30v eau /70v éthanol) de *Cyperus esculentus* contre *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

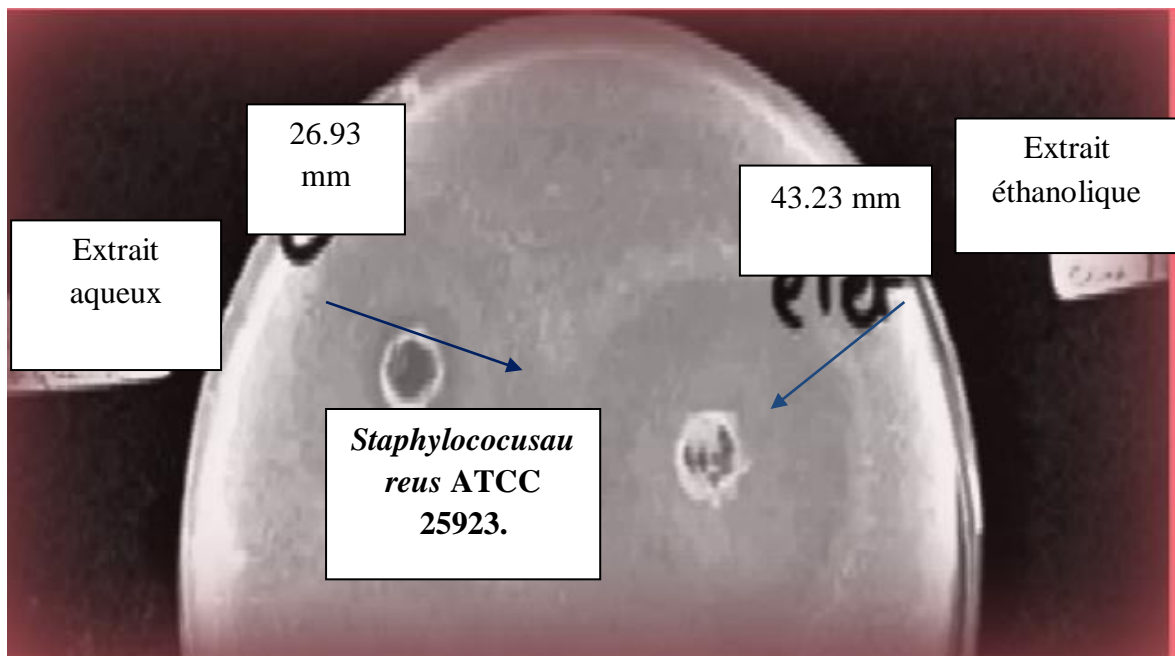


Figure 24: Pouvoir antibactérien des extraits aqueux et éthanologique (30v eau /70v éthanol) de *Cyperus esculentus* contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

Conclusion

Conclusion

Depuis l'antiquité, l'homme utilise les plantes qui poussent autour de lui pour se nourrir et se soigner. Il est temps de redécouvrir ces végétaux trop longtemps oubliés, dont nous pouvons mettre à profit les multiples vertus dans notre vie quotidienne. Durant des siècles, nos ancêtres ont accumulé un véritable savoir sur les vertus médicinales des plantes. En effet, le règne végétal est une source jugée inépuisable de molécules pouvant présenter un intérêt thérapeutique. Dans ce contexte, une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude des métabolites secondaires qui constituent souvent des principes actifs des plantes médicinales et l'évaluation de la valeur thérapeutique de ces métabolites sur laquelle l'industrie pharmaceutique s'appuie largement pour le développement de nouveaux médicaments.

La noix tigrée ou souchet comestible *Cyperus esculentus* L. est un tubercule à multifacette thérapeutiques tel qu'admis dans la pharmacopée traditionnelle algérienne. Dans le présent travail nous avons exploré sa composition physico-chimique et avons testé ses composants bioactifs après extraction sur le plan antioxydant et aussi inhibiteur de bactéries responsables de toxi-infections.

La composition physico-chimique du tubercule de souchet comestible a montré une teneur en eau et en matières volatiles de l'ordre de 8.3% et des teneurs en cendres et en matières grasses de 3.04 et 26.54%, respectivement.

Deux types d'extraction ont fait l'objet de notre travail : 100% aqueuse et éthanolique à raison d'un rapport eau/éthanol de l'ordre de 30v/70v, en se basant sur les travaux antérieurs et la littérature. Nos résultats ont confirmé qu'une quantité d'eau est nécessaire pour l'extraction des composés phénoliques à partir de la farine de souchet comestible. Nos résultats obtenus montrent que des éléments hydrophiles en quantité plus élevée passent dans l'eau comme solvant pur (12%) comparés à une mixture eau/éthanol 30v/70v (10.33%). Par ailleurs, nous avons constaté que l'extrait aqueux (280 mg eq QER/100g MS) était légèrement plus riche en flavonoïdes comparé à l'extrait éthanolique (198,18 mg eq QER/100 g MS).

Son activité antioxydante était reliée à cette composition phénolique et était aussi appréciable. Les extraits aqueux et éthanolique de *C. esculentus* possèdent une activité antioxydante avec des valeurs respectives IC₅₀ de l'ordre de 49,96 et de 6,22 mg/ml telle que exprimée par la

Conclusion

méthode antiradicalaire DPPH. Les résultats de la méthode de FRAP ont montré que les extraits aqueux et éthanolique de *C. esculentus* possédaient une bonne activité antioxydante avec des valeurs respectives IC_{50} de l'ordre de 211,5 et de 12,15 mg/ml. L'extrait éthanolique donne une réduction significative des ions ferriques en ions ferreux, en confirmant les résultats du test de DPPH, comparé à l'extrait aqueux.

Les extraits hydrosolubles de souchet comestible ont montré des activités antibactériennes contre *B.cereuset*, *P.aeruginosa* (1,4 à 12,5 à 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$), tandis que le même extrait aqueux a montré une activité maximale contre *Staphylococcus aureus* (26,93 mm à 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Les deux extraits aqueux et éthanolique ont montré des actions inhibitrices contre les trois bactéries pathogènes testées avec la supériorité de l'extrait éthanolique. En effet, l'extrait 30v eau/70v éthanol exerce une activité inhibitrice deux fois au moins supérieure à celle conférée par les constituants hydrosolubles.

Nos résultats sont considérés comme préliminaires et serviront d'ébauche dans la conception d'autres études *in vitro* et *in vivo* visant de mettre en évidence des actions bénéfiques des deux extraits aqueux et éthanolique du souchet comestible.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

- ❖ **Abano, E. et Amoah, K. (2011).** « Effect of moisture content on the physical properties of tiger nut (*Cyperus esculentus*) », *Asian J. Agric. Res.*, vol. 5, no 1, p. 56- 66.
- ❖ **Abdulfatai, J.; Saka, A.A.; Afolabi, A.S.; Diana, K. (2012).** Développement and caractérisations of Beuvrages fromes tigernut milk, pineapple and coconut fruit extracts. In Proceedings of the International Conférence on Mechanical and Manufacturing Engineering, Dalian, China, 5 October.
- ❖ **Achoribo, E. S., & Ong, M. T. (2019).** Antioxidant screening and cytotoxicity effect of tiger- nut (*Cyperus esculentus*) extracts on some selected cancer-origin cell lines. *Euromediterranean biomedical journal*, 14 (01), 001–006.
- ❖ **Achoribo, E.S.; Ong, M.T. (2017).** Tiger nut (*Cyperus esculentus*): Source of natural anticancer drug? Brief review of existing literature. *Euromediterranean Biomed. J.*, 12, 91–94.
- ❖ **Adejuitan, J.A. Tigernut Processing(2011) :** Its Food uses and Health Benefits. *Am. J. Food Technol.*, 6, 197–201.
- ❖ **Adekanmi, O. K., Oluwatooyin, O. F., Yemisi, A. A., & Yemisi, A. A. (2009).** Influence of processing techniques on the nutrients and antinutrients of tigernut (*Cyperus esculentus* L.). *World J. Dairy Food Sci*, 4(2), 88-93.
- ❖ **Adel, A.A.M.; Awad, A.M.; Mohamed, H.H.; Iryna, S.(2015).** Chemical composition, physicochemical properties and fatty acid profile of Tiger Nut (*Cyperus esculentus* L) seed oil as affected by different preparation methods. *Int. Food Res. J.*, 22, 1931–1938.
- ❖ **Adelakun, S.A.; Akintunde, O.W.; Ogunlade, B. (2020).** Fluoride-induced testicular degeneration and sperm quality deteriorations: Salutary role of *Cyperus esculentus* tubers (tiger nut) extract in animal model. *Rev. Int. Androl.*, 19, 201–212.
- ❖ **Ademosun, A.O.; Oboh, G. (2015).** Inhibition of carbohydrate hydrolyzing enzymes associated with type 2 diabetes and antioxidative properties of some edible seeds in vitro. *Int. J. Diabetes Dev. Ctries.*, 35, 516–521.

- ❖ **Agboola, B.S.; Ajala, T.O.; Odeku, O.A. (2017).** The Glidant Properties of *Cyperus esculentus*, L (Tigernut) Starch in Metronidazole Tablet Formulation. *Starch-Starke*, 70, 3–4. 7.
- ❖ **Agboola, B.S.; Ajala, T.O.; Odeku, O.A. (2017).** The Glidant Properties of *Cyperus esculentus*, L (Tigernut) Starch in Metronidazole Tablet Formulation. *Starch-Starke*, 70, 3–4.
- ❖ **Aguilar, N.; Albanell, E.; Miñarro, B.; Capellas, M. (2014).** Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT*, 62, 225–232.
- ❖ **Aguilar, N.; Albanell, E.; Miñarro, B.; Guamis, B.; Capellas, M.(2014),** Effect of tiger nut-derived products in gluten-free batter and bread. *Food Sci. Technol. Int.* 21, 323–331.
- ❖ **Ahmed, Z.S.; Hussein, A.M.(2014) .** Exploring the Suitability of Incorporating Tiger Nut Flour as Novel Ingredients in Gluten Free Biscuit. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 64, 27–33.
- ❖ **Ahmed, ZS. Hussein, AMS(2014).** Exoloring the suitability of incorporating tigernut flour as novel ingredient in gluten-free biscuit. *Polish J. Food Nutri. Sci.* 64 (1) : 27- 33.
- ❖ **Akonor, P.T.; Tortoe, C.; Oduro-Yeboah, C.; Saka, E.A.; Ewool, J. (2019)** Physicochemical, Microstructural, and Rheological Characterization of Tigernut (*Cyperus esculentus*) Starch. *Int. J. Food Sci.*, 3830651.
- ❖ **Akubor, P. I, & Badifu G.I.O. (2004).** Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 223–229.
- ❖ **Albors, A.; Raigon, M.; García-Martínez, M.; Martín-Esparza, M. (2016)** Assessment of techno-functional and sensory attributes of tiger nut fresh egg tagliatelle. *LWT*, 74, 183–190.
- ❖ **Allouh, M.Z.; Daradka, H.M.; Abu Ghaida, J.H. (2015).** Influence of *Cyperus esculentus* tubers (Tiger Nut) on male rat copulatory behavior. *BMC Complement. Altern. Med.*, 15, 331.
- ❖ **Anonyme, (2017).** « <http://www.deniaactu.com/horchata-espagne.html> », sept.
- ❖ **AOAC (2012).** Official Methods of Analysis. 18th Ed. American Association of Analytical Chemists, Inc., Washington.

- ❖ **Arranz I, Stroka J, Neugebauer M. (2006).** Determination of aflatoxin B1 in tigernut based soft drink. *Food Additives Contam.*;1:1-15.
- ❖ **Asare, P.A.; Kpankpari, R.; Adu, M.O.; Afutu, E.; Adewumi, A. (2020)** Phenotypic Characterization of Tiger Nuts (*Cyperus esculentus* L.) from Major Growing Areas in Ghana. *Sci. World J.* 7232591.
- ❖ **Ayeh-Kumi PF, Tetteh-Quarcoo PB, Duedu KO, Obeng AS, Addo-Osafo K, Mortu S, Asmah RH. A (2014).** (survey of pathogens associated with *Cyperus esculentus* L.(tigernuts) tubers sold in a Ghanaian city. *BioMed. Centra. Res. Notes.*;7(343): 1-9.

B

- ❖ **Badejo, A.A.; Falarunu, A.J.; Duyilemi, T.I.; Fasuhanmi, O.S. (2020)** Antioxidative and anti-diabetic potentials of tigernut (*Cyperus esculentus*) sedge beverages fortified with *Vernonia amygdalina* and *Momordica charantia*. *J. Food Meas. Charact.*, 14, 2790–2799.
- ❖ **Bamishaiye EI, Bamishaiye OM. Tigernut.(2011).** As a plant, its derivatives and benefits. *Afri. J. Food, Agric. Nutri. Dev.*;11(5): 5157-5170.
- ❖ **Ban-Koffi,L. Nemlin,G. Le Fevre,S . et Kamenan,A ,(2005).** « Caractérisation physicochimique et potentialitésthérapeutiques du pois sucre (*cyperus esculentus* l. cyperaceae) », *Agronomie Africaine*, vol. 17, no 1, p. 63- 71,
- ❖ **Barros, J.C.; Munekata, P.E.S.; de Carvalho, F.A.L.; Pateiro, M.; Barba, F.J.; Domínguez, R.; Trindade, M.A.; Lorenzo, J.M. (2020).** Use of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil emulsion as animal fat replacement in beef burgers. *Foods*, 9, 44
- ❖ **(Belgaid et Chikhoun, 2013).** .Etude de l’activité antimicrobienne et antifongique des extraits du phlomis bovei de noe-préparation d’une forme pharmaceutique. P.1.
- ❖ **Builders, P.F.; Anwunobi, P.A.; Mbah, C.C.; Adikwu, M.U. (2013).** New Direct Compression Excipient from Tigernut Starch: Physicochemical and Functional Properties. *AAPS PharmSciTech*, 14, 818–827.
- ❖ **Builders, P.F.; Mbah, C.C.; Adama, K.K.; Audu, M.M. (2013).** Effect of pH on the physicochemical and binder properties of tigernut starch. *Starch-Starke*, 66, 281–293. *Foods*, 11, 601 18 of 19 .

C

- ❖ **Carvalho, F.A.L.; Pateiro, M.; Domínguez, R.; Barba-Orellana, S.; Mattar, J.; Brn'ci'c, S.R.; Barba, F.J.; Lorenzo, J.M. (2019).** Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of chicken burgers. *J. Food Process. Preserv.*, 43, e13935. Chemical l properties of chufa (*Cyperus esculentus L.*) tubers grown in the Cukurova region of Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- ❖ **Codina-Torrella, I.; Guamis, B.; Zamora, A.; Quevedo, J.M.; Trujillo, A.J. (2018).** Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high pressure homogenization. A preliminary study on microbial shelf-life extension. *Food Microbiol.*, 69, 143–150.
- ❖ **Corrales, M.; De Souza, P.M.; Stahl, M.R.; Fernández, A. (2012) .** Effects of the decontamination of a fresh tiger nuts' milk beverage (horchata) with short wave ultraviolet treatments (UV-C) on quality attributes. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 13, 163–168.
- ❖ **Coskuner, Y. ; Ercan, R. ; Karababa, E et Nazlcn, A. N. (2003).** Physical and Chemical l properties of chufa (*Cyperus esculentus L.*) tubers grown in the Cukurova region of Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

D

- ❖ **Da Costa Neto, J.J.G.; Gomes, T.L.M.; Justo, T.F.; Pereira, K.S.; Amaral, P.F.F.; Leão, M.H.M.R.; Sant'Ana, G.C.F. (2019) .** Microencapsulation of tiger nut milk by lyophilization: Morphological characteristics, shelf life and microbiological stability. *Food Chem.*, 284, 133–139.
- ❖ **Demirkesen, I.; Sumnu, G.; Sahin, S. (2011).** Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. *Food Bioprocess Technol.*, 6, 746–753.
- ❖ **Dewanto, V., WU, X., Adom, K.K. and liu, R.H. (2002).** thermol processing enhances the Nutritional value of Antioxudant Activity journal of agricultueal and food chemistry, 50, 3010-3014.
- ❖ **Djikeng, F. T., Djikeng, C. F. T., Womeni, H. M., Ndefo, D. K. K., Pougoué, A. A. N., Tambo, S. T., & Esatbeyoglu, T. (2022).** Effect of Different Processing Methods on the Chemical Composition, Antioxidant Activity and Lipid Quality of Tiger Nuts (*Cyperus esculentus*). *Applied Food Research*, 100124.

- ❖ **Djomdi; Hamadou, B.; Gibert, O.; Tran, T.; Delattre, C.; Pierre, G.; Michaud,, P.; Ejoh, R.; Ndjouenkeu, R. (2020)**, Innovation in Tigernut (*Cyperus esculentus* L.) Milk Production: In Situ Hydrolysis of Starch. *Polymers*, 12, 1404.
- ❖ **Dodet,M (2006)**. « Diversité génétique et phénologie de *Cyperus Esculentus* L. (*Cyperaceae*) Pour une gestion intégrée de l'espèce dans les cultures de Haute Lande », Thèse Université de Bourgogne, 147 pages.
- ❖ **doia, C.T.; Buenaventura, G.; Antonio, J.T. (2015)** . Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin: Physico-chemical characteristics and protein fractionation. *Ind. Crops Prod.*, 65, 406–414.
- ❖ **dos Santos Silveira Junior, J.F.; de Francisco, A. (2020)**. Unconventional Food Plants as an Alternative in Starch Production. *Cereal Foods World*, 65,2.

E

- ❖ **El-Anany, A.M.; Ali, R.F.M (2012)**. Studies on the hypolipidemic effects of Coconut oil when blended with Tiger nut oil and fed to albino rats. *Grasas Aceites*, 63, 303–312.
- ❖ **Ezeh, O.; Gordon, M.H.; Niranjan, K.(2014)** . Tiger nut oil (*Cyperus esculentus* L.): A review of its composition and physico-chemical properties. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116, 783–794.

F

- ❖ **Fathoni, A.; Hartati, N.; Wahyuni, H.F.; Rahman, N.; Harmoko, R.; Perwitasari, U. (2020)**. Characterization of cassava starch and its potential for fermentable sugar production. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 439, 012024 .
- ❖ **Follak , S. (2016)**. « Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus* L. »

G

- ❖ **Gasparre, N.; Pan, J.; Alves, P.L.D.S.; Rosell, C.M.; Berrios, J.D.J. (2020)**. (Tiger Nut (*Cyperus esculentus*) as a Functional Ingredient in Gluten-Free Extruded Snacks. *Foods*, 9, 1770.
- ❖ **Geomar international., (2002)**. Projet de diversification des filières et l'horticulture. Diagnostic du pois sucré et du gombo. 155 pages.
- ❖ **Gomez-caravaca, A., Gomez-Romero, M., Arraer-Roman,D.,Segura-Carretero, A et Fernandez-Gutierrez, A. (2006)**. Advances in the analysis of

phenolic compounds and products derived from bees. *J. pharmaceutical and biomedical analysis*. 41 :1220-1234.

- ❖ **Gu, L.-B.; Liu, X.-N.; Liu, H.-M.; Pang, H.-L.; Qin, G.-Y. (2017).** Extraction of Fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) Seed Oil Using Subcritical Butane: Characterization and Process Optimization. *Molecules*, 22, 228.

H

- ❖ **Haiyang, Y.; Zhengchun, L.; Shikang, Z.; Qi, A. (2020).** Optimization of Ultrasonic-assisted Enzymatic Extraction of ACE Inhibitory Peptides from *Cyperus esculentus* by Response Surface Method. *Sci. Technol. Food Ind.*, 42, 182–187.
- ❖ **Haiyang, Y.; Zhengchun, L.; Shikang, Z.; Qi, A. (2020).** Optimization of Ultrasonic-assisted Enzymatic Extraction of ACE Inhibitory Peptides from *Cyperus esculentus* by Response Surface Method. *Sci. Technol. Food Ind.*, 42, 182–187.
- ❖ **Haoua, B., Omarou, T., Adamou, M. D. M. et Toudou, A. (2018).** « La culture de souchet (*Cyperus esculentus*) au Niger: Origine, atouts et contraintes », *J. Anim. Plant Sci.*, vol. 37, no 1, p. 5997- 6007.
- ❖ **Hsu, B., Coupar, IM., & Ng, K. (2006).** Antioxidant activity of hot water extract from the fruit of Doum palm. *Hyphaene thebaica*. *Food Chemistry*, 98, 317–328

I

- ❖ **Ibitoye, O.B.; Aliyu, N.; Ajiboye, T.O. (2018).** Tiger nut oil-based diet improves the lipid profile and antioxidant status of male Wistar rats. *J. Food Biochem.*, 42, e12587.
- ❖ **Ibrahim, H. Atolaiye, B. Aremu, M (2016).** « Some parametric effects on fermentation of *Cyperus esculentus* using *Saccharomyces cerevisiae* », *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.*, Vol. 51, no 2, p. 89- 94.

J

- ❖ **Jing, S.; Ouyang, W.; Ren, Z.; Xiang, H.; Ma, Z. (2012).** The in vitro and in vivo antioxidant properties of *Cyperus esculentus* oil from Xinjiang, China. *J. Sci. Food Agric.*, 93, 1505–1509.
- ❖ **Jing, S.-Q.; Fang, F.; Ma, Z.-X.; Wang, Y.-X.; Chen, Z.-H. (2013).** Nutritional evaluation of *Cyperus esculentus* protein. *Food Sci. Technol.*

K

- ❖ **Khan H, Jan SA, Javed M, Shaheen R, Khan Z, Ahmad A, (2016).** Nutritional composition, antioxidant and antimicrobial activities of selected wild edible plants. *J Food Biochem.* 40:61-70.
- ❖ **Koffi L.B., Nemlin G.J., Lefevre S, et Kamenan A., (2005).** Caractérisation Physicochimique et potentialités thérapeutiques du pois sucre (*Cyperus esculentus* L. Cyperaceae).71 pages.

L

- ❖ **Lasekan, O. (2012).** Volatile constituents of roasted tigernut oil (*Cyperus esculentus* L.). *J. Sci. Food Agric.* 2012, 93, 1055–1061.
- ❖ **Li, X.; Fu, J.; Wang, Y.; Ma, F.; Li, D. (2017).** Preparation of low digestible and viscoelastic tigernut (*Cyperus esculentus*) starch by *Bacillus acidopullulyticus* pullulanase. *Int. J. Biol. Macromol.*, 102, 651–657.
- ❖ **López-Marcos, M.C.; Bailina, C.; Viuda-Martos, M.; Pérez-Alvarez, J.A Fernández-López, J (2015).** (Effects of various fibre-rich extracts on cholesterol binding capacity during in vitro digestion of pork patties. *Food Funct.*, 6, 3473–3478.

M

- ❖ **Maduka and Ire; CJAST, 29(3): 1-23, (2018).** Article no.CJAST.43551 Tigernut Plant and Useful Application of Tigernut Tubers (*Cyperus esculentus*) - A Review.
- ❖ **Manek, R.V.; Builders, P.F.; Kolling, W. M.; Emeje, M.; Kunle, O. (2012)** Physicochemical and Binder Properties of Starch Obtained from *Cyperus esculentus*. *AAPS PharmSciTech*, 13, 379–388.
- ❖ **Martín-Esparza, M.E.; Raigón, M.D.; Raga, A.; Albors, A. (2018).** Functional, Thermal and Rheological Properties of High Fibre Fresh Pasta: Effect of Tiger Nut Flour and Xanthan Gum Addition. *Food Bioprocess Technol.*, 11, 2131–2141.
- ❖ **Martín-Esparza, M.E.; Raigón, M.D.; Raga, A.; Albors, A. (2018).** High fibre tiger nut pasta and xanthan gum: Cooking quality, microstructure, physico-chemical properties and consumer acceptance. *Food Sci. Biotechnol.*, 27, 1075–1084.

- ❖ **Masina, N.; Choonara, Y.E.; Kumar, P.; du Toit, L.C.; Govender, M.; Indermun, S.; Pillay, V. (2017).** A review of the chemical modification techniques of starch. *Carbohydr. Polym.*, 157, 1226–1236.

N

- ❖ **Nina, G.C.; Ogori, A.F.; Ukeyima, M.; Hleba, L.; Cisarova, M.; Okuskhanova, E.; Vlasov, S.; Batishcheva, N.; Goncharov, A.; Shariati, M.A. (2019).** Proximate, mineral and functional properties of tiger nut flour extracted from different tiger nuts cultivars. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, 9, 653–656.
- ❖ **Nina, G.C.; Ukeyima, M.; Ogori, A.F.; Hleba, L.; Hlebova, M.; Glinushkin, A.; Laishevtcev, A.; Derkanosova, A.; Igor, P.; Plygun, S.;(2020).** Investigation of physiochemical and storage conditions on the properties of extracted tiger nut oil from different cultivars. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.*, 9, 988–993. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, vol. 23, p. 33- 51.
- ❖ **Nwosu, L. C., Edo, G. I., & Özgör, E. (2022).** The phytochemical, proximate, pharmacological, GC-MS analysis of *Cyperus esculentus* (Tiger nut): A fully validated approach in health, food and nutrition. *Food Bioscience*, 46, 101551.

O

- ❖ **Okpala, L. C., & Mammah, E. N. (2001).** Functional properties of raw and processed pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 52, 343-346.
- ❖ **Oladele A. K., Aina J. O. K. (2007).** Chemical composition and functional properties of flour from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *African Journal of Biotechnology*, volume 6 (21): 2473-2476.
- ❖ **Oladele, A. K., Akinwande, A. B., & Akinoso, R. (2014).** Optimization of the antioxidants of tigernut (*Cyperus esculentus* L) during roasting using response surface methodology. *Elixir Food Science*, (75), 27592–27597 .
- ❖ **Olayemi, O.J.; Apeji, Y.E.; Isimi, C.Y. (2020).** Formulation and Evaluation of *Cyperus esculentus* (Tiger Nut) Starch-Alginate Microbeads in
- ❖ **Olayemi, O.J.; Apeji, Y.E.; Isimi, C.Y. (2020).** Formulation and Evaluation of *Cyperus esculentus* (Tiger Nut) Starch-Alginate Microbeads in the Oral Delivery of Ibuprofen. *J. Pharm. Innov.*, 1, 1–10.

- ❖ **Onovo, J. C. and Ogaraku, A. O. (2007).** Studies on some microorganisms associated with exposed tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) milk. *J. Biol. Sci.*, 7: 1548-1550.
- ❖ **Oshodi A.A, Ekperigin M. M. (1989).** Functional properties of Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) flour. *Food Chemistry*, 34, 187-191.

P

- ❖ **Prakash, N.; Ragavan, B. (2009).** Phytochemical observation and antibacterial activity of *Cyperus esculentus* L. *Anc. Sci. Life*, 28, 16–20.

R

- ❖ **Roselló-Soto, E.; Martí-Quijal, F.J.; Cilla, A.; Munekata, P.E.S.; Lorenzo, J.M.; Remize, F.; Barba, F.J. (2019)** .Influence of Temperature, Solvent and pH on the Selective Extraction of Phenolic Compounds from Tiger Nuts by-Products: Triple-TOF-LC-MS-MS Characterization. *Molecules*, 24, 797.
- ❖ **Roselló-Soto, E.; Poojary, M.M.; Barba, F.J.; Koubaa, M.; Lorenzo, J.M.; Mañes, J.; Moltó, J.C. (2018)** . Thermal and non-thermal preservation techniques of tiger nuts’ beverage “horchata de chufa”. Implications for food safety, nutritional and quality properties. *Food Res. Int.*, 105, 945–951.
- ❖ **Roselló-Soto, E.; Poojary, M.M.; Barba, F.J.; Koubaa, M.; Lorenzo, J.M.; Mañes, J.; Moltó, J.C. (2018).** Thermal and non-thermal preservation techniques of tiger nuts’ beverage “horchata de chufa”. Implications for food safety, nutritional and quality properties. *Food Res. Int.*, 105, 945 951.
- ❖ **Roselló-Soto, E.; Poojary, M.M.; Barba, F.J.; Lorenzo, J.M.; Mañes, J.; Moltó, J.C. (2018)** . Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 45, 306–312.

S

- ❖ **Sánchez-Zapata, E. Fernández-López J., et Angel Pérez-Alvarez, J.(2012).** « Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications », *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 11, no 4, p. 366–377.

- ❖ **Sánchez-Zapata, E.; Díaz-Vela, J.; Pérez-Chabela, M.L.; Pérez-Alvarez, J.A.; Fernández-López, J. (2013).** Evaluation of the Effect of Tiger Nut Fibre as a Carrier of Unsaturated Fatty Acids Rich Oil on the Quality of Dry-Cured Sausages. *Food Bioprocess Technol.*, 6, 1181–1190.
- ❖ **Sánchez-Zapata, E.; Fernández-López, J.; Pérez-Alvarez, J.A.(2012).** Tiger Nut (*Cyperus esculentus*) Commercialization: Health Aspects, Composition, Properties, and Food Applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 11, 366–377.
- ❖ **Sánchez-Zapata, E.; Fernández-López, J.; Pérez-Alvarez, J.A.; Soares, J.; Sousa, S.; Gomes, A.M.P.; Pintado, M.M.E. (2013).** In vitro evaluation of “horchata” co-products as carbon source for probiotic bacteria growth. *Food Bioprod. Process.*, 91, 279–286.
- ❖ **Sánchez-Zapata, E.; Fuentes-Zaragoza, E.; Fernández-LÓPez, J.; Esther Sendra, E.S.; Navarro, C.; Pérez-Álvarez, J.A. (2009).** Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk (“horchata”) byproducts and its physicochemical properties. *J. Agric. Food Chem.*, 57, 7719–7725.
- ❖ **Sánchez-Zapata, E.; Fuentes-Zaragoza, E.; Viuda-Martos, M.; Fernández-López, J.; Sendra, E.; Sayas, E.; Pérez-Alvarez, J.A.(2012).** Reclaim of the By-Products from “Horchata” Elaboration Process. *Food Bioprocess Technol.* 5, 954–963.
- ❖ **Sánchez-Zapata, E.; Sayas-Barberá, E.; Pérez-Alvarez, J.A.; Fernández-López, J. (2013).** The effect of replacing water by tiger nut liquid co-product on the physicochemical properties and oxidation (haemopigments and lipids) of a cooked pork liver meat product. *Food Technol. Biotechnol.*, 51, 422–428.
- ❖ **Selma, M.V.; Valero, M.; Fernandez, P.S.; Salmeron, C. (2006).** Adaptation of the system of risk analysis and identification and control of critical points (ARICPC) in the management of microbiological quality of tigernut milk. *Alimentation,- Equipos-y-Technologie.*; 21 (165): 83-89
- ❖ **Shorinwa, O.A.; Dambani, D.T. (2020).** Antidiarrheal activity of aqueous ethanol extract of *Cyperus esculentus* tuber in albino rats. *J. Appl. Biol. Biotechnol.*, 8, 47–50.
- ❖ **Slámová, K., Kapešová, J., Valentová, K., (2018).** “Sweet Flavonoids”: glycosidase-catalyzed modifications. *Int. J. Mol. Sci.* 19, 2126.
- ❖ **Sobhani, A.; Mohammed, A.S.; Ghobakhlou, F.; Ghazali, H.M. (2018).** Determining the oxidative stability and quality of tiger nut (*Cyperus esculentus*) oil

and its antioxidant activity during microwave heating. *Rev. Esp. Nutr. Hum. Diet.*, 22, 52–63., 38, 69–73. 60. 82(6): 625-631.

- ❖ **Soto, E.R.; Barba, F.J.; Lorenzo, J.M.; Munekata, P.E.S.; Gómez, B.; Moltó, J.C. (2018)** . Phenolic profile of oils obtained from “horchata” by-products assisted by supercritical-CO₂ and its relationship with antioxidant and lipid oxidation parameters: Triple TOF-LCMS- MS characterization. *Food Chem.*, 274, 865–871.
- the Oral Delivery of Ibuprofen. *J. Pharm. Innov.*, 1, 1–10.

T

- ❖ **Touria, L.; Wafae, L.; Francesco, C.; Farida, S.(2022)** . Sets of internal and external factors influencing olive oil (*Olea europaea* L.) composition: A review. *Eur. Food Res. Technol.*, 21, 3947.

V

- ❖ **Vargas-Ramella, M.; Munekata, P.E.S.; Pateiro, M.; Franco, D.; Campagnol, P.C.B.; Tomasevic, I.; Domínguez, R.; Lorenzo, J.M. (2020)**. Physicochemical Composition and Nutritional Properties of Deer Burger Enhanced with Healthier Oils. *Foods*, 9, 571.
- ❖ **Vega-Morales, T.; Mateos-Díaz, C.; Pérez-Machín, R.; Wiebe, J.; Gericke, N.P.; Alarcón, C.; López-Romero, J.M. (2019)** .Chemical composition of industrially and laboratory processed *Cyperus esculentus* rhizomes. *Food Chem.* , 297, 124896.
- ❖ **Verdú, S.; Barat, J.M.; Alava, C.; Grau, R. (2017)**. Effect of tiger-nut (*Cyperus esculentus*) milk co-product on the surface and diffusional properties of a wheat-based matrix. *Food Chem.*, 224, 69–77.
- ❖ **Viuda-Martos, M.; Lopez-Marcos, M.C.; Fernandez-Lopez, J.; Sendra, E.; Lopez-Vargas, J.H.; Perez-Alvarez, J.A. (2010)**. Role of Fiber in Cardiovascular Diseases: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 9, 240–258.

W

- ❖ **Waszkowiak, K.; Gliszczynska-Swigło, A. (2016)**. (Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts. *Eur. Food Res. Technol.*, 242, 777–786.

X

- ❖ **Xie, Y., Luo, H., Duan, J., Hong, C., Ma, P., Li, G., Zhang, T., Wu, T., Ji, G., (2014).** Phytic acid enhances the oral absorption of isorhamnetin, quercetin, and kaempferol in total flavones of *Hippophae rhamnoides* L. *Fitoterapia* 93, 216–225.

Y

- ❖ **Yapi, J. C., Deffan, Z. A. B., Koko, A. C., Diabagate, J. R., Kouamekan, K. B., & Kouame, L. P. (2021).** Influence de la granulométrie physicochimiques sur les caractéristiques et techno-fonctionnelles des farines de souchet (*Cyperus esculentus* L.). *Agronomie Africaine*, 33(2), 239-250.
- ❖ **Yoon, S.H. (2016).** Optimization of the refining process and oxidative stability of chufa (*Cyperus esculentus* L.) oil for edible purposes. *Food Sci. Biotechnol.*, 25, 85–90.

Z

- ❖ **Zhu, Y.; Elbrhami, A.A.; Popović, V.; Koutchma, T.; Warriner, K. (2019).** Comparative Effects of Thermal, High Hydrostatic Pressure, and UV-C Processing on the Quality, Nutritional Attributes, and Inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Listeria* Introduced into Tiger Nut Milk. *J. Food Prot.*, 82, 971–979.