



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et

de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020-2021

N° D'ORDRE : 0494/2021

N° CARTE D'ETUDIANT:

CI0414002600

LABORATOIRE :

Laboratoire Sciences et
Technologies de
L'Environnement
(LSTE)

Soutenu publiquement
le : 16/10/2021

MASTER

Physique-Chimie Appliquée

Option : Environnement

THEME :

**ETUDE PHYTOCHIMIQUE DU PERICARPE DU
FRUIT DE MANGOUSTAN (*GARCINIA
MANGOSTANA*) EN VUE DE LA PRODUCTION
MASSIVE D'ALEVINS MONOSEXES MALES DE
*TILAPIA OREOCHROMIS NILOTICUS***

Présenté par :

IRIE Bi Tra Cyrille

JURY

Président : Dr. KOUASSI Kouadio Daniel, Maitre de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa)

Directeur : Dr. CISSE Moussa, Maitre de Conférences
Université Nangui Abrogoua (Abidjan)

Encadreur : Dr. Mohamadou Lamine DOUMBIA, Maître-Assistant
Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa)

Examineur : Dr. SYLLA Tahiri, Maître-Assistant
Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa)



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020-2021

N°D'ORDRE : 0494/2021

N°CARTED'ETUDIANT:

CI0414002600

LABORATOIRE :

Laboratoire Sciences
et Technologies de
L'Environnement

(LSTE)

Soutenu publiquement
le : 16/10/2021

MASTER

Physique-Chimie Appliquée

Option : Environnement

THEME :

**ETUDE PHYTOCHIMIQUE DU PERICARPE DU
FRUIT DE MANGOUSTAN (*GARCINIA
MANGOSTANA*) EN VUE DE LA PRODUCTION
MASSIVE D'ALEVINS MONOSEXES MALES DE
*TILAPIA OREOCHROMIS NILOTICUS***

Présenté par :

IRIE Bi Tra Cyrille

JURY

Président : Dr. KOUASSI Kouadio Daniel, Maitre de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa)

Directeur : Dr. CISSE Moussa, Maitre de Conférences,
Université Nangui Abrogoua (Abidjan)

Encadreur : Dr. Mohamadou Lamine DOUMBIA, Maître-Assistant
Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa)

Examineur : Dr. SYLLA Tahiri, Maître-Assistant
Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa)

DEDICACES

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et

leurs prières tout au long de mes études.

REMERCIEMENTS

Ce document n'aurait pas vu le jour s'il n'y avait pas eu la contribution de certaines personnes que je tiens à remercier.

Je voudrais exprimer ma considération distinguée au Professeur **TIDOU Abiba Sanogo** Epouse **Koné**, présidente de l'université Jean Lorougnon Guédé de Daloa.

Je tiens à remercier et exprimer ma profonde gratitude au Professeur **KOUASSI Kouakou Lazare**, Directeur de l'UFR Environnement à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, de m'avoir permis de m'inscrire dans ladite UFR.

Je remercie mon Directeur scientifique, Monsieur **CISSE Moussa** Maitre de Conférences à l'université Nangui Abrogoua (Abidjan). Je vous adresse mes sincères remerciements non seulement pour avoir accepté d'être mon directeur scientifique, mais aussi pour votre contribution à l'élaboration des travaux et surtout pour les observations lors de la rédaction du présent mémoire. Merci infiniment.

Mes remerciements vont spécialement au Docteur **DOUMBIA Lamine** Maitre-assistant, mon encadreur scientifique. En effet, Il a toujours su, par ses conseils et directives, me guider dans ce travail. Votre disponibilité, votre patience et votre attention particulière m'ont beaucoup aidé tout au long de ce travail.

Je voudrais aussi adresser mes sincères remerciements au docteur **SYLLA Tahiri**, Maitre-assistant, pour son aide et ses conseils lors de la rédaction de ce mémoire. Votre contribution m'a beaucoup aidé, Merci à vous.

J'exprime toute ma reconnaissance aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur de lire ce mémoire et aussi d'avoir accepté de le juger pour son amélioration.

Ma reconnaissance est également adressée à tous les enseignants du département de Mathématiques, Physique-Chimie et Informatique de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa qui ont contribué à ma formation.

Mes remerciements vont particulièrement envers ma mère **Yoro Lou Irie Valentine** et mon père **Tra Bi Irie Gaston** et mes frères et sœurs. Je voudrais simplement vous dire merci.

Merci pour votre amour, merci tout le soutien dont j'ai bénéficié tout au long de mon cursus scolaire et universitaire.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit des étudiants de la 2ème et 4ème promotion de Master II de Physique-Chimie, en particulier à **Onleu Kouama Gislhain, Kouassi N'goran Ferdinand, Coulibaly Ami, Diaby Kramogoba**, pour leur soutien tout le long de l'année académique.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, j'exprime ma profonde reconnaissance à tous ceux et celles qui par leurs encouragements, leurs conseils et leurs prières m'ont permis d'être à ce niveau d'étude Aujourd'hui.

TABLE DES MATIERES

	Pages
TABLE DES MATIERES	i
LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : GENERALITES	
1.1 Le Mangoustan	3
1.1.1 Présentation.....	3
1.1.1.1 Description du <i>Garcinia mangostana</i>	3
1.1.1.2 Systématique du <i>Garcinia mangostana</i>	3
1.1.2 Le péricarpe du mangoustan et sa composition	4
1.2 Propriétés médicinales de <i>Garcinia mangostana</i>	4
1.2.1 Propriétés médicinales des feuilles et de l'écorces de <i>Garcinia mangostana</i>	4
1.2.2 Propriétés médicinales du péricarpe du fruit de <i>Garcinia mangostana</i>	5
1.3 Phytochimie de <i>Garcinia mangostana</i>	5
1.4 Les métabolites secondaires	6
1.4.1 Les composés phénoliques ou polyphénols	7
1.4.1.1 Les flavonoïdes.....	7
1.4.1.2 Les tanins.....	8
1.4.1.3 Les Coumarines	10
1.4.1.4 Les Quinones	10
1.4.1.5 Les Anthocyanines	11
1.4.1.6 Les Anthraquinones.....	11
1.4.2 Les xanthones	12
1.4.2.1 L'α-mangostine	13

1.4.2.2	La γ - mangostine	14
1.4.2.3	Potentiel thérapeutique des xanthones α et γ -mangostine de <i>Garcinia mangostana</i>	15
1.4.2.4	Potentiel de α et γ -mangostine dans l'inversion sexuelle du tilapia.....	15
1.5	Technique d'extraction des métabolites secondaires.....	16
1.5.1	Infusion	16
1.5.2	Décoction	16
1.5.3	Macération	16
1.6	Facteurs influençant le processus d'extraction des métabolites secondaires .	16
1.7	Caractéristiques de quelques solvants organiques	17
PARTIE II : MATERIEL ET METHODES.....		
MATERIEL.....		19
2.1	Matériel végétal	19
2.1.1	La récolte	19
2.1.2	Le séchage.....	20
2.1.3	Le broyage	20
2.2	Matériel de laboratoire.....	20
2.2.1	Matériel physique	20
2.2.2	Matériel chimique	21
METHODES		22
2.1	Détermination des caractéristiques physiques du fruit de <i>Garcinia mangostana</i> (poids total, poids du péricarpe, poids de la pulpe, humidité, matière sèche)	22
2.1.1	Détermination du poids du fruit entier, du péricarpe et de la pulpe du mangoustan	22
2.1.2	Détermination du taux d'humidité et de matière sèche	22
2.2	Etude phytochimique des extraits du péricarpe du fruit de mangoustan	23
2.2.1	Technique d'extraction des métabolites secondaires.....	23

2.2.2	Extraction par macération	23
2.2.3	Filtration.....	23
2.3	Détermination du rendement	24
2.4	Screening phytochimique	24
2.5	Détection des composés chimiques	25
2.5.1	Détection des composés phénoliques (réaction avec FeCl ₃).....	25
2.5.2	Test des Flavonoïdes.....	25
2.5.3	Test des tanins.....	25
2.5.4	Test des coumarines.....	25
2.5.5	Mise en évidence des quinones.....	26
2.5.6	Mise en évidence des anthocyanes	26
2.5.7	Test de détection d'anthraquinones	26
2.5.8	Test de mise en évidence des xanthones.....	26
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION		
RESULTATS		27
3.1	Détermination des caractéristiques physiques du fruit de <i>Garcinia mangostana</i> (poids total, poids du péricarpe, poids de la pulpe, humidité, matière sèche)	27
3.1.1	Taux d'humidité et de matière sèche	27
3.1.2	Détermination du poids du fruit entier et du péricarpe du fruit de mangoustan	27
3.2	Etude phytochimique des extraits du péricarpe du fruit de mangoustan	29
3.2.1	Screening phytochimique dans l'éthanol, l'acétate d'éthyle, le Dichlorométhane, l'Acétone et le Méthanol.....	29
3.2.2	Rendement en extrait totaux par macération dans les solvants organiques (Ethanol, Méthanol, Acétate d'éthyle, Dichlorométhane, Acétone).....	30
DISCUSSION		32
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		

REFERENCES

ANNEXES.....

LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS

TCS	: Tanins condensés
G.MANGOUSTAN	: <i>Garcinia mangostana</i>
TH	: Taux d'humidité
TMS	: Taux de matière sèche
O.NILOTICUS	: <i>Oreochromis niloticus</i>
PP	: Pourcentage du péricarpe
PPU	: Pourcentage de la pulpe
G	: Gramme

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I: Propriétés médicinales traditionnelles du <i>Garcinia mangostana</i>	5
Tableau II : Quelques composés chimiques du péricarpe du fruit de mangoustan	6
Tableau III : Caractéristique physico-chimique de la xanthone (Pubchem, 2021)	13
Tableau IV : Caractéristique physico-chimique de l' α -mangostine (Pubchem, 2021).	14
Tableau V: Caractéristiques physico-chimiques de γ - mangostine (Pubchem, 2021).	15
Tableau VI : Caractéristiques de certains solvants organiques (Pubchem, 2021).	17
Tableau VII : Taux d'humidité et de matière sèche	27
Tableau VIII : Résultat des différentes opérations réalisées sur les échantillons du fruit de <i>Garcinia mangostana</i>	28
Tableau IX : Test phytochimique dans les solvants organiques (Acétone, Ethanol, Dichlorométhane, Acétate d'Ethyle, Méthanol).	30
Tableau X : Résultat du rendement d'extraction.	31

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Le mangoustan.....	3
Figure 2 : le mangoustanier.....	3
Figure 3 : Exemple de quelques flavonoïdes	8
Figure 4 : Structure de l'acide gallique et de l'acide ellagique.....	9
Figure 5 : Structures de base des tanins condensés.....	9
Figure 6: Exemple de structure d'un trimer de type 4-8	10
Figure 7 : L'ombelliférone.....	10
Figure 8 : 2,5-dihydroxybenzo-1,4-quinone	11
Figure 9 : structure chimique de la cyanidine	11
Figure 10: 1,2-dihydroxyanthraquinone.....	12
Figure 11: Péricarpe du mangoustan séché et broyé	19
Figure 12 : Marché de fruits d'Azaguié	20
Figure 14 : Péricarpes du fruit <i>G.mangostana</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 13 : Fruits frais de <i>G.mangostana</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 15 : Pesée du mangoustan à l'aide d'une balance électronique (OHAUS).....	22
Figure 16 : Processus d'extraction solide-liquide.....	24

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le ravitaillement du marché local en produits halieutiques est l'une des principales raisons de la pratique de la pisciculture en Côte d'Ivoire. Parmi les espèces élevées, le Tilapia *Oreochromis niloticus* est l'espèce la plus prisée par les aquaculteurs ivoiriens (Yao *et al.*, 2017). En effet, elle possède des atouts qui font d'elle un choix idéal de poisson d'élevage. Chez *O. niloticus*, le sexe est important car les mâles grossissent plus rapidement et ont une bonne valeur marchande (Baroiller *et al.*, 2009). Pour ce faire, les pisciculteurs ont souvent recours à certaines hormones masculisantes dont la plus célèbre est le 17-alpha-méthyltestotérone (Gale *et al.*, 1999). Cette hormone androgène oriente très tôt au stade larvaire le sexe du Tilapia vers des populations monosexes mâles. Cependant, des voix s'élèvent de plus en plus contre l'utilisation de ces substances sur des produits destinés à l'alimentation humaine alors que leur innocuité sur la santé et l'environnement n'est pas démontrée clairement. Notre étude se propose donc d'envisager comme alternative saine et prudente, l'utilisation d'extraits phytochimiques du péricarpe du mangoustan (*Garcinia mangostana*) qui s'est avérée être un puissant inhibiteur de l'aromatase à travers l'un de ses constituants qui est la gamma mangostine (Marcy *et al.*, 2008). Ainsi nous émettons l'hypothèse que la gamma mangostine contenu dans le péricarpe du fruit du mangoustan est à même d'inhiber l'aromatase des cellules gonadiques de *O. niloticus*. Ce qui aura pour conséquence, l'expression du phénotype mâle, car les voies métaboliques de conversion des androgènes en œstrogène se trouveront bloquées via l'aromatase.

Les objectifs spécifiques portent sur :

- déterminer les caractéristiques physiques du fruit de mangoustan (Poids total, Poids du péricarpe, Humidité, Matière sèche) ;
- extraire par macération les métabolites secondaires du péricarpe du fruit de mangoustan dans cinq solvants (dichlorométhane, acétate d'éthyle, méthanol, acétone, éthanol) ;
- faire une étude phytochimique des extraits du péricarpe du fruit de mangoustan dans cinq solvants (dichlorométhane, acétate d'éthyle, méthanol, acétone, éthanol) ;
- déterminer le rendement en extrait totaux par macération dans cinq solvants différents (méthanol, dichlorométhane, éthanol, acétate d'éthyle, acétone) ;
- identifier le solvant idéal d'extraction.

Pour ce faire, le présent document s'articule autour de trois grandes parties. La première partie présente une bibliographie sur le mangoustan (composition chimique, procédés d'extraction des métabolites secondaires). La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisées pour atteindre les différents objectifs fixés. La troisième partie de notre travail est consacrée aux résultats et à la discussion. Le document s'achève par une conclusion suivie de perspectives.

PARTIE I : GENERALITES

1.1 Le Mangoustan

1.1.1 Présentation

1.1.1.1 Description du *Garcinia mangostana*

De forme arrondie et de la taille d'une petite orange, le mangoustan (Figure 1) est un fruit du mangoustanier (Figure 2) qui possède des feuilles d'un vert foncé assez dures, d'une dizaine de centimètres de long et large de 5 cm environ, très luisantes sur leur face supérieure. Il porte des feuilles simples opposées. L'ensemble de ses organes est parcouru de canaux laticifères contenant un abondant latex jaune collant. Le fruit sphérique conserve à sa base les quatre sépales de la fleur, ainsi que les marques du stigmate à son apex. Il se compose d'une épaisse couche externe non comestible, très amère de couleur rouge-violet foncé (exocarpe). Cet arille de l'endocarpe (couche interne de l'ovaire) constitué par une chair blanche comestible, organisée en 5 ou 6 quartiers (comme les agrumes) qui recouvrent chaque graine de la forme et la taille d'une amande moyenne (Bourdeaut & Moreuil, 1970). Au début du printemps, l'arbre se couvre de magnifiques fleurs bicolores très originales. Ce sont ces fleurs qui donnent les fameux fruits du mangoustanier, appelés « Mangoustes » ou « Mangoustans ».



Figure 1 : Le mangoustan



Figure 2 : le mangoustanier

1.1.1.2 Systématique du *Garcinia mangostana*

Le mangoustanier ou mangoustan (*Garcinia mangostana*) est une espèce de plantes à fleurs du genre *Garcinia* (*Garcinia* est un genre de plantes de la famille des Clusiaceae originaire d'Asie d'Australie, d'Afrique tropicale, Australie, Polynésie, des Caraïbes et d'Amérique du sud). Il pousse dans des zones chaudes et humides. Le mangoustan est un arbre fruitier qui peut atteindre en zone tropicale entre 7 et 30 mètres de haut (Bourdeaut & Moreuil, 1970). Sa

production mondiale se concentre essentiellement en Thaïlande et en Indonésie. La Classification classique de *Garcinia mangostana* (Cronquist, 1981) est représentée ci-dessous :

Règne :	Plantae
Sous règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Dilleniidae
Ordre :	Theales
Famille :	Clusiaceae
Genre :	Garcinia
Espèce :	<i>Garcinia mangostana</i>

1.1.2 Le péricarpe du mangoustan et sa composition

Le péricarpe (pelure) du fruit du mangoustanier (*Garcinia mangostana*) constitue un déchet potentiel car il représente 65% du fruit appelé mangoustan. En effet, un mangoustan frais se compose de 17% de pelure externe, 48% de pelure interne, 31% de pulpe et 4% de tige et de pétales (Chaovanalikit *et al.*, 2012). Outre son pourcentage élevé dans le fruit, les pelures de mangoustan contiennent également des métabolites secondaires notamment des xanthones, (α et γ -mangostine) en quantité plus élevée que dans les autres parties du fruit (Ee *et al.*, 2006).

1.2 Propriétés médicinales de *Garcinia mangostana*

1.2.1 Propriétés médicinales des feuilles et de l'écorces de *Garcinia mangostana*

Plusieurs parties du mangoustanier font l'objet d'usages médicaux dans les pharmacopées asiatiques traditionnelles (Chine, Thaïlande, Inde). L'écorce, les feuilles, sont par exemple, utilisées pour soulager les douleurs abdominales, traiter la diarrhée, les infections, l'inflammation, les allergies, la dépression et les troubles cutanés (Suksamrarn *et al.*, 2006).

1.2.2 Propriétés médicinales du péricarpe du fruit de *Garcinia mangostana*

La poudre de péricarpe séchée est utilisée comme agent médicinal par les Asiatiques du Sud-Est depuis des siècles pour le traitement des maladies liées à la peau, des plaies et de la dysenterie amibienne (Pierce, 2003). Le péricarpe du fruit du mangoustan contient une variété de métabolites secondaires tels que les xanthones prénuylés et oxygénés (Peres *et al.*, 2000). Le Tableau I ci-dessous présente les différentes maladies traitées à partir du péricarpe du fruit de mangoustan.

Tableau I: Propriétés médicinales traditionnelles du *Garcinia mangostana*

Maladies	Références
Mycose	Harbone <i>et al.</i> (1999)
Hémorroïdes, Allergies alimentaires, Plaies, Infections cutanées	Pierce (2003)
Tuberculose	Suksamrarn <i>et al.</i> (2006)
Inflammation, Ulcères,	Harbone <i>et al.</i> (1999)
Affections des voies génito-urinaires, Aphtes buccaux, Fièvre, Dysenterie amibienne	Caius (2003)
Gonorrhée, cystite et suppuration de l'urètre, Leucorrhée	Moongkarndi <i>et al.</i> (2004)
Acné	Chomnawang <i>et al.</i> (2005)
Choléra	Sen <i>et al.</i> (1980)

1.3 Phytochimie de *Garcinia mangostana*

Des études phytochimiques effectuées en Inde, en Asie du Sud-Est ont montré que la plupart des métabolites secondaires des plantes se retrouvent dans le *Garcinia mangostana* (Pothitirat *et al.*, 2009). En effet, La pulpe du mangoustan contient des acides organiques, des sucres facilement assimilables, des vitamines hydrosolubles et des xanthones (Ee *et al.*, 2006). Les feuilles, l'écorce du fruit, ainsi que celle de l'arbre, contiennent les composés phénoliques à savoir les phénols simples, les acides phénoliques, les coumarines, les flavonoïdes, les stilbènes, les tanins, les lignines, les lignanes et les xanthones (Stalikas, 2007). Cependant, les xanthones sont plus abondants dans la pelure du mangoustan que dans la pulpe (Zadernowski *et al.*, 2009 ;

Palakawong *et al.*, 2010). Ce sont des composés polyphénoliques avec une structure chimique contenant un tricycle aromatique (Pratiwi *et al.*, 2017). Mishima *et al.* (2013) ont rapporté que les xanthones majoritaires présents dans la pelure du mangoustan sont l' α -mangostine et la γ mangostine. Depuis quelques années, c'est surtout le péricarpe du mangoustan qui retient l'attention pour sa teneur en antioxydants et en xanthones (Peres *et al.*, 2000 ; Vieira & Kijjoa, 2005). Plus de 40 xanthones ont été extraites du péricarpe du fruit de *Garcinia mangostana* (Suksamrarn *et al.*, 2006) et testées pour leurs propriétés pharmacologiques. Le Tableau II ci-dessous présente les xanthones isolées à partir du péricarpe du mangoustan.

Tableau II : Quelques composés chimiques du péricarpe du fruit de mangoustan

Xanthones	Référence
α-Mangostine	Yates & Stout (1958)
β-Mangostine	Mahabusarakam <i>et al.</i> (1987)
γ-Mangostine	Jinsart <i>et al.</i> (1992)
Mangostanol	Suksamrarn <i>et al.</i> (2003)
Mangostenol	Suksamrarn <i>et al.</i> (2002)
1-Isomangostine	Jung <i>et al.</i> (2006)
1-Isomangostin hydrate	Mahabusarakam <i>et al.</i> (1987)
3-Isomangostin	Huang <i>et al.</i> (2001)
3-Isomangostin hydrate	Mahabusarakam <i>et al.</i> (1987)
Garcinone A	Sen <i>et al.</i> (1980).
Garcinone B	Suksamrarn <i>et al.</i> (2003)
Garcinone C	Sen <i>et al.</i> (1980)
Garcinone D	Huang <i>et al.</i> (2001)
Garcinone E	Asai <i>et al.</i> (1995)
Garcimangosone A	Huang <i>et al.</i> (2001)
Garcimangosone B	Jung <i>et al.</i> (2006)

1.4 Les métabolites secondaires

L'importance des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites secondaires dont la fonction

physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire. Leur incorporation dans l'alimentation humaine et les préparations médicamenteuses peuvent être utiles pour la prévention contre plusieurs maladies telles que le cancer, les infections et les inflammations. Les métabolites secondaires ont une répartition limitée dans l'organisme de la plante dont plus de 200 000 structures ont été définies (Hartmann, 2007). Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique et se trouvent dans toutes les parties de la plante : les racines, l'écorce du tronc, les feuilles, les fruits et les fleurs. Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, terpènes, composés phénoliques) qui sont répartis de manière diversifiée chez les végétaux (Macheix *et al.*, 2005), et une catégorie secondaire de composés mixtes. Chez *Garcinia mangostana* les métabolites secondaires les plus importants sont les composés polyphénoliques (les xanthones) (Rice-Evans *et al.*, 1996 ; Peres *et al.*, 2000 ; Vieira & Kijjoa, 2005).

1.4.1 Les composés phénoliques ou polyphénols

Les polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présentes dans le règne végétal avec plus de 8000 molécules. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois). Leur nature et teneur varient largement d'une espèce à l'autre (Grolier *et al.*, 2001). Ils sont caractérisés par la présence d'au moins deux groupes phénoliques associés en structures plus ou moins complexes. Ces composés sont des métabolites secondaires des plantes. Les polyphénols prennent une importante croissance grâce à leur effet bénéfique sur la santé. En effet, leur rôle d'antioxydant naturel suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement de certaines maladies tels que le cancer, les maladies inflammatoires (Bruneton, 1999).

1.4.1.1 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes (figure 3) sont des molécules poly-substituées ubiquitaires chez les plantes, formés à partir des acides aminés aromatiques phénylalanines, tyrosine et du malonate. La structure de base de flavonoïde est le noyau flavane, qui se compose de 15 atomes de carbone disposés en trois cycles (C6-C3-C6) qui sont nommés cycle A, cycle B et cycle C (Stalikas, 2007). Les flavonoïdes jouent un rôle très important dans la croissance des plantes, la floraison, la fructification et la défense contre les maladies et les microorganismes. Ils ont également un

rôle très important pour la santé humaine. On attribue aux flavonoïdes des propriétés variées : anti-oxydante, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, oestrogénique (Bors *et al.*, 1998).

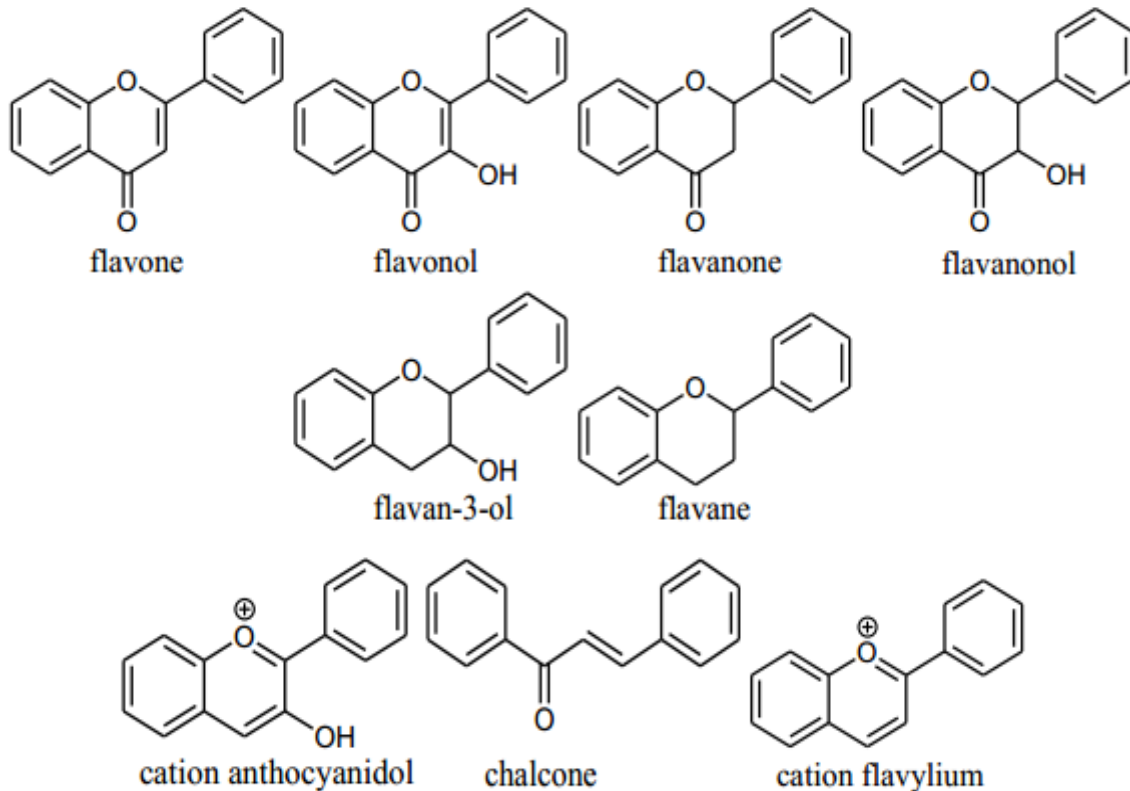


Figure 3 : Exemple de quelques flavonoïdes

1.4.1.2 Les tanins

Les tanins ont des propriétés anti-oxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires (Santos-Buelga & Scalbert, 2000). Leur aptitude à piéger les radicaux libres pourrait réduire le risque de maladies cardio-vasculaires et de cancer (Santos-Buelga & Scalbert, 2000). Ce sont des substances phénoliques de haut poids moléculaire, utilisées depuis l'antiquité par l'homme pour le traitement des peaux à cause de leur capacité à se lier aux protéines et à les précipiter. Ils ont une saveur amère et astringente due à la précipitation des protéines salivaires (Guignard, 1985). Ils peuvent parfois se lier aux alcaloïdes (Paris, 1981). Du point de vue chimique, les tanins peuvent être classés en tanins hydrolysables (gallotanins et ellagitanins) et en tanins condensés (TCs) (proanthocyanidines). Les tanins hydrolysables sont des combinaisons d'esters d'acide

gallique ou d'acide ellagique (figure 4) et d'une partie non phénolique (glucose, acide quinique) (Sarni-Manchado & Cheynier, 2006).

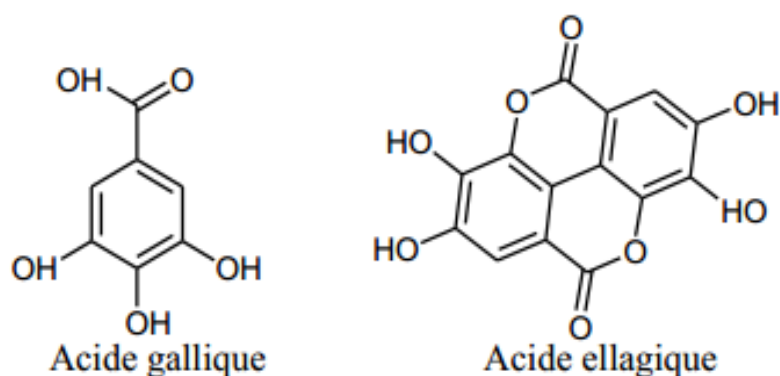


Figure 4 : Structure de l'acide gallique et de l'acide ellagique.

Les tanins condensés (Figure 5) encore appelés proanthocyanidines, sont des oligomères ou polymères de flavan-3-ols qui ont la propriété de libérer des anthocyanes en milieu acide, à chaud, par rupture de la liaison inter-monomérique (Sarni-Manchado & Cheynier, 2006). Leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation et leur nombre de substituant galloylé (Souquet *et al.*, 1996).

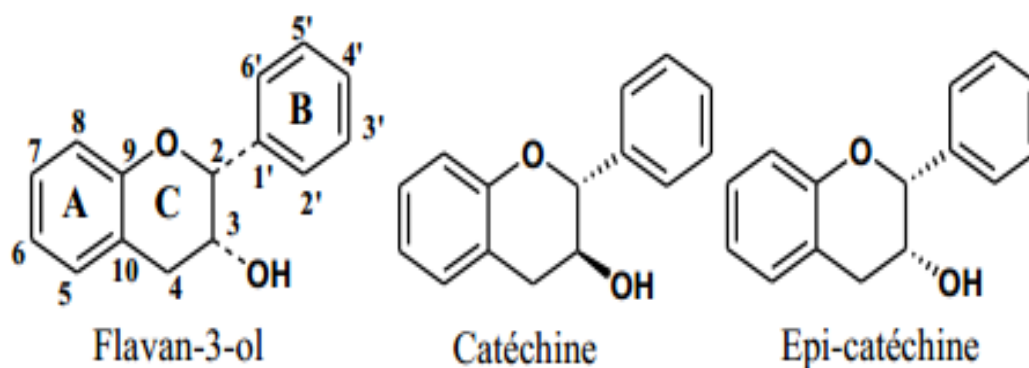


Figure 5 : Structures de base des tanins condensés

Les unités de flavan-3-ol sont liées entre elles par des liaisons carbone-carbone de type 4-8 ou de type 4-6.

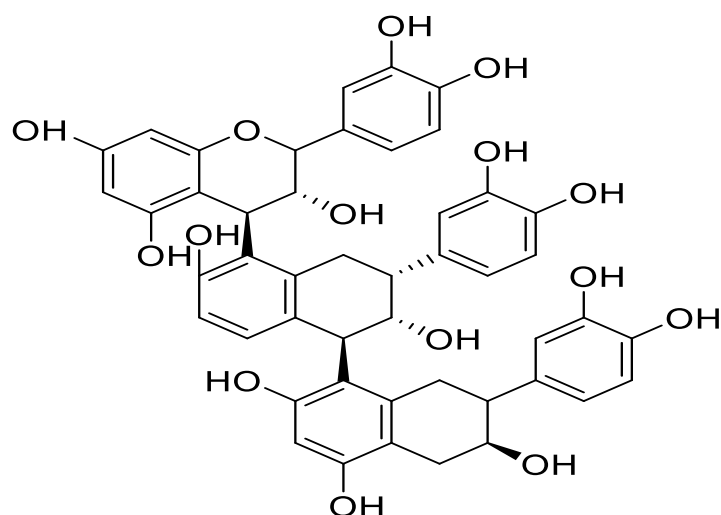


Figure 6: Exemple de structure d'un trimer de type 4-8

1.4.1.3 Les Coumarines

Les coumarines (figure 7) qui sont aussi les dérivés de C6-C3, appartiennent au groupe des composés connus par des benzo- α -pyrones (O'Kennedy & Thornes, 1997) et toutes sont substituées en 7 par un hydroxyle. Elles se trouvent dans la nature soit à l'état libre ou bien combiné avec des sucres. Elles sont responsables de l'odeur caractéristique du foin (Cowan, 1999).

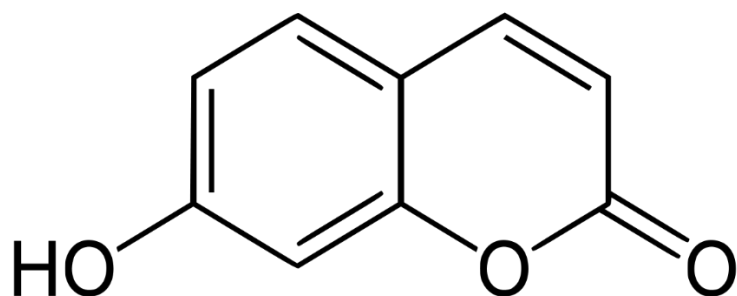


Figure 7 : L'ombelliférone.

1.4.1.4 Les Quinones

Ce sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques avec deux substitutions cétoniques. Elles sont caractérisées par un motif 1,4-dicéto cyclohexa 2,5- diénique (para-quinones) ou, éventuellement, par un motif 1,2-dicéto cyclohexa-3,5- diénique (ortho-quinones) (Bruneton, 1993). Elles sont ubiquitaires dans la nature, principalement dans le règne végétal et sont fortement réactives (Cowan, 1999).

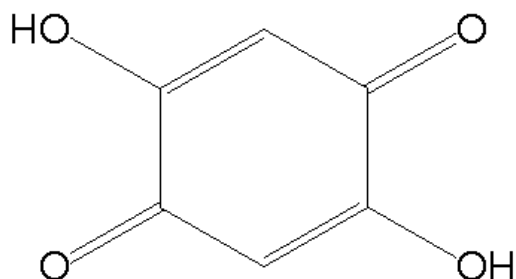


Figure 8 : 2,5-dihydroxybenzo-1,4-quinone

1.4.1.5 Les Anthocyanines

Les anthocyanines sont des composés phénoliques d'origine naturelle responsable de la couleur de nombreuses fleurs, fruits et baies. Ils sont glycosylés, poly-hydroxylés (figure 9) et ont une large distribution dans le règne végétal (Longo *et al.*, 2005 ; Qin *et al.*, 2010). L'intérêt pour ce type de pigment a augmenté essentiellement en raison de leur possible utilisation comme colorant naturel. A cause de leur hydro-solubilité ils peuvent être en effet bénéfique pour la santé comme agents anti-inflammatoires et agents antioxydants (Longo *et al.*, 2005).

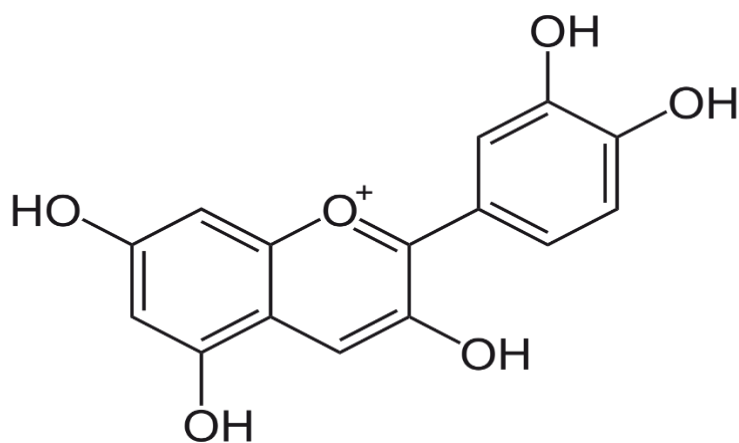


Figure 9 : structure chimique de la cyanidine

1.4.1.6 Les Anthraquinones

Les anthraquinones (Figure 10) sont structurellement apparentées à l'anthracène et possèdent le noyau de 9,10-anthracène. Ils sont parfois appelés 9,10-dioxoanthracène. Les anthraquinones se présentent généralement sous leurs formes glycosidiques.

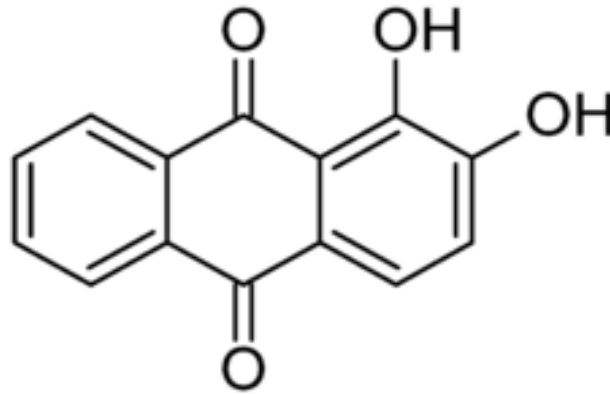


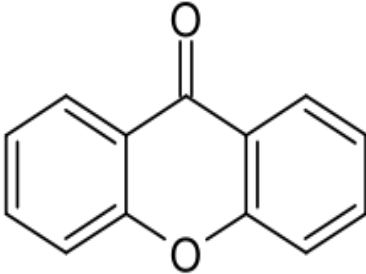
Figure 10: 1,2-dihydroxyanthraquinone

Ces composés donnent de la couleur aux plantes et ont été largement utilisés comme colorants naturels. En outre, ils sont également utilisés comme laxatifs et possèdent des activités antifongiques (Wuthi-udomlert *et al.*, 2010) et antivirales (Barnard *et al.*, 1995) anticancéreux (Huang *et al.*, 2007), anti-inflammatoires (Davis *et al.*, 1986), antibactériennes (Fosso *et al.*, 2012).

1.4.2 Les xanthones

Le mangoustan est une source abondante de xanthones. Ces composés sont des métabolites secondaires ayant une structure chimique contenant un tricycle aromatique (Pratiwi *et al.*, 2017), et sont présents dans certaines familles de plantes supérieures, de champignons et de lichens (Peres *et al.*, 2000 ; Vieira & Kijjoa, 2005). Les mangostines, sont des principes actifs isolés de *Garcinia mangostana* et sont responsables des activités antioxydantes du mangoustan. En plus d'agir comme des antioxydants, les xanthones du mangoustan jouent également un rôle d'agent pharmacocinétique, anti-obésité, antiparasite, anti-inflammatoire, antiallergique, (Brahim *et al.*, 2016), anticancéreux (Shan *et al.*, 2011 ; Muchtaridi *et al.*, 2017) et aussi antibactérien (Priya *et al.*, 2010). Le noyau de la xanthone (Tableau III) est connu sous le nom de 9-xanthénone ou dibenzo- γ -pyrone et il est symétrique (Pinto *et al.*, 2005). Des xanthones ont été isolées du péricarpe, du fruit entier, de l'écorce, et de feuilles de Mangoustan. Selon Nabandith *et al.* (2014), l' α - mangostine (Tableau IV) et la γ - mangostine (Tableau V) sont les composés les plus abondants du péricarpe du mangoustan respectivement 77,8% et 15,9%.

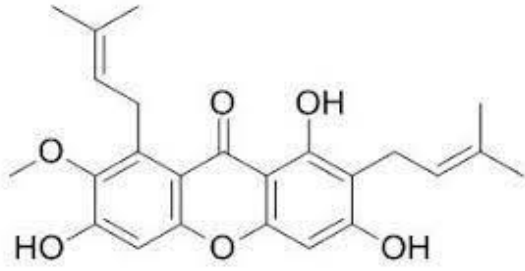
Tableau III : Caractéristique physico-chimique de la xanthone (Pubchem, 2021)

Nom	Xanthone
Formule brute	$C_{13}H_8O_2$
Structure	
Nomenclature	Xanthen-9-one
Masse molaire (g/mol)	196,2
Point d'ébullition (°C)	351
Point de fusion (°C)	174
Apparence	Solide

1.4.2.1 L' α -mangostine

L' α -mangostine est un membre de la classe des xanthonés qui est le 9H-xanthène substitué par un groupe hydroxy en position 1,3 et 6, un groupe méthoxy en position 7 un groupe oxo en position 9, et des groupes prényliques en position 2 et 8. Il est isolé du péricarpe du mangoustan et présente des activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-tumorales (Nakagawa *et al.*, 2007). Il a un rôle d'agent antinéoplasique, d'agent antimicrobien, d'antioxydant et de métabolite végétal. Mishima *et al.* (2013) ont rapporté que l' α -mangostine est le plus abondant des xanthonés du péricarpe du mangoustan.

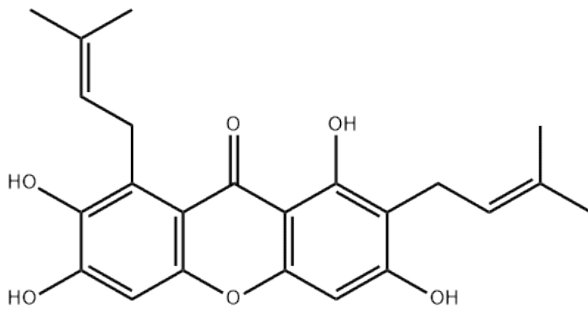
Tableau IV : Caractéristique physico-chimique de l' α -mangostine (Pubchem, 2021).

Nom	alpha-mangostine
Formule brute	$C_{24}H_{26}O_6$
Structure	
Nomenclature	1,3,6-trihydroxy-7-méthoxy-2,8-bis(3-méthylbut-2-ényl)xanthène-9-one
Masse molaire (g/mol)	41,5
Solubilité	Soluble dans le méthanol
Point de fusion (°C)	180-181°C
Apparence	solide

1.4.2.2 La γ - mangostine

La γ - mangostine est un composé organique de formule brute $C_{23}H_{24}O_6$ qui fait partie de la classe des xanthonés qui est la 9h-xanthène substituée par le groupe hydroxy aux positions 1, 3, 6 et 7, un groupe oxo à la position 9 et les groupes prényliques aux positions 2 et 8. Isolé du péricarpe de *Garcinia mangostana*, il présente des propriétés biologiques et pharmacologiques (Shan *et al.*, 2011). Il a un rôle en tant qu'agent antinéoplasique, inhibiteur de la protéine kinase et est un métabolite végétal. C'est un membre des xanthonés et un membre des phénols (Pubchem, 2021).

Tableau V: Caractéristiques physico-chimiques de γ - mangostine (Pubchem, 2021).

Famille	Xanthone
Nom	Gamma-mangostine
Formule brute	$C_{23}H_{24}O_6$
Structure	
Nomenclature	1,3,6,7-tétrahydroxy-2,8-bis(3-méthylbut-2-ényl)xanthène-9-one
Masse molaire (g/mol)	396,4
Point de fusion (°C)	207
Description physique	Solide

1.4.2.3 Potentiel thérapeutique des xanthones α et γ -mangostine de *Garcinia mangostana*

α et γ -mangostine sont des composés bioactifs présents dans le mangoustan qui pourraient contribuer aux nombreux effets biologiques bénéfiques du mangoustan, notamment des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et chimio-préventives (Chang & yang, 2012). Selon Suksamrarn *et al.* (2006), γ et α -mangostine sont utilisés en médecine traditionnelle pour le traitement des douleurs abdominales, diarrhée, dysenterie, infection des plaies, et les ulcères chroniques.

1.4.2.4 Potentiel de α et γ -mangostine dans l'inversion sexuelle du Tilapia

Le mangoustan connu pour ces propriétés biologiques et pharmacologiques a longtemps été utilisé pour traiter les infections cutanées, les plaies et les diarrhées en Asie du Sud-Est. Il contient des composés antioxydants et anti-inflammatoires (Pierce, 2003). De plus, dans une

étude de traitement des cellules (SK-BR-3) de cancer du sein, α -mangostine, et γ -mangostine ont montré des taux d'inhibition élevés de l'aromatase (Marcy *et al.*, 2008). Cette inhibition de l'aromatase, nous emmène donc à émettre l'hypothèse que cette enzyme inhibe la conversion des androgènes en œstrogènes dans les cellules gonadiques du Tilapia et par conséquent favoriser le phénotype mâle.

1.5 Technique d'extraction des métabolites secondaires

Les procédés d'extraction les plus courants sont : l'infusion, la décoction et la macération.

1.5.1 Infusion

C'est une méthode d'extraction des principes actifs qui consiste à faire bouillir une certaine quantité d'eau. Dès le début de l'ébullition, on retire le récipient de la source de chaleur et on y ajoute une quantité de plante et on laisse refroidir pendant 10 à 20 minutes (Sofowora, 2001).

1.5.2 Décoction

C'est une méthode d'extraction des principes actifs et/ou des arômes d'une préparation généralement végétale par dissolution dans l'eau bouillante. Elle s'applique généralement aux parties les plus dures des plantes : racines, graines, écorce, bois. Elle est utilisée en herboristerie, en teinturerie, en brasserie et en cuisine (Pierre & Lis, 2007).

1.5.3 Macération

La macération est une opération qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante (Lagnika, 2005 ; Djabou, 2006). La macération permet d'éviter l'altération d'espèces chimiques organiques fragiles qui peuvent à température plus élevée réagir et se dégrader (par réaction avec d'autres espèces du milieu chimique, par hydrolyse, ou par oxydation au contact de l'air) (Chaaben *et al.*, 2015).

1.6 Facteurs influençant le processus d'extraction des métabolites secondaires






Il existe plusieurs facteurs qui contribuent à l'efficacité et à l'efficience du processus d'extraction, tels que les types de solvants et l'indice de polarité (Do *et al.*, 2014), le temps d'extraction, la concentration et le rapport de solvants, la température, et la taille des particules de la matrice solide (Ballesteros *et al.*, 2014). Les facteurs les plus influençant sur la quantité

de substance bioactive extractible est le type de solvant et le temps d'extraction (Yeo *et al.*, 2014). En effet, les xanthones sont naturellement insolubles dans l'eau et donc difficiles à extraire à partir de l'eau. Par contre, elles sont solubles dans des solvants organiques de polarité modérée comme l'acétone, l'éthanol, le méthanol et l'acétate d'éthyle (Chhouk *et al.*, 2015).

1.7 Caractéristiques de quelques solvants organiques

Le tableau VI ci-dessous donne quelques caractéristiques de certains solvants utilisés pour des extractions solide-liquide.

Tableau VI : Caractéristiques de certains solvants organiques (Pubchem, 2021).

Solvants	Index de polarité	Chaleur de vaporisation	Chaleur de combustion	Température d'ébullition	Sécurité chimique
Acétone	5,1%	29,10KJ/mol à 56,05°C ; 30,99KJ/mol à 25°C	Liquide = 1789KJ/mol	55,75°C	 Flammable Irritant
Ethanol	5,2%	42,32KJ/mol à 25°C	1336,8KJ/mol à 25°C	78,2°C	 Flammable
Dichloro méthane	3,1%	28,82KJ/mol à 25°C	2882KJ/mol	40°C	 Health Hazard
Acétate d'éthyle	4,4%	35,60KJ/mol à 25°C	2238,1KJ/mol	77,1°C	 Flammable Irritant
Méthanol	5,1%	37,34KJ/mol à 25°C	726,1KJ/mol	64,7°C	 Flammable Acute Toxic Health Hazard

hexane	0,1%	31,56KJ/mol à 25°C	4163,2KJ/mol	68,7°C
---------------	------	-----------------------	--------------	--------



PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est essentiellement constitué du péricarpe du fruit du *Garcinia mangostana* (Figure 11).



Figure 11: Péricarpe du mangoustan séché et broyé

2.1.2 La récolte

Les péricarpes du fruit de mangoustan (Figure 12) ont été obtenus à partir de fruits frais achetés au marché des fruits de la commune d'Azaguié (Figure 13).



Figure 12 : Péricarpes du fruit *G.mangostana*



Figure 13 : Marché de fruits d'Azaguié

2.1.3 Le séchage

Les fruits ont été nettoyés et la partie comestible a été enlevée. Les péricarpes des fruits ont été coupés en petits morceaux et séchés dans une étuve à 50 °C pendant 72 heures (Békro *et al.*, 2007).

2.1.4 Le broyage

Les échantillons séchés ont été réduits en poudre, puis passés à travers un tamis. Les échantillons ont été conservés séparément dans des récipients hermétiques et protégés de la lumière jusqu'à leur utilisation (Békro *et al.*, 2007).

2.2 Matériel de laboratoire

Il est constitué de matériel physique et de matériel chimique.

2.2.1 Matériel physique

Le matériel physique est composé :

- d'une broyeuse électrique ;
- des agitateurs magnétiques ;
- des erlenmeyers ;
- des bocaux ;

- une balance analytique ;
- une étuve ;
- un tamis ;
- d'une spatule ;
- de la verrerie ;
- d'une calotte.

2.2.2 Matériel chimique

Le matériel chimique est composé :

- de solvants organiques (l'éthanol, l'acétone, le méthanol, l'acétate d'éthyle, le dichlorométhane),
- l'acide chlorhydrique (HCl),
- le chlorure de Fer (III) (FeCl_3),
- la soude (NaOH),
- l'acétate de plomb $\{\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2\}$,
- l'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH),
- l'hydroxyde de potassium (KOH).
- eau distillée ;

2.3 METHODES

2.3.1 Détermination des caractéristiques physiques du fruit de *Garcinia mangostana* (poids total, poids du péricarpe, poids de la pulpe, humidité, matière sèche)

2.3.2 Détermination du poids du fruit entier, du péricarpe et de la pulpe du mangoustan

Le poids du fruit entier du fruit de *Garcinia mangostana* a été pesé à l'aide d'une balance numérique ainsi que son péricarpe et sa pulpe. L'expérience a été réalisée avec seize (16) échantillons différents.



Figure 14 : Pesée du mangoustan à l'aide d'une balance électronique (OHAUS)

Le pourcentage du péricarpe et de la pulpe du fruit de *Garcinia mangostana* est déterminé par les relations suivantes :

$$\text{PPu}\% = (\text{masse de la pulpe} / \text{masse du fruit entier}) \times 100.$$

$$\text{PP}\% = (\text{masse du péricarpe} / \text{masse du fruit entier}) \times 100.$$

2.3.3 Détermination du taux d'humidité et de matière sèche

Le taux d'humidité (TH) de chaque échantillon a été déterminé selon la méthode AOAC (1990). Une masse 5g (PE) a été pesée dans des creusets en porcelaine préalablement tarés. L'ensemble creuset et échantillon (M1) a été porté à l'étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante (pendant 24 h). Au bout du temps de séchage, le creuset retiré de l'étuve a été mis au dessiccateur pour le refroidissement avant d'être pesé (M2). Les taux d'humidité (TH) et de matière sèche (TMS) ont été déterminés à partir des relations mathématiques suivantes :

$$\text{TH (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{PE}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{(TMS) (\%)} = 100 - \text{TH (\%)} \quad (2)$$

PE : Prise d'essai

2.4 Etude phytochimique des extraits du péricarpe du fruit de mangoustan

2.4.1 Technique d'extraction des métabolites secondaires

Le principe de l'extraction consiste à traiter un mélange homogène ou non de solides ou de liquides par un solvant pur dans le but d'en extraire un ou plusieurs constituants. Deux types d'extractions sont souvent combinés: l'extraction liquide-liquide et l'extraction solide-liquide. Le type d'extraction dont nous avons eu recours dans nos travaux est l'extraction solide-liquide.

2.4.2 Extraction par macération

Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Hamia *et al.* (2014), avec quelques modifications.

- Peser 5 g de la matière végétale (poudre du péricarpe du fruit de mangoustan)
- mélanger dans un erlenmeyer de 500 mL, 5 g de broyat dans 200 mL de solvant organique (éthanol, acétone, méthanol, acétate d'éthyle, dichlorométhane)
- Le mélange est mis sous agitation pendant 24 heures à température ambiante.

2.4.3 Filtration

La solution obtenue est filtrée avec un coton hydrophile. Une partie de cet extrait est évaporée et mis à l'étuve afin de sécher notre extrait et l'autre partie a servi à la caractérisation des familles des composés.

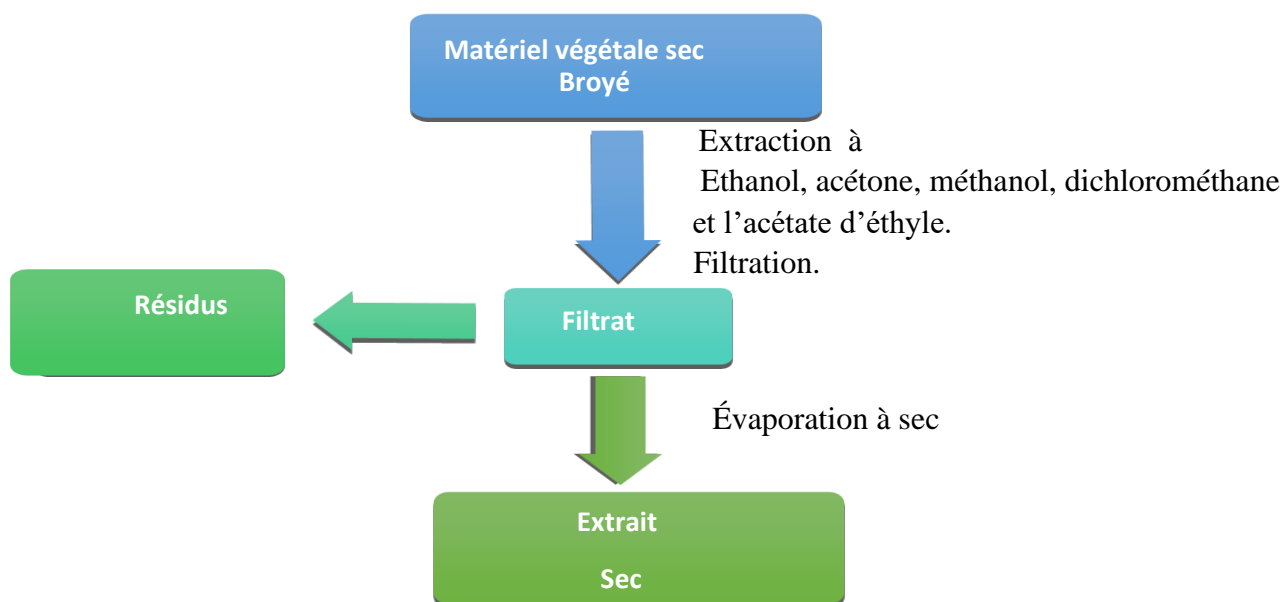


Figure 15 : Processus d'extraction solide-liquide

2.5 Détermination du rendement

Dans cette étude, le rendement (l'extrait sec, obtenu après évaporation et séchage à l'étuve, contenant les flavonoïdes, les composés phénoliques...) a été déterminé par rapport à 5 g de la matière végétale (broyat). Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids des bocaux plein (après évaporation et séchage) et le poids des bocaux vides (Mohammedi, 2006).

$$R\% = \frac{\text{Masse d'extrait sec}}{\text{Masse de la matière végétale}} \times 100$$

2.6 Screening phytochimique

Le screening phytochimique permet d'avoir une idée générale sur les différentes familles de métabolites secondaires présents dans les extraits de plante, sans toutefois renseigner sur la structure d'une molécule. De ce fait, le screening constitue seulement un guide pour la séparation et l'isolement. Il est basé sur deux types de réaction :

- Les réactions de précipitation (formation de complexe insoluble)
- Les réactions de coloration (Formation de complexe coloré)

Ce sont des tests dont le résultat positif consiste en l'apparition de coloration ou de précipité spécifique caractéristique des classes de métabolites secondaires, à l'aide de réactifs appropriés (Harbone, 1999).

2.7 Détection des composés chimiques

Les tests phytochimiques sont des techniques qui permettent de déterminer les différents groupes chimiques contenus dans un organe végétal. Ce sont des réactions physicochimiques qui peuvent identifier la présence des substances chimiques. Il existe plusieurs groupes phytochimiques, dont les principaux sont : Les alcaloïdes, Les composés polyphénoliques (flavonoïdes, anthocyanes, tanins, quinones, les coumarines, xanthones...etc.) (González-Gallego *et al.*, 2007), les minéraux (Iserin *et al.*, 2001), les vitamines.

2.7.1 Détection des composés phénoliques (réaction avec FeCl_3)

Elle se réalise à partir de 2 mL de l'extrait de la poudre du péricarpe du fruit de mangoustan qui seront réparties dans des tubes étiquetés, puis on ajoute une goutte de solution aqueuse de chlorure ferrique (FeCl_3) à 2%, la lecture se fera en quelques minutes, qui montrera des polyphénols par l'apparition d'une couleur bleu-noirâtre ou verte (Békro *et al.*, 2007).

2.7.2 Test des Flavonoïdes

Cette réaction a été effectuée selon le protocole décrit par Békro *et al.* (2007) en y apportant quelques modifications : Le Protocole expérimental pour tester la présence de flavonoïde est le suivant : Dans un tube à essai contenant 2 mL d'extrait, sont ajoutés 3 à 5 gouttes d'une solution d'acétate de plomb basique à 10 m/v. L'apparition d'une coloration jaune orangée indique la présence de flavonoïdes.

2.7.3 Test des tanins

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant à 2 mL d'extrait de la poudre du péricarpe du fruit, 1 mL d'eau distillée et 2 à 3 gouttes de solution de FeCl_3 à 1%. Une coloration bleu-noirâtre indique la présence des tanins galliques, et une coloration vert-noirâtre, la présence des tanins catéchiques (Dohou *et al.*, 2003 ; Diallo *et al.*, 2004).

2.7.4 Test des coumarines

A 10 gouttes d'une solution de KOH à 10% sont additionnées à 3-5 mL d'extrait végétal. Le mélange est chauffé au bain-marie. Ensuite, sont ajoutés 5 à 10 mL d'eau distillée et la masse réactionnelle est vigoureusement agitée. La solution obtenue est neutralisée avec une solution

de HCl à 10% jusqu'à obtenir une solution acide. Si à cet effet, l'on observe un trouble ou une précipitation, alors la présence de coumarines est confirmée (Békro *et al.*, 2007).

2.7.5 Mise en évidence des quinones

Dans un tube à essai contenant 2 mL de l'extrait, on ajoute 0,5 mL d'une solution de soude (NaOH) à 10%. L'apparition d'une coloration jaune, rouge ou violette indique la présence des quinones (Békro *et al.*, 2007).

2.7.6 Mise en évidence des anthocyanes

A 1ml d'extrait contenu dans un tube à essai, on ajoute 1ml d'une solution d'hydroxyde de potassium (KOH) et 1 mL d'une solution d'acide chlorhydrique (HCl). Le mélange obtenu est ensuite plongé dans un bain marie. Une coloration rouge, bleue, violette ou jaune indique la présence des anthocyanes (Békro *et al.*, 2007).

2.7.7 Test de détection d'anthraquinones

La coloration de la solution vire au jaune lorsque, dans le tube à essai contenant 2 mL de l'extrait, on ajoute 5 mL de l'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) à 10%.

2.7.8 Test de mise en évidence des xanthones

Ce test a été effectué selon le protocole décrit par Kumar *et al.* (2018) en y apportant quelques modifications :

- Dans 200 mL d'un solvant organique est ajoutée 5 g de matière végétale broyée ;
- Le mélange est agité pendant 2h qui comprennent une ébullition de 30 min ;
- Filtrer l'extrait sur un coton hydrophile.

À de 2 mL de l'extrait on ajoute quelques gouttes de solution aqueuse de chlorure ferrique (FeCl₃) à 2%, l'apparition d'une couleur bleu-noirâtre ou verte montrera la présence des xanthones (Békro *et al.*, 2007).

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 Détermination des caractéristiques physiques du fruit de *Garcinia mangostana* (poids total, poids du péricarpe, poids de la pulpe, humidité, matière sèche)

3.1.2 Taux d'humidité et de matière sèche

D'après le tableau ci-dessous, le péricarpe du fruit de mangoustan enregistre un taux élevé d'eau (61,17%) et un taux de matière organique de l'ordre de 38,3%.

Tableau VII : Taux d'humidité et de matière sèche

	Creusets	Creuset		Humidité %	Humidité moyenne %	Matière sèche %
		+ échantillon (g)	+ échantillon après étuvage (g)			
1	39,29	44,29	40,99	66 %	61,17 %	38,3 %
2	45,96	50,96	48,09	57,4 %		

3.1.3 Détermination du poids du fruit entier et du péricarpe du fruit de mangoustan

Nous obtenons un poids moyen en fruit entier de 92,405 g, un poids moyen du péricarpe et de la pulpe respectivement 77,365625 g et 13,2925 g. La proportion du péricarpe du fruit de mangoustan est environ 4/5 et celui de la pulpe est 1/5 du fruit total Soit 84,34% pour le péricarpe et 13,89% pour la pulpe. Le Tableau VIII ci-dessous présent le résultat des différents échantillons (fruit entier, péricarpe et pulpe) pesés.

Tableau VIII : Résultat des différentes opérations réalisées sur les échantillons du fruit de *Garcinia mangostana*

échantillons	Poids du fruit entier (g)	Poids du péricarpe (g)	Poids de la pulpe	Rapport PP/PF %	Rapport Pu/Pf %
1	104,75	77,07	24,77	73,575179	23,646778
2	122,63	98,66	19,82	80,453396	16,16244
3	101,18	72,93	25,97	72,079462	25,667128
4	100,73	83,52	14,5	82,914723	14,394917
5	89,18	75,93	12,11	85,142409	13,579278
6	89,07	73,17	15,17	82,148872	17,031548
7	98,64	84,69	13,08	85,857664	13,260341
8	82,84	73,86	7,4	89,159826	8,9328827
9	100,09	83,06	16,11	82,985313	16,095514
10	52,46	49,45	3,91	94,262295	7,4532978
11	93,96	75,72	15,13	80,587484	16,102597
12	77,54	68,65	7,81	88,53495	10,072221
13	90,99	82,27	8,61	90,416529	9,4625783
14	97,83	81,37	14,1	83,174895	14,412757
15	99,56	89,13	8,33	89,523905	8,366814
16	77,03	68,37	5,86	88,757627	7,6074257
moyenne générale	92,405	77,365625	13,2925	84,348408	13,890532

PP : Poids du péricarpe

Pu : Poids de la pulpe

PF : poids du fruit entier

3.2 Etude phytochimique des extraits du péricarpe du fruit de mangoustan

3.2.1 Screening phytochimique dans l'éthanol, l'acétate d'éthyle, le Dichlorométhane, l'Acétone et le Méthanol.

Les tests phytochimique effectués dans notre étude visent à montrer la présence de certains composés tels que les flavonoïdes, les tanins, les quinones, les anthraquinones, les coumarines, les anthocyanes et les xanthones. Ces composés jouent un rôle important à la fois pour la plante elle-même et pour la santé humaine. D'après les résultats du Tableau IX nous remarquons que dans l'acétate d'éthyle les anthraquinones sont absentes, les xanthones, les quinones, les anthocyanes et les coumarines sont moyennement présents, par contre les flavonoïdes, les tanins et les composés polyphénoliques ont montré une forte présence. Dans le dichlorométhane, le test phytochimique a montré une présence moyenne des coumarines. Les flavonoïdes, les tanins, les quinones, les anthocyanes et les xanthones sont absentes, alors que nous avons une très faible présence de composés polyphénoliques et des anthraquinones. L'extraction avec l'éthanol a montré une très forte présence de composés polyphénoliques, de flavonoïdes, de tanins et de xanthone. Les coumarines, les quinones et les anthocyanes ont montrés une présence moyenne tandis que les anthraquinones étaient pratiquement absentes. Ensuite, Les tests phytochimique dans l'acétone ont montré une présence importante des composés polyphénoliques, des flavonoïdes des tanins et des xanthones. On note aussi une faible présence des coumarines, des anthraquinones et des anthocyanes par contre les quinones sont absentes. De plus, l'extrait au méthanol a montré une forte présence des composés polyphénoliques, des flavonoïdes, des tanins et des xanthones. Cependant, les coumarines, les anthocyanes et les anthraquinones sont faiblement présents. Enfin, nous constatons que Les composés polyphénoliques (Flavonoïdes, tanins et les xanthones) sont plus présents dans les solvants organiques tels que l'éthanol, le méthanol, l'acétate d'éthyle et l'acétone.

Tableau IX : Test phytochimique dans les solvants organiques (Acétone, Ethanol, Dichlorométhane, Acétate d'Ethyle, Méthanol).

Métabolites secondaires	Solvants				
	Acétate d'Ethyle	Dichlorométhane	Ethanol	Acétone	Méthanol
Les composés polyphénoliques	+++	-	+++	+++	+++
Flavonoïdes	+++	-	+++	+++	+++
Tanins	+++	-	+++	+++	+++
Coumarines	++	++	++	+	++
Quinones	++	-	+	-	+
Anthocyanes	++	-	+	+	+
Anthraquinones	-	+	+	+	+
xanthones	++	-	+++	+++	+++

+++ : Présence en forte quantité

++ : Présence en moyenne quantité

+ : Présence en faible quantité

- : Absence

3.2.2 Rendement en extrait totaux par macération dans les solvants organiques (Ethanol, Méthanol, Acétate d'éthyle, Dichlorométhane, Acétone).

Le tableau ci-dessous nous révèle le rendement d'extraction dans l'éthanol, le méthanol, l'acétate d'éthyle, le dichlorométhane et l'acétone. Le rendement des différentes fractions varie entre 2,8% et 37,2%. Le rendement le plus élevé est obtenu dans l'acétate d'éthyle, avec un taux de 37,2% et le plus faible a été obtenu dans le dichlorométhane (2,8%).

Tableau X : Résultat du rendement d'extraction.

Solvants	Poids de la poudre avant extraction (g)	Poids de la poudre après extraction (g)	Rendement %
Ethanol	5	0,62	12,4%
Méthanol	5	0,55	11%
Acétate d'Ethyle	5	1,86	37,2%
Dichlorométhane	5	0,14	2,8%
Acétone	5	1,15	23%

3.3 DISCUSSION

La détermination des caractéristiques physique du fruit de mangoustan issue d'Azaguié (Côte d'Ivoire) nous a permis de trouver que le péricarpe et la pulpe du fruit de *Garcinia mangostana* représentaient respectivement 84,34% et 13,89% du fruit. Ce qui montre que la grande partie de la masse du fruit se trouve concentrée dans le péricarpe. Ce résultat se rapproche de celui de Chaovanalikit *et al.* (2012) ; Yin *et al.* (2013). Leurs travaux ont révélé que le péricarpe (pelure) du fruit du mangoustancier (*Garcinia mangostana*) est constitué de 65% du fruit appelé mangoustan et 31% de pulpe. Cependant, la différence des valeurs pourrait s'expliquer soit par des erreurs occasionnées lors de la pesée, soit par période de récolte (temps de récolte, le degré de maturation du fruit..), soit la zone géopédologique ou géoclimatologiques (lieu de culture, nature du sol, climat...). En effet, Le mangoustancier exige un climat chaud à forte humidité, un sol très frais, voire humide.

Le taux d'humidité et de la matière sèche dans le péricarpe du fruit de *Garcinia mangostana* donne respectivement 61,17% et 38,3%. La teneur en humidité d'un ingrédient alimentaire est important parce qu'elle affecte le poids de l'aliment, mais n'apporte pas de valeur nutritive à la consommation. Par contre, La teneur en matière sèche permet d'avoir une idée de la concentration en nutriment (Ayoola *et al.*, 2006). Cependant nous n'avons pas trouvé de littérature concernant le taux d'humidité et de matières sèche du *Garcinia mangostana* pour les comparer à nos résultats.

Le screening phytochimique montre que le péricarpe du fruit de mangoustan contient des métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les tanins, les coumarines, les anthocyanes, les anthraquinones, les xanthonnes et les polyphénols. Ce résultat concorde avec celui effectué par Pothitirat *et al.* (2009), lors de l'étude sur les caractéristiques du péricarpe de *Garcinia mangostana* comme antioxydant naturel. Ils ont évalué la composition chimique (α -mangostine, polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins) du péricarpe du mangoustan provenant d'Indonésie et de l'Inde. Ils ont constaté que le péricarpe du mangoustan contient les teneurs les plus élevées en polyphénols, flavonoïdes, tanins et en xanthonnes. La composition chimique du fruit de mangoustan issue de la Côte d'Ivoire (Azaguié) aurait donc une composition chimique se rapprochant de celle d'Indonésie et l'Inde. Nous pouvons donc affirmer que la différence du site de récolte, l'environnement de la plante, le type de sol n'affectent pas la composition chimique du mangoustan. De plus, parmi les solvants organiques utilisés lors de notre étude, seul l'acétate d'éthyle, l'éthanol, l'acétone et le méthanol ont pu extraire la majorité des composés recherchés. Les résultats du Tableau IX et X nous ont permis de montrer que

l'acétate d'éthyle est le meilleur solvant pour produire l'extrait brut du péricarpe du fruit de mangoustan avec un rendement de 37,2%. Les résultats de la présente étude confirment ceux d'une étude antérieure selon laquelle le rendement de l'extraction est influencé par la polarité du solvant (Zazouli *et al.*, 2016). L'indice de polarité des solvants utilisés dans l'étude était de 5,2 % dans l'éthanol, 5,1 % dans l'acétone, 4,4 % dans l'acétate d'éthyle, 5,1 % dans le méthanol, 3,1% dans le dichlorométhane. L'éthanol et l'acétone présentaient un indice de polarité élevé (5,2% et 5,1%), mais le rendement en métabolites secondaires était faible. En revanche, l'acétate d'éthyle présentait un indice de polarité (4,4%) et un rendement élevé. Ce résultat est en accord avec celui de Selvaraj *et al.* (2016). Ils ont effectué l'extraction des métabolites secondaires du péricarpe du fruit de mangoustan dans des solvants organiques tels que le méthanol, l'acétate d'éthyle, le chloroforme et hexane. Ils ont constaté que l'extrait du péricarpe de mangoustan donnait un rendement maximal dans l'acétate d'éthyle. Il a été mis en évidence que la polarité modérée serait plus efficace pour produire l'extrait en poudre des métabolites secondaires du péricarpe de mangoustan. Ghasemzadeh *et al.* (2018), Ils ont également étudié les effets des solvants (dichlorométhane, éthanol, acétate d'éthyle) pour l'extraction des composés chimique du péricarpe du mangoustan (composés phénoliques, α -mangostine). L'acétate d'éthyle était le meilleur solvant qui a permis d'avoir la concentration la plus élevée de polyphénols. Aussi, l'étude de Chhouk *et al.* (2015) ont montré que les polyphénols en particulier les xanthones étaient solubles dans des solvants à polarité modérée. La présence des flavonoïdes et des xanthones a été rapporté par Mishima *et al.* (2013). La présence des tanins a été rapportée par Stalikas (2007). Ces classes de composés sont connues pour montrer une activité curative contre plusieurs agents pathogène, en particulier les xanthones (Suksamrarn *et al.*, 2006) et pourraient être utiliser en aquaculture dans le cadre du traitement des parasites fongiques et dans le cadre d'inversion sexuel du Tilapia. Cependant, d'après les tests phytochimiques l'éthanol, l'acétone et le méthanol semblent être des solvants adéquats pour l'extraction des composés polyphénoliques (xanthones). Le rendement d'extraits bruts réalisé dans chaque solvant nous a permis de montrer que l'acétate d'éthyle serait un solvant idéal pour produire l'extrait brut du péricarpe du fruit de mangoustan. De plus, du point de vue économique et écologique l'éthanol semble être le meilleur solvant d'extraction des xanthones. C'est un solvant facile d'accès et moins toxique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

De nos jours, l'utilisation des plantes médicinales en pharmacologie présente un grand intérêt dans la recherche biomédicale. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales présentent une source importante de substances et de composés bio-naturels actifs et d'autre part du besoin de rechercher une meilleure médication thérapeutique plus douce sans effets secondaires. L'objet de la présente étude se situe dans le cadre de la valorisation du potentiel du péricarpe du fruit de mangoustan à travers une étude phytochimique pour son utilisation en pisciculture. Ce fruit est utilisé en médecine traditionnelle et moderne pour le traitement des maladies telles que la diarrhée, le cancer du sein, les plaies, la tuberculose, le choléra ...etc. Le profilage phytochimique qualitatif du péricarpe du fruit a montré une présence des polyphénols, des flavonoïdes, des coumarines, des quinones, des anthocyanes, des tanins, des anthraquinones et des xanthones. Les extraits réalisés avec l'acétate d'éthyle, l'éthanol, l'acétone, le méthanol ont pu extraire la majorité des composés recherchés, sauf l'extrait au dichlorométhane. Nous avons constaté que la polarité des solvants jouait un rôle important dans l'extraction des phytocomposés. Le rendement d'extraction dans l'acétate d'éthyle, l'acétone, l'éthanol, le méthanol, et le dichlorométhane donne respectivement 37,2%, 23%, 12,4%, 11%, 2,8%. Le péricarpe de mangoustan extrait par macération dans l'acétate d'éthyle serait un moyen idéal d'extraction des phytocomposés. De plus, la grande partie de la masse du fruit se trouve concentrée dans le péricarpe avec une proportion de 4/5 du fruit total. L'analyse biochimie du péricarpe du fruit de mangoustan a montré un taux d'humidité et de matière sèche de 61,17% et 38,3% respectivement. Le fruit de mangoustan est un fruit se composant donc d'une quantité importante d'eau et une quantité moyenne de matière organique.

Cependant, ces travaux de recherches sont incomplets et méritent d'être approfondir avec des perspectives. Nous envisageons par la suite :

- doser les xanthones en utilisant la méthode spectrophotométrique UV-visible dans les cinq solvants (méthanol, dichlorométhane, éthanol, acétate d'éthyle, acétone) ;
- évaluer les effets d'extraits bruts du péricarpe du fruit de mangoustan dans la production d'alevins monosexes de Tilapia.
- évaluer l'effet des extraits du péricarpe du fruit de mangoustan dans le traitement des parasites fongiques du Tilapia.

REFERENCES

- Asai F., Iinuma M., Tanaka T. & Tosa H. (1995). A xanthone from pericarps of *Garcinia mangostana*. *Phytochemistry*, 39 : 943–944.
- AOAC. (1990). Official method of analysis, 15ed. Association of official analytical chemists, (Washington DC).
- Ayoola A.A., Yusuf O.A. & Oki G.D. (2006). Phytochemical screening and proximate analysis of *Newboulia laevis* and *Allium sativum*. *Nigerian journal of animal science*, 18(1) : 242-256.
- Ballesteros L.F., Teixeira J.A. & Mussatto S.I. (2014). Selection of the solvent and extraction conditions for maximum recovery of antioxidant phenolic compounds from coffee silverskin. *Food Bioprocess Technology*, 7:1322-1332.
- Barnard D.L., Fairbairn D.W., O'Neill K.L., Gage T.L. & Sidwell R.W. (1995). Activité du cytomégalo virus anti-humain et toxicité des anthraquinones sulfonées et des dérivés de l'anthraquinone. *Antiviral Research*, 28: 317– 329.
- Baroiller J. F., D'Cotta H. & Saillant E. (2009). Environmental effects on fish sex determination and differentiation. *Sexual Development*, (3): 118 - 135.
- Békro Y.A., Janat A., Békro M., Boua B., Trabi F.H. & Éhilé E. (2007). Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (baill.) Herend et Zarucchi (caesalpinaceae). *Sciences & nature*, 4 (2): 217 – 225.
- Bors W., Heller W. & Michel C. (1998). The chemistry of flavonoids. In Rice-Evans CA, Packer L (Eds). New York (USA), 1: 111-136.
- Bourdeaut J. & Moreuil C. (1970). Le mangoustanier et ses possibilités de culture en Côte d'Ivoire et à Madagascar. *Fruits*, 25(4) : 223-245.
- Brahim M.Y., Najihah M.H., Abdalbasit A.M., Syam M., Mahmood A.A. & Siddig I.A. (2016). α -Mangostine from *Garcinia mangostana* Linn: An updated review of its pharmacological properties. *Arabian Journal of chemistry*, 9 : 317-329.

- Bruneton J. (1993). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, France (Paris), 915 p.
- Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 3ème Edition Tec et Doc, Paris (France), 1120 p.
- Caius J. (2003). The Medicinal and Poisonous Plants of India. Scientific Publishers, India, 527 p.
- Chaaben H., Motri S. & Ben Selma Mohamed Z. (2015). Etude des Propriétés Physico-chimiques de l’Huile de Fruit de *Laurus nobilis* et Effet de la Macération par les Fruits et les Feuilles de *Laurus nobilis* sur les Propriétés Physico-Chimiques et la Stabilité Oxydative de l’Huile d’Olive. *Journal of new sciences Agriculture and Biotechnology*, (8): 873-880.
- Chang H.F. & Yang L.L. (2012). Gamma-mangostin, a micronutrient of mangosteen fruit, induces apoptosis in human colon cancer cells. *Molecules*, 17: 8010–8021.
- Chaovanalikit A., Mingmuang A., Kitbunluewit T., Choldumrongkool N., Sondee J. & Chupratum S. (2012). Anthocyanin and total phenolics content of mangosteen and effect of processing on the quality of Mangosteen products. *International Food Research Journal*, 19 : 1047-1053.
- Chhouk K., Quitain A.T., Gaspillo P.D., Maridable J.B., Sasaki M. & Shimoyama Y. (2015). Supercritical carbon dioxide-mediated hydrothermal extraction of bioactive compounds from *Garcinia mangostana* pericarp. *Journal of Supercritical Fluids*, 110:167-175.
- Chomnawang M.T., Sakagami S.S., Nukoolkarn V.S. & Gritsanapan, W. (2005). Antimicrobial effects of Thai medicinal plants against acne-inducing bacteria. *Journal Ethnopharmacol*, 101: 330-333.
- Cowan M.M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12 (4): 564-582.
- Cronquist A. (1981). An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York (USA), pp.248-250.

- Davis R., Agnew P. & Shapiro E. (1986). Activité antiarthritique des anthraquinones trouvées dans l'aloès pour la médecine podiatrice. *Journal of American Podiatric Medical Association*, 76(2) : 61– 66.
- Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K., & Maïga A. (2004). Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana Lam.* (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *CR Chimie*, 7 : 1073–80.
- Djabou N. (2006). *Sambucus Nigra L*, une plante de la pharmacopée traditionnelle Nord-Africaine. Mémoire de magistère en chimie Organique appliquée, Université Abou Bakr Belkaid (Tlemcen, Algérie), 123p.
- Do Q.D., Angkawijaya A.E., Tran-Nguyen P.L., Huynh L.H., Soetaredjo F.E. & Ismadji S. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Linnophila aromatica*. *Food and Drug Analysis Journal*, 22(3) : 296-302.
- Dohou N., Yani K., Thahrouch S., Idrissi Hassani L. M., Badoc A. & Gmira N. (2003). Screening phytochimique d'une endémique ibéro-Marocaine, *Thynelaea lythroides*. *Bulletin Bordeaux Society Pharmacy*, 142(1/4) : 61-78.
- Ee G., Daud S., Taufiq-Yap Y., Ismail N. & Rahmani M. (2006). Xanthones: from *Garcinia mangostana* (Guttiferae). *Natural Products Research*, 20 : 1067-1073.
- Fosso M.Y., Chan K.Y., Gregory R., Chang C-W.T. (2012). Synthèse de bibliothèque et étude antibactérienne des analogues cationiques de l'anthraquinone. *ACS Combinatorial Science*, 14(3) : 231– 235.
- Gale W.L., Fitzpatrick M.S., Lucero M., Contreras-Sanchez W.M. & Schreck C.B. (1999). Masculinization of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. *Aquaculture*, 178 : 349-357.
- Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Baghdadi A. & Tayebi-Meigooni A. (2018). Extraits riches en alpha-mangoutine de péricarpe de mangoustan: optimisation du protocole d'extraction verte et évaluation de l'activité biologique. *Molécules*, 23 : 1852–1859.

- González-Gallego J., Sánchez-Campos S. & Tuñón M. J. (2007). Anti-inflammatory properties of dietary flavonoids. *Nutricion hospitalaria*, 22 (3) : 287-293.
- Grolier P., Borel P., Scalbert A. & Remesy C. (2001). Les phytomicronutriments. In: traité de nutrition clinique de l'adulte. Médecine-Sciences, Flammarion, Paris (France), pp 165-177.
- Guignard J.L., Cosson L. & Henry M. (1985). Abrégé de phytochimie. Masson, Paris (France), pp. 121-150.
- Hamia C., Guergab A., Rennane N., Birache M., Haddad M., Saidi M. & yousfi M. (2014). Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du rhanterium adpressium. *Annales des sciences et technologie*. (6)1.
- Harbone J., Baxter H. & Moss G. (1999). Phytochemical Dictionary. A Handbook of Bioactive Compounds from Plants. Taylor & Francis, Londres (Angleterre), 590 p.
- Hartmann T. (2007). From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68: 2831–2846.
- Huang Q., Lu G., Shen H.M., Chung M.C.M. & Choon N.O.N. (2007). Propriétés anticancéreuses des anthraquinones de la rhubarbe. *Medical Research Reviews*, 27(5) : 609– 630.
- Huang Y.L., Chen C.C., Chen Y.J., Huang R.L. & Shieh B.J. (2001). Three xanthenes and a benzophenone from *Garcinia mangostana*. *Journal of Natural Products*, 64 : 903–906.
- Iserin P., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., De Laage de Meux A. & Moulard F. (2001). Larousse des plantes médicinales: identification préparation soins. Edition Larousse. p 6-12.
- Jinsart W., Ternai B., Buddhasukh D. & Polya G.M. (1992). Inhibition of wheat embryo calcium-dependent protein kinase and other kinases by mangostin and γ -mangostin. *Phytochemistry*, 31 : 3711–3713.

- Joshi D., Adhikari N. (2019). An Overview on Common Organic Solvents and Their Toxicity. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 28(3) : 1-18.
- Jung H.A., Su B.N., Keller W.J., Mehta R.G. & Kinghorn D. (2006). Antioxidant Xanthones from pericarp of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 54 : 2077–2082.
- Kumar Deeptha., Dr Radhaisri S. & Sekar Sasikala. (2018). Analysis of Physio-Chemical Properties of Mangosteen Rind Extract from Industrial Waste. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 2(6) : 2456-6470.
- Lagnika L. (2005). Etude phytochimique et activité biologique des substances naturelles isolées de plantes Béninoises. Thèse de doctorat, Faculté de pharmacie, Université Louis Pasteur Strasbourg, (Alsace, France), 268 p.
- Longo L., Vasapollo G. & Rescio L. (2005). Identification des anthocyanes chez M. (2007). Polyphenols sources alimentaires et biodisponibilité. *Annales de l'Institut Supérieur de la Santé*, (43) : 348-361.
- Macheix J.J., Fleuriet, A. & Jay-Allemand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne (Suisse), 134 p.
- Mahabusarakam W., Wlriyachitra P. & Taylor W.C. (1987). Chemical constituents of *Garcinia mangostana*. *Journal of Natural Products*, 50 : 474–478.
- Marcy J., Balunas., Bin Su., Robert W., Brueggemeier A. & Douglas Kinghorn. (2008). Xanthones du complément alimentaire botanique Mangoustan (*Garcinia mangostana*) avec activité inhibitrice de l'aromatase. *Journal des produits naturels*, 71 (7), 1161-1166.
- Mishima K., Ryo K., Haruo Y., Takunori H., Takafumi K. & Keiichi I. (2013). Extraction of xanthones from the pericarps of *Garcinia mangostana* Linn, with supercritical carbon dioxide and ethanol, solvent extraction. *Research Development Japan*, 20 : 79-89.
- Mohammedi Z. (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse de Magistère.

- Université Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen. Thèse de l'obtention du diplôme de Magistère en biologie. Université Abou Bakr Belkaïd (Algérie), 56 p.
- Moongkarndi P., Kosem N., Kaslungka S., Luanratana O., Pongpan N., & Neungton N. (2004). Antiproliferation, antioxidation and induction of apoptosis by *Garcinia mangostana* (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *Journal of Ethnopharmacology*, 90 : 161-166.
- Muchtaridi M. & Wijaya C.A. (2017). Anticancer potential of α -mangostin. *Asian Journal Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(12) : 440.
- Nabandith V., Suzui M., Morioka T., Kaneshiro T., Kinjo T., Matsumoto K., Akao Y., Iinuma M. & Yoshimi N. (2014). Inhibitory effects of crude alpha-mangostin, a xanthone derivative, on two different categories of colon preneoplastic lesions induced by 1, 2-dimethylhydrazine in the rat. *Asian Pacific Journal of Cancer prévention*, 5 : 433–438.
- Nakagawa Y., Iinuma M., Naoe T., Nozawa Y. & Akao Y. (2007). Characterized mechanism of a-mangostin-induced cell death: Caspase-independent apoptosis with release of endonuclease-G from mitochondria and increased miRNA-143 expression in human colorectal cancer DLD-1 cells. *Bioorganic Medical Chemistry*, 15 : 5620–5628.
- O'Kennedy R. & Thornes R.D. (Eds.) (1997). Coumarins: Biology, Applications and Mode of Action. John Wiley & Sons Inc. New York. N.Y. *Open Journal of Inorganic Chimistry*, 2(2).
- Palakawong C., Sophanodora P., Pisuchpen S. & Phongpaichit S. (2010). Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts from mangosteen (*Garcinia mangostana L*) parts and some essential oils. *International Food Research Journal*, 17 : 583-589.
- Paris M. & Hurabiell M. (1981). Plantes à hetérosides anthocyaniques. Masson, Paris (France), 326 p.
- Peres V., Nagem T.J. & Faustino de Oliveira F. (2000). Tetraoxygenated naturally occurring xantones. *Phytochemistry*, 55 : 683–710.
- Pierce S.C. (2003). Antioxidant Xanthones from pericarp of *Garcinia mangostana*. *Phytochemistry*, 2 : 118.

- Pierre M. & Lis M. (2007). *Secrets des plantes*. Editions Artemis, Paris 1: 463.
- Pinto M.M., Sousa M.E. & Nascimento M.S. (2005). Xanthone derivatives: new insights in biological activities. *Current Medical Chemistry*, 12 : 2517–2538.
- Pothitirat W., Chomnawang M.T., Supabphol R. & Gritsanapan W. (2009). Comparaison de la teneur en composés bioactifs, piégeage des radicaux libres et anti-acné induisant les activités bactériennes des extraits de l'écorce de mangoustan à deux stades de maturité. *Fitoterapia*, 80 : 442–447.
- Pratiwi L., Fudholi A., Martien R. & Pramono S. (2017). Development of TLC and HPTLC method for determination α -mangostin in mangosteen peels (*Garcinia mangostana L.*). *International Journal Pharmacognosy Phytochemical Research*, 9 : 297-302.
- Priya V.V., Mallika J., Mohan S.K., Saraswathi P., Gopan C.S. (2010). Antimicrobial activity of pericarp extract of *Garcinia mangostana Linn.* *International Journal Pharmacology Science Research*, 1 : 278-281.
- Pubchem. (2021). Récupéré sur Bibliothèque nationale de médecine: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Mangostin>
- Pubchem. (2021). Récupéré sur Bibliothèque nationale de médecine: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Xanthone>
- Pubchem. (2021). Récupéré sur National Institutes of Health: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/gamma-Mangostin>
- Pubchem. (2021). Récupéré sur National Library of Medicine: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Qin C., Li Y., Niu W., Ding Y., Zhang R., Shang X. (2010). Analyse et caractérisation des anthocyanes dans le mûrier. *Journal tchèque des sciences des aliments*, 28 : 117-126.
- Rice-Evans C.A., Miller N.J. & Papanga G. (1996). Antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20 : 933–956.

- Santos-Buelga C. & Scalbert A. (2000). « Proanthocyanidins and tannin-like compounds nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health ». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 : 1094-1117.
- Sarni-Manchando P. & Cheynier V. (Eds.). (2006). Structures Phénoliques et Gout. In: Les Polyphénols En Agroalimentaire. Lavoisier Techniques et documentations, Paris (France), pp.89-134.
- Selvaraj Rajesh., Kanakarajan Sivakumari. & Kamalanathan Ashok. (2016). Phytochemical profiling of mangosteen fruit, *Garcinia mangostana*. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 5(2) : 221-252.
- Sen A.K., Sarkar K.K., Majumder P.C. & Banerji N. (1980). Isolation of three new minor xanthenes from *Garcinia mangostana* Linn. *Indian Journal Chemistry*, 19(3) : 1820-1827.
- Shan T., Ma Q., Guo K., Liu J., Li W. & Wang F. (2011). Xanthenes from mangosteen extracts as natural chemopreventive agents: Potential anticancer drugs. *Current Molecular Medical*, 11 : 666-677.
- Sofowora A. (2001). Medicinal plants and traditional medicine in Africa. *Journal of Phytochemistry*, 34(8) : 223– 230.
- Souquet J. M., Cheynier V., Brossaud F. & Moutounet M. (1996). Polymeric Proanthocyanidins from grape Skins. *Phytochemistry*, 43(2) : 509-512.
- Stalikas C D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal Sep. Science*, 30 : 3268–3295.
- Suksamrarn S., Komutiban O., Ratananukul P., Chimnoi N., Lartpornmatulee N. & Suksamrarn A. (2006). Cytotoxic prenylated xanthenes from the young fruit of *Garcinia mangostana*. *Chemistry and Pharmaceutical Bulletin*, 54 : 301–305.
- Suksamrarn S., Suwannapoch N., Phakhodee W., Thanuhiranlert J., Ratananukul P., Chimnoi N. & Suksamrarn A. (2003). Antimycobacterial activity of prenylated xanthenes from the fruits of *Garcinia mangostana*. *Chem. Pharm. Bull*, 51 : 857– 859.

- Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Ratananukul, P., Aroonlerk, N. & Suksamrarn, A. (2002). Xanthones from the green fruit hulls of *Garcinia mangostana*. *Journal Natural Products*, 65 : 761–763.
- Vieira L.M. & Kijjoa A. (2005). Naturally-occurring xanthones: recent developments. *Current Medical Chemistry*, 12 : 2413–2446.
- Wuthi-udomlert M., Kupittayanant P. & Gritsanapan W. (2010). Évaluation in vitro de l'activité antifongique des dérivés de l'antraquinone de *Senna alata*. *Journal Health Research*, 24(3): 117– 122.
- Yao A. H., Koumi A.R., Atse B.C. & Kouamelan E.P. (2017). Etat des connaissances sur la pisciculture en Côte d'ivoire. *Agronomie africaine*, 29 (3) : 227 - 244.
- Yates P. & Stout G.H. (1958). The structure of mangostin. *Journal of American Chemistry Society*, 80: 1691– 1700.
- Yeo Y.L., Chia Y.Y., Lee C.H., Sow H.S. & Yap W.S. (2014). Effectiveness of maceration periods with different extraction solvents on in-vitro antimicrobial activity from fruit of *Momordica charantia* L. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4:16-23.
- Yin Sze Lim., Stefanie Sze Hui Lee. & Boon Chin Tan. (2013). Antioxidant capacity and antibacterial activity of different parts of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). Extracts. *Fruits*, 68(6): 483–489.
- Zadernowski R., Czaplicki S. & Naczki M. (2009). Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana*). *Food Chemistry*, 112: 685-689.
- Zazouli S., Chigr M. & Jouaiti A. (2016). Effect of polar and nonpolar solvent on total phenolic and antioxidant activity of roots extracts of *Caralluma Europaea*. *Der Pharma Chemica*, 8:191-196.

ANNEXES

APPAREILLAGE



Balance électronique



une étuve



Un tamis



une broyeuse électrique

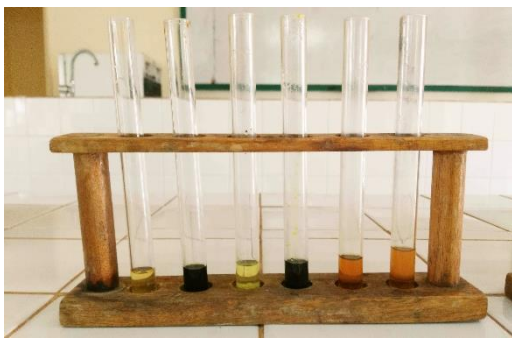


Macération des solutions



Passage au dessiccateur des échantillons

TEST PHYTOCHIMIQUE





RESUME

Originaire d'Asie, le mangoustan (*Garcinia mangostana*) est utilisé en médecine traditionnelle et moderne depuis plusieurs années. Notre étude a été menée en effectuant une étude phytochimique du péricarpe du mangoustan. Le test phytochimique qualitatif a montré une présence des polyphénols, des flavonoïdes, des coumarines, des quinones, des anthocyanes, des tanins, des anthraquinones et des xanthonnes. Les extraits réalisés avec l'acétate d'éthyle, l'éthanol, l'acétone, le méthanol ont pu montrer la présence de la majorité des composés recherchés, sauf l'extrait au dichlorométhane. Le rendement d'extraction dans l'acétate d'éthyle, l'acétone, l'éthanol, le méthanol, et le dichlorométhane donne respectivement 37,2%, 23%, 12,4%, 11%, 2,8%. Aussi l'acétate d'éthyle serait un solvant idéal d'extraction brut des phytoconstitués contenu de son rendement d'extraction. De plus, la grande partie de la masse du fruit se trouve concentrée dans le péricarpe avec une proportion de 4/5 du fruit total. L'analyse biochimie du péricarpe du fruit de mangoustan a montré un taux d'humidité et de matière sèche de 61,17% et 38,3% respectivement.

Mots clés : *Garcinia mangostana*, phytochimie

ABSTRACT

Native to Asia, the mangosteen (*Garcinia mangostana*) has been used in traditional and modern medicine for many years. Our study was conducted by performing a phytochemical study of the mangosteen pericarp. The qualitative phytochemical test showed the presence of polyphenols, flavonoids, coumarins, quinones, anthocyanins, tannins, anthraquinones and xanthonnes. Extracts performed with ethyl acetate, ethanol, acetone and methanol showed the presence of the majority of the compounds sought, except for the dichloromethane extract. The extraction yield in ethyl acetate, acetone, ethanol, methanol, and dichloromethane gave 37.2%, 23%, 12.4%, 11%, 2.8% respectively. Also ethyl acetate would be an ideal crude extraction solvent for phytoconstituents due to its extraction efficiency. Moreover, the major part of the fruit mass is concentrated in the pericarp with a proportion of 4/5 of the total fruit. Biochemical analysis of the mangosteen fruit pericarp showed a moisture and dry matter content of 61.17% and 38.3% respectively.

Keywords: *Garcinia mangostana*, phytochemistry