



REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE  
*Union-Discipline-Travail*

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique



Laboratoire de Biotechnologie,  
Agriculture et Valorisation des  
Ressources Biologiques

Année Universitaire  
2022-2023

## MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de Master de  
**Biotechnologie - Biosécurité – Bioressources de**  
**l'Université Félix HOUPHOUËT- BOIGNY**

**Spécialité : Biotechnologie Agro-Alimentaire**

Par

**M. KOUAME Junior N'da Hermann**

Thème

**IDENTIFICATION MOLÉCULAIRE DE COMPOSÉS ACTIFS  
DES EXTRAITS AQUEUX ET HYDROALCOOLIQUES DE  
GRAINES DE KONDOU (*Carapa procera*).**

### Composition du jury

M. YAPO Adou Francis	Professeur Titulaire	UFHB	Président
Mme MEGNANOU Rose-Monde	Maître de Conférences	UFHB	Superviseur
Mme DOUE Ginette	Maître-Assistant	UFHB	Directeur
M. BEDIKOU Ehuié Micaël	Maître de Conférences	UFHB	Examineur

Soutenu publiquement

Le 29/09/2023



**AVANT PROPOS**

**ET**

**REMERCIEMENTS**

## AVANT PROPOS

Ce document est le fruit d'un travail acharné et constant au sein du Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques sis à l'UFR Biosciences de l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY ; sous la direction scientifique de Madame **DOUE Ginette**, Maître-Assistant et la supervision de Madame **MEGNANOU Rose-Monde**, Maître de Conférences dans ladite Université.

Le Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques dont le Directeur est Monsieur **N'GUETTA Assanvo Simon-Pierre**, Professeur Titulaire de Génétique, s'évertue à travers la Recherche à valoriser des espèces végétales locales notamment *Carapa procera* dont les noix et l'huile regorgeraient de multiples vertus. Dans cette optique, nous avons été amenés à réfléchir sur un thème et à produire un mémoire afin d'obtenir le diplôme de Master de Biotechnologie Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques.

Le présent mémoire a pour thème : « **Identification moléculaire des composés actifs des extraits aqueux et hydroalcooliques de *Carapa procera*** ».

Ceci est le résultat de recherche bibliographique incessante et de travail ardu au sein de l'UPR Biotechnologies, que dirige Monsieur **KRA Kouassi Aboutou Séverin**, Maître de Conférences. L'étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des espèces végétales locales. Les résultats de ces travaux sont consignés dans ce document. Puisse le ou les lecteurs du présent mémoire, profiter des données nouvelles consignées dans le présent mémoire et au besoin, y apporter des suggestions dans le sens de l'améliorer.

## REMERCIEMENTS

Monsieur **CHERIF Mamadou**, Maître de Conférences, Directeur de l'UFR Biosciences de l'Université HOUPHOUËT-BOIGNY pour son abnégation au service de ses collègues et étudiants.

Monsieur **N'GUETTA Assanvo Simon-pierre**, Professeur Titulaire, Directeur du Laboratoire de Biotechnologies Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques de l'UFR Biosciences de l'Université Felix HOUPHOUET-BOIGNY.

Monsieur **KRA Kouassi Aboutou Séverin**, Maître de Conférences, Responsable de l'Unité Pédagogique de Recherche de Biotechnologies. Votre engouement et votre sollicitude à l'égard des étudiants de Master ne nous laissent pas indifférents et nous vous en remercions.

Monsieur **AHONZO Niamke Lamine Sebastien** Professeur Titulaire à l'UFR Biosciences et Directeur de l'école doctorale biologie, environnementale et santé, Responsable du Master II à l'UPR Biotechnologie Agroalimentaire.

Monsieur **YAPO Adou Francis**, Professeur Titulaire. Merci d'avoir accepté de présider le jury.

Madame **MEGNANOU Rose-Monde**, Maître de Conférences à l'UFR Biosciences de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY et superviseur de ce travail ; merci pour votre disponibilité, votre soutien et le partage de vos connaissances scientifiques.

Monsieur **BEDIKOU Ehuié Micaël**, Maître de Conférences à l'UFR Biosciences de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, d'avoir accepté d'être l'Examineur de ce présent travail.

Madame **DOUE Ginette**, Maître-Assistant à l'UFR Biosciences de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY et directrice de ce travail ; merci pour votre disponibilité, votre soutien et le partage de vos connaissances scientifiques.

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude à l'endroit du doctorant **DJOMAN Ahouman Elisée** pour sa disponibilité et son soutien technique tout au long des manipulations sur la paillasse.

Je remercie également tous les doctorants du laboratoire pour leurs contributions au cours de l'élaboration du document.

Je remercie Monsieur **DOUA André**, technicien à l'UPR de Biotechnologies, d'avoir guidé mes premiers pas au laboratoire.

Ma reconnaissance va également à l'endroit de toute la promotion de Master de l'année académique 2022-2023 pour leur disponibilité tout le long du stage.

Enfin, mes remerciements vont aussi à Monsieur et Madame **KOUASSI** pour leur soutien et prière pour l'accomplissement de ce travail.

A Mon, père **KOUAME Koffi** et ma Mère **KOUAKOU ahou**, ainsi que mes frères et sœurs pour leur amour et leur soutien. Merci d'avoir toujours été à mes côtés, de m'avoir donné les moyens de réaliser mes projets

# **TABLE DES MATIÈRES**

<b>AVANT PROPOS</b> .....	ii
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	iii
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	v
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	viii
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	x
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	xii
<b>INTRODUCTION</b> .....	xiv
<b>I- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	xv
<b>I-1- GENERALITES SUR LES COMPOSES BIOACTIFS</b> .....	3
<b>I-2- Quelques molécules amères de la matière végétale</b> .....	3
<b>I-2-1- Sels minéraux</b> .....	3
<b>I-2-2- Acides aminés</b> .....	4
<b>I-2-3- Acides gras</b> .....	4
<b>I-2-4- Edulcorants</b> .....	5
<b>I-2-5- Limonoïdes</b> .....	5
<b>I-2-6- Hétérosides ou glucosides</b> .....	5
<b>I-3- Métabolites secondaires</b> .....	6
<b>I-4- Alcaloïdes</b> .....	6
<b>I-2- GENERALITE SUR <i>CARAPA PROCERA</i></b> .....	15
<b>I-2-1- Nomenclature</b> .....	15
<b>I-2-2- Description de l'arbre</b> .....	15
<b>I-2-3- Aire de répartition de <i>Carapa procera</i></b> .....	17
<b>I-2-4- Description du fruit de <i>Carapa procera</i></b> .....	17
<b>I-2-5- Composition biochimique du fruit de <i>Carapa procera</i></b> .....	19
<b>I-2-6- Importance de <i>Carapa procera</i></b> .....	19
<b>II- MATERIEL ET METHODES</b> .....	xvi
<b>II-1- MATERIEL</b> .....	21

II-1-1- Matériel végétal.....	21
II-1-2- Matériel technique et réactifs .....	21
II-2- METHODES.....	23
II-2-1- Extraction aqueuses et hydroalcooliques des composés actifs des graines de <i>carapa procera</i> .....	23
II-2-2- Extraction des alcaloïdes totaux.....	24
II-2-2-1- Tests qualitatifs des alcaloïdes totaux des graines de <i>carapa procera</i> .....	24
II-2-2-2- Test quantitatif des alcaloïdes totaux. ....	25
II-2-3- Mise en évidence des molécules d'alcaloïdes spécifiques utile à l'organisme. ....	26
II-2-4- Analyse statistique .....	26
III- RESULTATS ET DISCUSSION .....	xvii
III-1- RESULTATS.....	27
III-1-1-Rendement des extraits aqueux et hydroalcooliques des amandes et coques de <i>Carapa procera</i> . ....	27
III-1-2- Alcaloïdes totaux dans les extraits d'amandes et de coques.....	27
III-1-3- Teneurs en alcaloïdes totaux dans les matières dérivés de <i>carapa procera</i> .....	29
III-1-4- Analyse des profils UV-Vis des différents extraits de <i>carapa procera</i> .....	31
III-2- DISCUSSION.....	34
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	xviii
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	xix

# **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

**CAT** : catalase

**DO** : Densité optique

**GPX** : glutathion peroxydase

**GST** : du glutathion-S-transférase

**HCl** : acide chlorhydrique

**CPHL**: Chromatographie Liquide Haute Performance

**LC** : Chromatographie liquide

**mg** : milligramme

**mL** : millilitre

**nM** : nanomètre

**pH** : potentiel d'hydrogène

**SOD** : superoxyde dismutase

**UFR** : Unité de Formation et de Recherches

**UPR** : Unité Pédagogique et de Recherche

**UV** : Ultra-violet

**CAT** : Catalase

**GST** : Glutathion-S-transférase

**GPH** : Glutathion peroxydase

# **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1:</b> Noyau pyrrolizidine .....	9
<b>Figure 2:</b> Noyau tropane.....	9
<b>Figure 3:</b> Noyau isoquinoléine. ....	9
<b>Figure 4:</b> Noyau indolizidine.....	9
<b>Figure 5:</b> Noyau quinolizidinique .....	9
<b>Figure 6:</b> Noyau pyridine. ....	9
<b>Figure7:</b> Le noyau pipéridine. ....	11
<b>Figure 8:</b> Noyau indole.....	11
<b>Figure 9:</b> Noyau quinoléique.....	11
<b>Figure 10:</b> Noyau imidazole.....	11
<b>Figure 11:</b> Structures chimiques des proto-alcaloïdes.....	13
<b>Figure 12:</b> Structures de certains pseudo-alcaloïdes. ....	13
<b>Figure 13:</b> Arbre de <i>Carapa procera</i> .....	16
<b>Figure 14:</b> Feuilles de <i>Carapa procera</i> .....	16
<b>Figure 15:</b> Fruits de <i>carapa procera</i> .....	18
<b>Figure 16:</b> Fruits de kondou ( <i>Carapa procera</i> ).....	22
<b>Figure 17:</b> coques et amandes de kondou ( <i>Carapa procera</i> ) .....	22
<b>Figure 18:</b> Rendement d'extraction aqueux et hydroethanolique de la coque et l'amande de la graine de <i>Carapa procera</i> . ....	28
<b>Figure 19:</b> Dosages des alcaloïdes totaux. ....	30
<b>Figure 20:</b> Spectre d'absorption UV de l'extrait hydroéthanolique d'amande de carapa procera. ....	32
<b>Figure 21:</b> Spectre d'absorption UV de l'extrait aqueux amande de carapa procera. ....	32
<b>Figure 22:</b> Spectre d'absorption UV de l'extrait hydroethanolique de coque de carapa procera. ....	33
<b>Figure 23:</b> Spectre d'absorption UV de l'extrait aqueux de coque carapa procera.....	33

# **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau I:** Mise en évidence des alcaloïdes dans les matières dérivées de *carapa procera*. . 28

**Tableau II:** Teneurs des alcaloïdes totaux dans les matières dérivés de *carapa procera*..... 30

# **INTRODUCTION**

Les plantes sont d'importantes ressources naturelles consommées pour leurs propriétés médicinales et nutritives (**Hafiane et al., 2022**). Ce sont des organismes photosynthétiques et autotrophes, caractérisés par des cellules végétales (**Aubert, 2017**). Elles renferment nombreuses molécules chimiques (peptides, terpènes, polyphénols, alcaloïdes...) ayant des propriétés physico-chimiques très différentes et qui présentent une large variété d'activités biologiques (antitumorale, antivirale, antimicrobienne, antioxydante cicatrisante...) (**Thomas, 2011**).

Ces dernières années, les substances naturelles connaissent un intérêt croissant dans de nombreux domaines. En effet, avec un public de plus en plus réticent à consommer des produits contenant des molécules issues de la synthèse chimique, un certain nombre de secteurs industriels (cosmétique, pharmaceutique, agroalimentaire) se tournent de nouveau vers l'incorporation des molécules d'origine naturelle, aux caractéristiques chimiques et biologiques originales, dans leurs formulations (**Thomas, 2011**). Les plantes sont utilisées non seulement en médecine, mais également en parfumerie, en cosmétique et pour l'aromatization culinaire. Elles constituent une source naturelle potentielle de molécules bioactives, faisant l'objet d'études scientifiques rigoureuses pour leur éventuelle utilisation comme alternative aux médicaments (**Frissou et Hani, 2014**).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 65 à 80 % de la population mondiale à recours aux médecines traditionnelles pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaire, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne (**OMS, 2013 ; Boissiere., 2018**). En Afrique, les populations dépendent encore largement des plantes médicinales pour guérir les maladies (**Garba et al., 2007**). Les effets thérapeutiques de ces plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenants à différentes classes chimiques (**Bouzouita et al., 2008**). Parmi ces composés, on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui se sont surtout illustrés dans le domaine thérapeutique (**Togola et al., 2019**). Ces métabolites secondaires comprennent plusieurs groupes variés parmi lesquels les alcaloïdes font partis des principes actifs les plus importants en pharmacologie et en médecine (**Guignard et al., 1985**). Les alcaloïdes sont des molécules organiques hétérocycliques azotées, de nature basique, présentant généralement de puissants effets physiologiques. Ce sont pour la plupart des substances végétales très actives, dotées d'une action spécifique. La médecine moderne les emploie souvent à l'état pur (**Bruneton Jean, 2009**). Actuellement, les recherches scientifiques s'intéressent de plus en plus à des plantes contenant ce type de composé. Celles-ci ont pu marquer leur rôle important dans le

développement social, et ce, par l'augmentation de la rentabilité économique et la réduction de la pauvreté grâce à leur utilisation à la fois vaste et diversifiée (**Frissou et Hani., 2014**). Parmi ces plantes, figure *Carapa procera*.

*Carapa procera* (*Meliaceae*) est la principale espèce du genre *Carapa* présente en Afrique de l'Ouest (**Guillemot, 2004**). Plante aux multiples usages, *C. procera* est une plante oléagineuse, médicinale et cosmétique. Les feuilles, les fruits, les graines et les écorces du tronc et des racines servent à la préparation de produits médicinaux pour la santé humaine et animale (**Sanogo et al., 2013**). L'amande de son fruit est utilisée pour l'extraction d'huile riche en acide stéarique et oléique (**Pangou et al., 2011**).

En Afrique de l'Ouest, particulièrement en Côte d'Ivoire l'huile extraite de la noix de *C. procera* entre dans la fabrication de produits cosmétiques, la production locale de savon et pour le traitement de plusieurs maladies en médecine vétérinaire traditionnelle et humaine (**Guèye et al., 2010, Coulibaly et al., 2020**). En effet cette huile est souvent utilisée contre les tiques et pour soigner les plaies sur les bovins (**Bah, 1993**).

Néanmoins la coque et le résidu d'amande ne sont pas suffisamment exploités. Alors que la non comestibilité à but alimentaire de son huile du fait de l'extrême amertume de la graine indiquerait la présence de composés bioactifs d'intérêt pharmaceutique responsable du goût amer dans cette graine. Une approche de valorisation de cette matière passe notamment par l'identification de molécules bioactives présente. Dans ce contexte, l'objectif de ce travail a été de valoriser la graine de *Carapa procera* en mettant en évidence les métabolites secondaires qui la composent en particulier les alcaloïdes pour leurs valeurs thérapeutiques, potentiellement utilisables en pharmacie.

Plus spécifiquement, il s'agit de :

- Préparer les extraits aqueux et hydroalcooliques (coque et amande) de *carapa procera*.
- Mettre en évidence et quantifier des alcaloïdes généraux puis identifier quelques molécules spécifiques dans nos extraits.

# **I- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I-1- GENERALITES SUR LES COMPOSES BIOACTIFS

Un composé bioactif est une molécule (ou ensemble de molécules) issue du vivant pouvant avoir des propriétés bénéfiques sur la santé. Par comparaison aux composés chimiques et synthétiques, les composés bioactifs naturels sont issus de sources naturelles et comme les substances chimiques, ils peuvent avoir des effets positifs ou négatifs sur la santé en fonction des objectifs visés (**Fedibio, 2020**). Les composés bioactifs peuvent avoir une origine animale (comme la lactoferrine issue du lait), végétale (comme l'acide chlorogénique que l'on trouve dans le café ou dans la pomme de terre), ou être issus de micro-organismes (**Fedibio, 2020**). Bien que les composés bioactifs puissent provenir de toutes les branches du vivant, la recherche se concentre plutôt sur les composés issus de micro-organismes, et dans une moindre mesure de végétaux. On dénombrait en 2005 environ 23 000 produits naturels bioactifs. Certains composés bioactifs sont reproductibles en laboratoire par synthèse totale, mais cette synthèse étant souvent coûteuse en temps et en énergie, ils sont généralement extraits directement du vivant (**Bérdy, 2005**).

Que ce soit dans les domaines pharmaceutiques, agrochimiques, alimentaires, dans des produits naturels du règne animal ou végétal les propriétés bénéfiques des composés bioactifs offrent un large champ d'application. Leurs effets sont très divers et dépendent de la molécule considérée (**Fouler et al., 2019**). On répertorie notamment des propriétés antivirales, antifongiques, antimicrobiennes, anti-tumorales, antioxydants, anxiolytiques, cicatrisantes... Contrairement aux biomolécules et aux nutriments, les composés bioactifs ne sont pas essentiels au fonctionnement de l'organisme. On réserve généralement le terme "bioactif" pour les composés dont l'effet sur la santé est globalement positif (**Da Silva et al., 2016**).

### I-2- Quelques molécules amères de la matière végétale

De nombreuses familles chimiques contiennent un nombre plus ou moins important de molécules amères. Parmi ces familles, on peut citer des lactones, des flavonoïdes, des pyranosides, des terpènes, des esters, des amides, des flavonols, des alcaloïdes, des glucosides, mais également des acides aminés, des lipides et des minéraux (**Laffitte et al., 2017**).

#### I-2-1- Sels minéraux

De nombreux sels minéraux comme le chlorure de potassium, le chlorure de magnésium et le chlorure de calcium, mais également le sulfate de cuivre, le sulfate de manganèse ou encore le sulfate de fer, sont caractérisés par une amertume prononcée (**Delompré et al., 2020**). Certains de ces sels de minéraux, notamment le chlorure de calcium, sont couramment utilisés comme stabilisants ou

épaississants dans les processus de fabrication de diverses denrées alimentaires (**Laffitte et al. 2016**). Le sulfate de cuivre ou de manganèse, peut être incorporé dans certaines préparations pharmaceutiques pour pallier une carence avérée. Quelques-uns de ces composés amers sont présents en grande quantité dans certains végétaux tels que les épinards, contribuant ainsi à l'amertume de certains aliments (**Delompré et al., 2020**).

### **I-2-2- Acides aminés**

Certains acides aminés de la série D et/ou L ont également une saveur amère (**Delompré et al., 2020**). Pendant de nombreuses années, il a été admis que les acides aminés de la série D étaient caractérisés par une saveur sucrée, tandis que les acides aminés de la série L étaient décrits comme amers. Cette vision simpliste et réductrice n'est plus d'actualité (**Schiffman et Sennewald, 1981**). En effet, l'amertume des acides aminés semble principalement liée à leur niveau d'hydrophobicité. C'est ainsi que les acides aminés au goût amer le plus prononcé possèdent une chaîne latérale hydrophobe, telle que la L-leucine, la L-isoleucine ou la L-valine. La contribution des acides aminés libres à l'amertume de la nourriture n'est plus à démontrer. Dans le pain au blé entier, le L-tryptophane est l'un des composés à l'origine de la plus forte intensité d'amertume (**Jiang et Peterson, 2013**).

D'autre part, la modification chimique des acides aminés au cours du procédé de fabrication peut provoquer une altération des qualités gustatives de l'aliment. De nombreux exemples de peptides amers générés lors du processus de transformation des aliments ont été rapportés dans la littérature scientifique. Certains peptides sont connus pour générer de l'amertume notamment dans la sauce de soja, le fromage ou le saké (**Maehashi et Huang, 2009**). De même, un peptide initialement non-amer peut acquérir une saveur amère après hydrolyse.

### **I-2-3- Acides gras**

De manière assez surprenante, certains acides gras libres tels que les acides stéariques, oléiques, linoléiques et linoléniques, sont perçus comme amers par l'être humain. L'amertume de ces acides gras peut expliquer en partie l'amertume perçue dans certains produits alimentaires. Par exemple, l'acide linoléique contribue au goût amer des graines de pavot (**Grosch et Laskawy, 1984**). D'autre part, la transformation des lipides lors du processus de fabrication de denrées alimentaires peut aussi être à l'origine de composés amers. Ainsi, la lécithine de soja présente un goût amer après hydrolyse, tout comme certains lipides initialement sans qualité gustative particulière (**Refsgaard et al., 2000**).

#### **I-2-4- Edulcorants**

De nombreux édulcorants intenses, d'origine naturelle ou synthétique, peuvent générer une amertume qui va être à l'origine d'un arrière-goût désagréable. Parmi ces édulcorants, nous pouvons citer la saccharine, l'acésulfame ou encore le sucralose, largement utilisés par l'industrie agroalimentaire (**Horne et Lawless, 2002 ; Kuhn *et al.*, 2004**).

#### **I-2-5- Limonoïdes**

Certains composés odorants peuvent également générer une saveur amère, tels que le menthol ou le limonène. (**Kataoka et Tokuyama, 2008**). Les limonoïdes sont des composés faisant partie de la classe des triterpènes modifiés. En effet, ce sont des composés tri-terpéniques ayant été profondément modifiés par cyclisation (**Botineau, 2010**). Ils sont principalement retrouvés chez les Rutaceae et les Meliaceae (**Ozaki *et al.*, 1991**). Les limonoïdes sont les composés responsables de l'amertume des jus de fruits du genre Citrus, qui se développe après leur préparation. Cette amertume, qui se développe progressivement après la préparation du jus, est commune à tous les agrumes. Dans le fruit frais et intact, on note la présence d'acide limonoïque monocarboxylique qui existe sous forme de sel, non-amer. C'est seulement après expression du jus qu'il se transforme en limonine, qui est amère. En plus de la limonine, d'autres constituants participent à l'amertume tels que la nomiline et les acides obacunoïque et nomilinique (**Blaisot, 2016**).

#### **I-2-6- Hétérosides ou glucosides**

On regroupe sous ce terme des molécules qui résultent de l'association covalente de glucides avec d'autres types de molécules. Les hétérosides qui comportent une partie glucidique associée à une partie non-glucidique appelée aglycone ou génine. La partie glucidique et l'aglycone sont reliés par une liaison osidique dans laquelle est impliqué un groupement réducteur d'ose ou d'oside ainsi qu'un groupement de l'aglycone (R) qui peut être de trois natures (**Baron et Gomez, 2023**) :

-hydroxyle (-OH) alcoolique ou phénolique : on parle de O-hétérosides

-groupement thiol (-SH): on parle de S-hétérosides.

-groupement aminé (-NH<sub>2</sub>) : on parle de N-hétérosides.

Les hétérosides sont généralement des solides bien cristallisés, parfois colorés, souvent de saveur amère. Ils sont généralement solubles dans l'eau et dans les solutions hydroalcooliques, ainsi que dans les solvants organiques apolaires (**Sahraoui, 2015**). Les génines sont le plus souvent insolubles dans l'eau. Ils sont doués de propriétés cardiotoniques (hétérosides cardiotoniques),

purgatifs (hétérosides anthracéniques), toniques veineux (hétérosides flaviniques), diurétiques (arbutosides, saponosides, flavonoides), astringents (tannosides), antimicrobiens (arbutoside, hétéroside, des streptomyces), et antirhumatismaux (salicosides) (**Sahraoui, 2015**)... Les plantes utilisent ces composés comme défense contre des agents pathogènes extérieurs. Chez l'Animal ils jouent un rôle antiseptique urinaire et intestinal. Ils peuvent également être très toxiques (les hétérosides cardiotoniques et cyanogénétiques). L'activité est essentiellement dû à la génine mais la partie osidique module cette activité et intervient dans l'absorption tissulaire ; elle est le plus souvent nécessaire pour l'action *in situ*. Le plus souvent ce sont les hétérosides qui sont employés en thérapeutique pour leur action pharmacologique ou en industrie pour l'extraction de genine (**krief, 2003**).

### I-3- Métabolites secondaires

La croissance et le développement des végétaux sont associés à la production de métabolites primaires et secondaires (**Hartmann, 2007**). Ces composés diffèrent en fonction des espèces et, bien que leurs rôles soient encore mal connus, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent (**krief, 2003**). Les métabolites secondaires ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse, mais résultent de réactions chimiques ultérieures. Ils ne participent pas directement aux processus vitaux des cellules, mais assurent néanmoins des fonctions écologiques importantes, souvent en lien avec leur localisation (**Pathak et al., 1962**). Ces substances possèdent, parfois à faible dose, des propriétés médicamenteuses et peuvent être utilisées à des fins thérapeutiques. Les molécules naturelles responsables de ces activités servent aujourd'hui de modèle à la créativité des chimistes qui tentent d'en améliorer les activités ou d'en diminuer les effets secondaires et la toxicité (**krief, 2003**). Les métabolites secondaires constituent donc une source intarissable d'agents bioactifs (**Bouaziz, 2014**).

Il existe trois grandes familles de métabolites secondaires chez les plantes qui sont : les alcaloïdes, les terpénoïdes et les polyphénols (**Raven et al, 2000**). Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (**krief, 2003**). Dans cette étude, nous nous intéresserons plus particulièrement aux alcaloïdes.

### I-4- Alcaloïdes

Sur la totalité des molécules amères présentes dans l'alimentation humaine, la famille des alcaloïdes en renferme le plus grand nombre (**Kataoka et Tokuyama, 2008**). Le nom alcaloïde indique "alcali like" qui sont d'importants métabolites secondaires des plantes, principalement des composés azotés (**Kuntal et Sevgi, 2018**). Il n'existe pas de définition simple et précise des alcaloïdes

et il est parfois difficile de situer les frontières qui séparent les alcaloïdes et les autres métabolites azotés d'origine naturelle (**Jaber, 2017**).

Selon **jean (2009)**, les alcaloïdes sont des composés organiques d'origine naturelle, éventuellement reproductibles par voie synthétique, le plus souvent végétale, azotés, plus ou moins basiques de distribution restreinte et doué à faible dose de propriétés pharmacologiques marquées. Représentant les principes actifs de nombreuses plantes médicinales ou toxiques connues parfois depuis l'Antiquité, ils ont joué un rôle important dans la découverte des médicaments chimiques (morphine, quinine, cocaïne, atropine...) et dans le développement de l'industrie pharmaceutique en France à la fin du XIXe siècle (**Jacques., 2023**). Les alcaloïdes sont produits à partir d'acides aminés ou par transamination d'autres molécules et comportent, en général, un hétérocyclique comprenant un atome d'azote (**Bouaziz, 2014**). Morphine, mescaline, cocaïne, strychnine, curare, codéine, caféine, théobromine, colchicine, atropine, acide lysergique... Voilà des noms de substances naturelles qui sont réputées pour leur activité biologique ! Des drogues, des excitants ou des médicaments, selon les doses et les utilisations, présents dans notre vie quotidienne, dans notre pharmacie, dans un champ de fleurs ou de blé, mais aussi dans la peau de certains animaux, pour se protéger des prédateurs. Les alcaloïdes ont une puissante action toxique ou thérapeutique (caféine, morphine, quinine, etc.). Nombre de molécules d'origine végétale, signalées par leur saveur amère. Contrairement à la plupart des autres métabolites secondaires, chaque sous-classe d'alcaloïdes a pour origine une voie de synthèse qui lui est propre. La classification la plus adaptée est basée sur l'origine biogénétique. Ils sont classés en trois groupes selon leur précurseur biosynthétique (**bouaziz, 2014**): les alcaloïdes vrais, les pseudo-alcaloïdes et les proto-alcaloïdes

### **I-3-1- Alcaloïdes vrais**

Les alcaloïdes vrais comprennent une famille extrêmement diverse de molécules avec un hétérocycle comprenant un atome d'azote dérivé d'acides aminés lévogyres tels que lysine, histidine, phénylalanine, tyrosine, tryptophane et ornithine. Ces alcaloïdes donnent des tests chimiques généraux pour les alcaloïdes (**Kuntal et Sevgi, 2018**). Selon **Tidjani et Rhouati (2016)**, on peut distinguer 11 principales classes d'alcaloïdes vrais :

❖ **Les alcaloïdes pyrrolizidiniques** : ils représentent un excellent système pour étudier non seulement l'aspect phytochimique et biochimique des métabolites secondaires des plantes, mais aussi leur évolution moléculaire. Plus de 400 structures d'alcaloïdes pyrrolizidiniques sont connues (**Frölich et al, 2005**). Ils tirent leur nom du noyau commun dont ils dérivent, la pyrrolizidine. Il s'agit d'un hétérocycle bicyclique composé de deux cycles pyrroles à cinq chaînons fusionnés avec l'azote

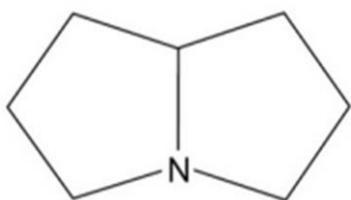
en tête de pont comme le montre la **figure 1**. Selon **Jean (2009)**, leur toxicité reste le point le plus essentiel de l'étude de ces alcaloïdes qui ne présentent pas de réelles propriétés thérapeutiques.

❖ **Les alcaloïdes tropaniques** : d'après **Koné (2009)**, plus de 200 structures d'alcaloïdes tropaniques isolés de différentes familles de plantes seraient connues. L'ornithine et l'arginine sont les précurseurs du noyau tropanique. Elles dérivent tous d'un noyau commun le tropane de structure bicyclique condensant un cycle pyrrolidine et pipéridine, adoptant une configuration spatiale de type chaise illustré par la **figure 2 (Costantini, 2019)**. Ces alcaloïdes possèdent une activité pharmacologique particulière notamment des propriétés psychotropes. Ces molécules ouvrent la voie à des médicaments d'indications bien précises notamment en ophtalmologie, pathologies neurodégénératives (maladie de Parkinson), traitement de la douleur, en gastroentérologie et en pneumologie (**Jakabová et al, 2012**).

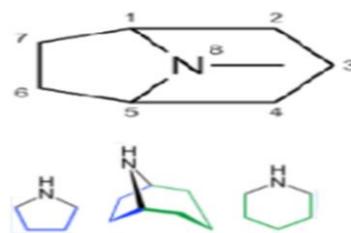
❖ **Les alcaloïdes isoquinoléique** : ils forment une classe importante des métabolites secondaires, ils contiennent 2500 structures définies (**Ahmed, 1998; Grycova et al., 2007**). Ces composés bioactifs sont généralement dérivés de la phénylalanine et de la tyrosine, leur motif structural de base est le noyau isoquinoléique illustré par la **figure 3 (Ahmed, 1998)**. Cette classe d'isoquinoléiques a beaucoup d'importance pharmaceutique à titre d'exemple : Activité antimicrobienne, activité antimalarienne, activité antioxydante (**Iwasa et al, 2001**).

❖ **Les alcaloïdes quinolizidinique et indolizidinique** : selon **Michael (2001)**, cette catégorie d'alcaloïdes se rencontre principalement chez des espèces de plantes de la famille des *Fabaceae*, en particulier chez les lupins. Ces alcaloïdes sont dérivés de L-lysine via la cadavérine. Les noyaux de base qui donne naissance à ces deux classes d'alcaloïdes se ressemblent énormément dans leurs structures comme la montre clairement la **figure 4 et 5**. Il est rapporté que les alcaloïdes quinolizidine et indolizidine présentent de nombreuses activités biologiques et pharmacologiques telles que : l'activité anticancéreuse, anti-inflammatoire, antivirale, anti-fibrose, analgésique et anti-arythmie et immunosuppressive. Par conséquent, ils ont été largement appliqués pour le traitement de l'hépatite virale, arythmie cardiaque (**Li et al., 2020**).

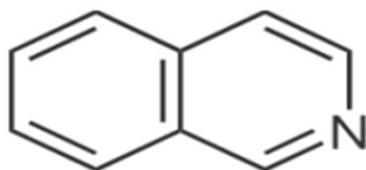
❖ **Les alcaloïdes pipéridiniques** : ils constituent l'une des principales classes d'alcaloïdes et ont fait l'objet de nombreuses revues. La pipéridine elle-même est un composé naturellement présent dans le poivre noir (*Piper nigrum*), dans le poivre long (*Piper longum*), et dans d'autres fruits de l'espèce Piper appartenant à la famille des pipéracées (**Derosa et al., 2016**). L'alcaloïde pipéridine contient le noyau de base à un seul cycle pipéridine C5N comme le montre la **figure 6**, il est synthétisé à partir de la L-lysine via la cadavérine (**Aniszewski, 2015**). Les alcaloïdes de ce groupe présentent divers rôles : Ils agissent comme sédatif, agent hypotenseur, anesthésique local, agent antiseptique etc. possède un effet contre les maladies chroniques telles que la réduction de la résistance à l'insuline, un effet anti-inflammatoire et amélioration aussi la stéatose hépatique (**Ojima et Iula, 1999**).



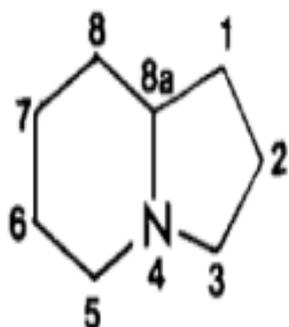
**Figure 1:** Noyau pyrrolizidine



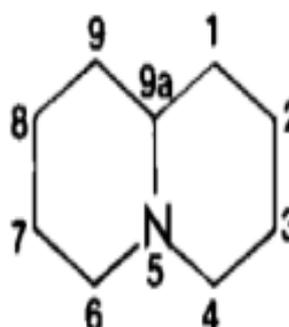
**Figure 2:** Noyau tropane



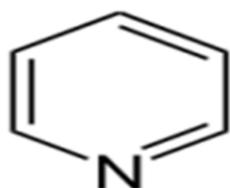
**Figure 3:** Noyau isoquinoléine.



**Figure 4:** Noyau indolizidine.

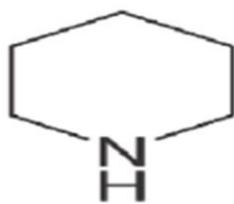


**Figure 5:** Noyau quinolizidinique

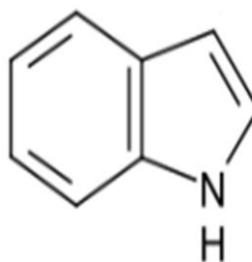


**Figure 6:** Noyau pyridine.

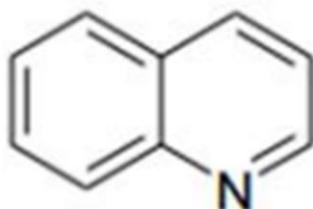
- ❖ **Les alcaloïdes pyridiniques** : ils se retrouvent majoritairement dans les angiospermes. Le noyau dont ils dérivent est la pyridine, son squelette est formé d'un seul cycle comme le montre la **figure 7**, Sa biogénèse est décrite à partir de l'acide nicotinique qui donne naissance à ce squelette pyridine (**Teles et al., 2019**). Ces alcaloïdes sont dotés de plusieurs activités biologiques, y compris l'activité antipyrétique, anesthésique local, antiulcéreux, analgésique, hépato-protecteur, hypertenseur (**Cordell, 1977**).
- ❖ **Les alcaloïdes indoliques** : ils constituent la plus grande et le plus hétérogène classe de métabolites secondaires azotés. Caractérisés par la présence d'un groupe fonctionnel appelé indole, leur précurseur biochimique est le tryptophane (**De Luca et al., 2012**). La **figure 8** présente le noyau commun de ce groupe d'alcaloïde. Les alcaloïdes indoliques ont attiré l'attention en raison de leurs propriétés thérapeutiques, étant anti-inflammatoire, antinociceptif, antitumoraux, antioxydant, antipaludique, antifongique, antiparasitaire, antivirale et antimicrobienne (**Wang et al., 2018**).
- ❖ **Les alcaloïdes quinoléiques** ils sont biogénétiquement dérivés de l'acide anthranilique et se trouvent principalement dans les plantes de la famille des *rutacées*. Ces alcaloïdes ont été rencontrés dans les plantes sri-lankaises des familles *Annonaceae* et *Moraceae*, en plus des Rutacées (**Gunatilaka, 1999**). Les alcaloïdes de ce groupe contiennent un noyau quinoléique commun. Leur précurseur est le tryptophane (**Wijnsma et Verpoorte, 1988**). Parmi ces alcaloïdes, on cite l'exemple de la quinine qui est utilisé comme un médicament antipaludique (**Ben-Zvi et al., 2012**). Il convient de noter que ces molécules de type quinoléine ont un effet oestrogénique (**Aniszewski, 2015**).
- ❖ **Les alcaloïdes imidazoliques** : selon **Zheng et al (2003)**, les alcaloïdes imidazoliques ont un noyau commun imidazole, ils proviennent de L-histidine. La **figure 10** nous présente le noyau imidazole. L'anatine, noranantine, cynométrine, isoanantine, isocynométrine, isocynodine, hydroxyanantine, cynolujine sont des exemples de ce groupe d'alcaloïdes.
- ❖ **Les bases puriques** : Les alcaloïdes puriques, notamment la caféine (café), la théophylline (thé), la théobromine (chocolat) jouent un rôle important dans la pharmacologie et la chimie alimentaire. Ils sont synthétisés à partir de la xanthosine, un catabolite des nucléotides puriques (**Sato, 2019**).



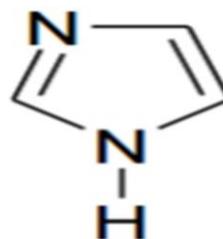
**Figure7:** Le noyau pipéridine.



**Figure 8:** Noyau indole



**Figure 9:** Noyau quinoléique.



**Figure 10:** Noyau imidazole

### I-3-2- Les proto-alcaloïdes

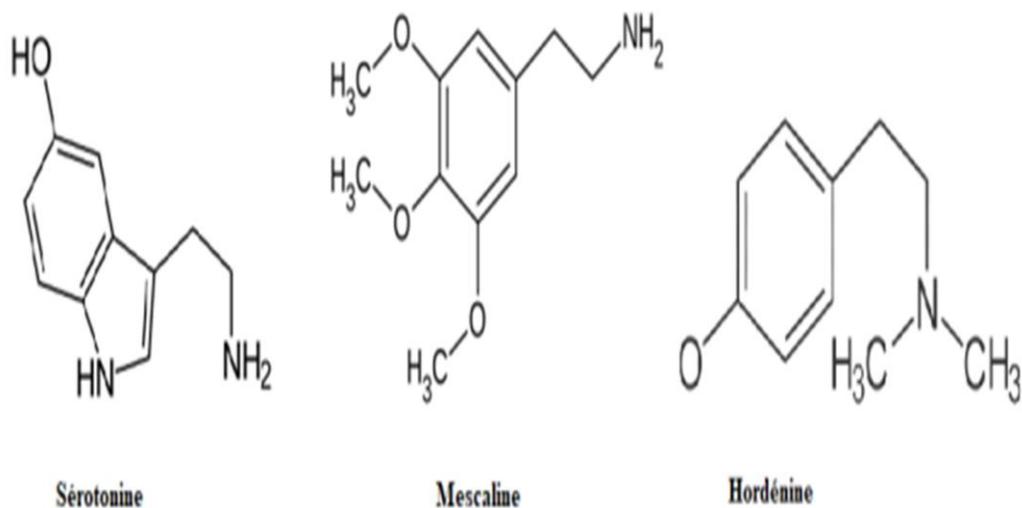
Les proto-alcaloïdes se distinguent avec un atome d'azote en dehors de l'hétérocycle mais ils dérivent d'acides aminés (**Badiaga, 2011**). Ces types d'alcaloïdes comprennent des composés dérivés de la L-tyrosine et du L-tryptophane, ils ont un caractère basique et sont élaborés *in vivo* à partir d'acide aminé. Ils sont souvent appelés « amines biologiques » et sont solubles dans l'eau (**Jean, 2009**). Ils donnent des réactions positives pour tous les tests généraux pour les alcaloïdes (**Kuntal et Sevgi, 2018**).

L'hordénine, la mescaline et la sérotonine sont de bons exemples de ce type d'alcaloïdes illustrés dans la **Figure 11**.

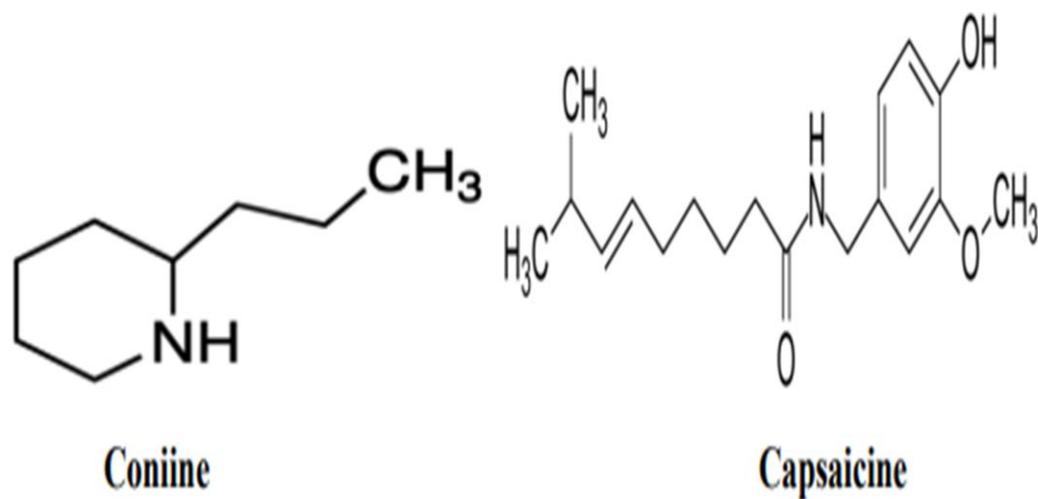
Elles forment une minorité de tous les alcaloïdes. Certains d'entre eux ont été utilisés en médecine populaire pour le traitement de la maladie mentale et occasionnellement pour combattre la douleur et névralgie (**Aniszewski, 2007**).

### I-3-3- Les pseudo-alcaloïdes

Les pseudo-alcaloïdes présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés (**Badiaga, 2011 ; Eguchi et al., 2017**). Dans la majorité des cas connus, ce sont des dérivés d'isoprénoïdes et du métabolisme de l'acétate (**Tidjani et Rhouati, 2016**). Dans ce cas-là on peut citer les alcaloïdes terpéniques, chez lesquels l'atome d'azote est inséré dans le squelette à un stade de biosynthèse tardif (**Devkota & Sewald, 2013**). Ils ne possèdent pas d'azote intra cyclique et l'incorporation de l'azote dans la structure se fait en phase finale (**Boutera et Hammodi, 2016**). Les pseudo-alcaloïdes dont le squelette carboné ne dérive pas d'acides aminés, mais résulte d'une transamination et ne donnent pas de réponse positive aux tests généraux pour les alcaloïdes (**Kuntal et Sevgi, 2018**). On cite quelques structures des pseudo-alcaloïdes dans la **figure 12**. Le rôle des alcaloïdes terpéniques est apparu de plus en plus évident dans l'adaptation des végétaux à leur environnement. Ils assurent également des fonctions clés dans la résistance aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores, etc.) et abiotiques (UV, température, etc.) Ils participent aussi à l'attraction des pollinisateurs et aux réponses allélopathiques (**Devkota et Sewald, 2013**).



**Figure 11:** Structures chimiques des proto-alcaloïdes



**Figure 12:** Structures de certains pseudo-alcaloïdes.

Les alcaloïdes constituent, avec les hétérosides, la majorité des principes actifs des plantes médicinales (**Hamoudi *et al.*, 2015**). Ils peuvent être présents dans toutes les parties de la plante mais sont le plus souvent localisés dans certains organes : Racine (Ipéca), feuille (Coca), fruit (Pavot), écorce (quinquina), graine (Colchique), etc. Une plante renferme très rarement un seul alcaloïde ; en général on a un mélange d'alcaloïdes où l'un d'entre eux domine. Les alcaloïdes existent rarement à l'état libre dans la plante. Le plus souvent, ils sont combinés aux tanins ou aux acides organiques notamment les acide acétique, citrique, malique... (**Guessoumi, 2023**).

## I-2- GENERALITE SUR *CARAPA PROCERA*

### I-2-1- Nomenclature

Le genre *Carapa* a été décrit pour la première fois par Aublet en 1775, dans Neotropics. *Carapa procera* DC est une espèce sauvage découverte en 1824 (Gbif, 2021). Ses noms vernaculaires sont entre autres : arbre à huile de Kunda, arbre à huile de Tallicoonah (Français) Crabwood (anglais) ; Kôbi ou Gobi (Bambara, Dioula, Malinké) ; Tulukuna (Bambara, Malinké) ; kondou (baoulé).

Règne : *Plantae*

Embranchement : *Tracheophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : *Sapindales*

Famille : *Meliaceae*

Genre : *Carapa* Aubl.

Espèce : *Carapa procera* DC. (Gbif, 2021).

### I-2-2- Description de l'arbre

*Carapa procera* (Figure 13) est un arbre non domestiqué de la famille des méliacées, identifié en Amérique latine et en Afrique, et relativement connu pour ses diverses propriétés. L'arbre peut atteindre jusqu'à 45 m de hauteur avec un fût court, un tronc droit et cylindrique de diamètre évalué entre 40 et 60 cm (Weber *et al.*, 2010). Les premières branches cylindriques sont habituellement obtenues à partir d'une hauteur de 20 m. Celles-ci sont pourvues d'écorces grisâtres et lisses sur des jeunes pousses tandis qu'elles sont facilement détachables sur des espèces adultes. Les feuilles terminales sur les branches (Figure 14) ont à peu près 80 cm de long avec des folioles de 6-18 cm (Sanogo *et al.*, 2013). Les pétioles sont longs de 1-2 cm et concernant les graines, des auteurs affirment qu'à la maturité, les fruits encapsulés s'ouvrent en 4 ou 5 valves selon l'espèce (Nonviho, 2015).



**Figure 13:** Arbre de *Carapa procera*



**Figure 14:** Feuilles de *Carapa procera*

### I-2-3- Aire de répartition de *Carapa procera*

Selon **Kenfack, (2008)** le genre *Carapa* contient à peu près 27 espèces dont 16 seraient d'origine africaine. Les noms des espèces proviennent pour la plupart de leur lieu d'occurrence. *Carapa guianensis* Aubl est vue comme d'origine guinéenne et des forêts tropicales africaines; *Carapa moluccensis* Lam pourrait provenir de l'archipel Malaise et *Carapa nicaraguensis* C.D.C. est spécifique à l'Amérique centrale (principalement du Nicaragua). Quant aux espèces *Carapa procera* (ou *Carapa touloucouna*) et *Carapa grandiflora*, elles seraient plutôt d'origine asiatique et africaine. Mais, *Carapa surinamensis* Miq. (Espèce identifiée au Surinam) a une prédominance guyanaise. Une dernière espèce, le *Carapa akuri*, de caractéristiques proches du *C. procera* du Bénin a été retrouvée en Guyane (**Nonviho, 2015**). En Afrique de l'ouest, trois espèces sont reconnues : *Carapa microcarpa*, *Carapa velutina* et *Carapa procera* (**Weber et al., 2010**).

L'espèce *Carapa procera* (Cp) est identifiée en Amérique latine et en Afrique au Sud du Sahara (**Adjé et al., 2019**). **Weber et al. (2010)** pensent que le genre *Carapa spp* en Afrique, est distribué au niveau de l'équateur, en allant du rift d'Albertine (Ouganda, Rwanda) à l'Est, jusqu'au Sénégal et au Mali à l'Ouest, le long des frontières de la Guinée et de la Côte d'Ivoire. C'est une espèce des galeries forestières des zones agroécologiques soudanienne et guinéenne. On les retrouve habituellement dans les sous-bois de forêt humide, de mangroves, de galerie, et dans les marais (**Guèye, 2010**).

### I-2-4- Description du fruit de *Carapa procera*

Dans certains pays africains, la floraison de *Carapa procera* s'observe de janvier à mars en saison sèche ; les fruits mûrissent quatre mois plus tard (**Weber et al., 2010 ; Dembélé et al., 2019**). Le fruit de *Carapa procera* (**Figure 15**) est une sorte de capsule à quatre ou cinq valves renfermant chacune entre deux et cinq graines, soit un total de huit à vingt graines par fruit. À maturité, ces fruits, déhiscent tombent de l'arbre et libèrent les graines.

La germination des graines non infestées par les insectes est très efficace *in situ* et *ex situ* Pour produire une huile de qualité, les graines sont ramassées du sol avant de germer, ou d'être parasitées. Après transformation, ces graines récoltées produisent une huile dont les propriétés sont diverses (**Weber et al., 2010**). En moyenne, la production par arbre et par an est estimée à 200 kg de graines (**Guillemot, 2004**). De la récolte à l'extraction de l'huile, toutes les étapes sont essentiellement assurées par les femmes.



**Figure 15:** Fruits de *carapa procera*

### **I-2-5- Composition biochimique du fruit de *Carapa procera***

Les fruits ont une forte teneur en huile d'environ 55-60 % (**Djenontin et al., 2012 ; Sanogo et Sacandé 2013**). Selon **Bazongo et al., (2016)**, les principaux constituants des amandes de *Carapa procera* (g/100 g de matière sèche) sont les suivants : 58 % de lipides, 27 % de glucides, 7 % de protéines, 5 % d'eau, 4 % de minéraux.

L'huile végétale extraite des graines a fait également l'objet d'études. Selon **Miralles (1983)**, l'huile de *Carapa p.* du Congo a une composition en acides gras spécifiquement majoritaires en acides oléiques entre 37,1 et 48,9 % (**Mizangui et al., 2011**), en acides palmitiques entre 22,6 et 26,4 % et en acides linoléiques entre 14,4 et 25,4.

**Minzangui et al. (2011)** ont plutôt trouvé que cette huile était riche en acides gras saturés, dont l'acide stéarique (52,3 %) et aucune information n'est fournie sur les composés insaponifiables de l'huile. Quant à l'huile végétale de *Carapa p.* du Bénin, **Djenontin et al. (2012)** ont décrit que son profil en acides gras était proche de celui décrit par **Miralles (1983)**. Ils ont également caractérisé par HPLC, les tocophérols et quelques stérols de l'huile. Les résultats de leurs recherches ont montré une prédominance de l'huile en  $\beta$ -sitostérol et en  $\alpha$ -tocophérol. Les proportions en tocotriénols ne sont pas encore connues et il est reconnu que la quantification de ces composés peut varier suivant plusieurs facteurs dont la méthode de caractérisation. En outre, **Dioum et al. (2013)** présentent les indices d'acide, de peroxyde et de saponification de l'huile commercialisée sur le marché, qui sont respectivement de 5,6 ; 0,02 et de 201,96.

### **I-2-6- Importance de *Carapa procera***

#### **I-2-6-1- Importance économique**

Bien qu'étant une espèce peu connue et exploitée par les populations, *Carapa procera* est une espèce végétale dotée de multiples potentiels. De toutes les composantes de *Carapa procera*, l'usage des graines pour la production d'huile est beaucoup plus rapporté et celles-ci sont reconnues amères (**Weber, 2010 ; Nonviho, 2015**).

La vente de l'huile végétale obtenue à partir des graines a commencé dans certaines régions d'Afrique où **Gueye et al., (2010)** ont recensé des prix de vente de fioles allant de 1000 à 15.000 FCFA (soit à peu près 1,50-15,40 euros). D'après **Weber et al., (2010)**, le prix de vente de l'huile de *carapa* varie en proportion inverse de sa disponibilité entre 1000 FCFA/ L et 3000 FCFA/ L (1,50–4,60 euros/ L). Ce prix est comparable au prix de l'huile locale produite en Amérique du Sud (Guyane 3,50 dollars/ L ; Brésil 3 dollars/ L) (**Martinborough, 2002 ; Plowden, 2004**). Lors de la revente en petite quantité, le prix peut atteindre 10.000 FCFA/ L (15,40 euros). Tout ceci traduit du potentiel

économique de cette huile. En effet, sur les marchés locaux comme au Brésil, le prix du litre d'huile atteint 6 euros ; lorsque revendu au détail en sous-traitance via internet, ce prix peut atteindre une valeur maximale, extraordinaire, équivalant à 1500 euros/ L (**Guèye et al., 2010 ; Weber et al., 2010**).

Bien qu'étant une huile amère empêchant son usage dans l'alimentation, elle présente diverses propriétés utiles dans divers domaines tels que :

- La Cosmétique : L'huile peut être utilisée dans la formulation de laits, huile de massage, crèmes hydratants à cause de sa richesse en acide oléique. Du fait de son indice de saponification élevé et de ses propriétés antiseptiques et insectifuges, elle est aussi utilisée pour la fabrication de savons, notamment celle du savon noir dans certains pays ouest-africains (**Carrière, 2000 ; N'Klo, 2001**).
- La Médecine : Les propriétés antiallergiques, antibactériennes, vermicide et Cicatrisantes justifient ses multiples usages en médecine humaine et animale (**Diatta et al, 2013 ; Dioum et al, 2013**).
- Comme biopesticide, l'huile permet de repousser les insectes nuisibles (**Sombie et al., 2020**). En effet, l'huile extraite des amandes de *C. procera* présente des activités insecticides sur un certain nombre d'insectes (**Djenontin et al, 2012**) et est ainsi utilisée dans le contrôle biologique des insectes nuisibles pendant le stockage des céréales, sur les végétaux et des insectes vecteurs de maladies (**Weber et al., 2010 ; Mann et Kaufman, 2012**).

En Afrique de l'ouest, l'utilisation et la commercialisation de l'huile de *Carapa procera* sont en grande partie locale, ce qui en fait une activité relativement marginale.

### **I-2-6-2-Production de l'huile de *Carapa procera***

La production d'huile en Afrique reste une activité encore restreinte car l'huile ne fait pas encore l'objet d'exportation ni de production à grande échelle. Après une observation personnelle, **Weber et al., (2010)** ont déduit qu'au Mali, avec la méthode traditionnelle il faut approximativement 7 kg de graines fraîches pour produire un litre d'huile pure, soit un taux de conversion de 14%. Au Sénégal, un sac (90 cm profondeur × 59 cm de largeur) rempli de graines (56 Kg) est nécessaire pour produire 7 L à 8 L d'huile de *Carapa*. Pour l'andiroba (*Carapa guianensis*) produit en Amérique du sud, les taux varient de 7 % à 30 % pour 1 L d'huile extrait à partir de 3 à 14 kg de graines. Toutefois, suivant la méthode d'extraction le rendement peut varier. Le Brésil est à l'origine de la production industrielle à grande échelle de l'huile et de sa présence sur le marché international (**Nonviho, 2015**).

En Côte d'Ivoire, L'huile est couramment produite et utilisée chez les Baoulés comme substitut du beurre de karité et notamment dans la fabrication du savon noir *kondoû*.

## **II- MATERIEL ET METHODES**

## **II-1- MATERIEL**

### **II-1-1- Matériel végétal**

Le matériel végétal retenu pour cette étude était constitué d'amende et de coques issues de graines de *Carapa procera* récoltée dans la région de Bouaké à 342,3 Km d'Abidjan durant le mois d'avril (**Figures 16 et 17**). Après la récolte l'échantillon a été séché à température ambiante à l'abri de la lumière.

### **II-1-2- Matériel technique et réactifs**

Le matériel technique a été fourni par l'UPR de biotechnologie. Il était constitué en plus de produits chimiques de grade analytique, de verrerie de laboratoire (tubes à essai, béchers, erlenmeyers, micropipettes, éprouvettes graduées, bocaux en verre, burettes graduées). Les appareils tels qu'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 7315 UV, USA), une balance électronique de précision (Denver Instrument SI-403, Allemagne), une étuve (Venticell, France), une broyeuse électronique (Moulinex, Chine), ont été utilisés.



**Figure 16:** Fruits de kondou (*Carapa procera*)



**Figure 17:** coques et amandes de kondou (*Carapa procera*)

## II-2- METHODES

### II-2-1- Extraction aqueuses et hydroalcooliques des composés actifs des graines de *carapa procera*.

#### II-2-1-1- Préparation des poudres de graine de *Carapa procera*.

Les graines de *Carapa procera* sèches sont d'abord concassées puis l'amande résultante est séparée de la coque. Dans un broyeur électrique les amandes ainsi que les coques issues des graines de *Carapa procera* sont réduites en poudres séparément et conservées dans des boîtes en verre à l'abri de la lumière.

#### II-2-1-2- Extraction bioactifs aqueux et hydro-éthanolique de coques et amandes de *Carapa procera*.

Les extraits aqueux bioactifs des graines de *Carapa procera* ont été obtenus selon la méthode de **Zirihi et al., (2003)**.

Cent (100) g de poudres fines de coques ou amandes de *Carapa procea* préalablement préparé ont été prélevés dans un erlenmeyer et 1 L d'eau distillée ont été ajoutés puis le mélange est homogénéisé sous agitation magnétique pendant 24 h à température ambiante (25°C) d'un agitateur magnétique. L'homogénat obtenu est filtré successivement sur un tissu propre puis sur du papier filtre wattman. A l'aide d'une étuve réglée à 50°C, les solvants d'extractions sont éliminés. Le résidu sec est récupéré sous forme de poudre et constitue respectivement l'extrait total aqueux (ETA) et l'extrait éthanolique 70% qui est conservée dans des bocaux stériles.

#### II-2-1-3- Calcul de rendement

Le rendement de la quantité d'extrait obtenu à partir de la poudre de graine (amende puis coque) est exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante (**Zouaoui et al, 2018**) :

$$\text{Rd (\%)} = \frac{m}{M} \times 100$$

Rd : rendement d'extraction (%); m : masse de l'extrait sec (g); M : masse de poudre de graines sèches (g)

## II-2-2- Extraction des alcaloïdes totaux.

La mise en évidence des alcaloïdes est basée sur leur capacité à former des précipités ou des complexes insolubles avec des métaux lourds et/ou des métalloïdes (Bi, Hg, I<sub>2</sub>, etc.) contenus dans les « réactifs généraux des alcaloïdes » Notamment Mayer, wagner, Dragendorff, etc. (Togola *et al*, 2019).

2 g de poudre d'échantillon (amendes ou coques) de *carapa procera* sont dissouts dans 2 mL d'une solution d'ammoniaque diluée au 1/10 avec de l'eau distillée. Puis, 15 mL d'éther y sont ajoutés et l'ensemble est agité pendant 10 minutes puis filtré. Le filtrat obtenu est mis dans une ampoule à décanter puis 2 mL d'acide chlorhydrique (HCl) dilué au 1/10 y sont ajoutés. Le tout est homogénéisé et laisser décanter. La phase acide surnageante contenant l'extrait d'alcaloïde est recueillie pour la suite des tests avec les différents réactifs.

### II-2-2-1- Tests qualitatifs des alcaloïdes totaux des graines de *carapa procera*.

Les tests sont effectués selon la méthode adaptée de Kuntal et Sevgi, (2018).

- **Test de Dragendorff (Iodure de potassium + Nitrate de bismuth)**

Principe: Le nitrate de bismuth réagit avec l'iodure de potassium dans une Solution acide et forme une solution d'iodure de bismuth et de potassium ([BiI<sub>4</sub>K]) qui réagit avec les alcaloïdes et forme une précipitation orange Foncé.

#### **Préparation :**

- solution A

1 g de sous nitrate de bismuth est dissout dans 12,5 mL d'acide acétique glaciale 5 mL d'eau distillée

- Solution B

Elle est préparée à partir 5 g d'iodure de potassium dissouts dans 12,5 mL d'eau distillée.

Pour la former le réactif de dragendoorf 10 mL de la solution A et 10 mL de la solution B sont prélevés puis homogénéisés. Ensuite 25 ml d'acide acétique glaciale sont ajouté au mélange et le volume est complété a 100 mL avec de l'eau distillé puis la solution a été filtrée.

**Réaction:** 4 gouttes solution de dragendorf sont ajoutés à 2 mL de solution d'extrait d'alcaloïde.

**Observation:** Formation de précipités amorphes jaune orangé.

- **Test de Mayer** (iodure mercurique de potassium)

**Préparation:** 1,36 g de chlorure mercurique et 5 g d'iodure de potassium sont dissous séparément et respectivement dans 60 mL et 10 mL d'eau distillée. Ensuite, les deux solutions ont été mélangées et avec de l'eau distillée, le volume a été porté à 100 mL.

**Réaction:** 4 gouttes de solution de Mayer sont ajoutés à 2 mL de solution d'extrait d'alcaloïde.

**Observation:** Formation de précipités amorphes blancs ou jaune crème.

- **Réaction de Wagner** (iode iodure de potassium)

**Préparation:** 1,30 g d'iode et 2,0 g d'iodure de potassium sont dissous dans 100 mL d'eau distillée.

**Réaction:** 4 gouttes de Solution de Wagner sont ajoutés à 2 mL d'extrait d'alcaloïde.

**Observation:** Formation de précipités bruns ou brun rougeâtre.

## **II-2-2-2- Test quantitatif des alcaloïdes totaux.**

### **➤ dosage des alcaloïdes**

La méthode de dosage est décrite par **Sreevidya et Mehrotra, (2003)**.

Pour ce faire 5mL de solution d'extrait a été prélevé, et le pH a été maintenu entre 2 et 2,5 avec du HCl dilué. Ensuite 2 mL du réactif de Dragendorff y sont ajouté et le précipité formé a été centrifugé. On a vérifié la précipitation complète du centrifugat en y ajoutant quelque gouttes du réactif de Dragendorff à nouveau puis le mélange a été centrifugé et laissé décanté complètement. Le précipité formé a été lavé avec de l'alcool puis traité avec 2 mL de solution de sulfate disodique et a ensuite été centrifugé. L'achèvement de la précipitation a été vérifié en ajoutant 2 gouttes de sulfate de disodium. Le résidu a été dissout dans 2 mL d'acide nitrique concentré et la solution a été diluée à 10 mL avec de l'eau distillée. Ensuite 1 mL de cette solution diluée a été prélevé et 5 mL de solution de thio-urée y ont été ajoutés. L'absorbance a été mesurée à 435 nm.

La courbe d'étalon a été réalisée à partir d'une solution mère d'atropine à 10 mg/L avec une gamme allant de 0 à 1 mg/mL.

Les absorbances ont été lues au spectrophotomètre à 435 nm contre le tube blanc préparé dans les mêmes conditions en remplaçant le mélange par l'eau distillée.

Les teneurs en alcaloïdes des extraits (organes et milieu de culture liquide) ont été évaluées à partir de la droite de régression linéaire et exprimées en gramme équivalent d'atropine pour 100 g de poudre ou 100 mL de milieu liquide.

### **II-2-3- Mise en évidence des molécules d'alcaloïdes spécifiques utile à l'organisme.**

#### **II-2-3-1- Méthode de criblage phytochimiques par spectrophotométrie.**

Le criblage phytochimique a été réalisé selon la méthode de **Mabasa *et al.*, (2021)** avec quelques modifications .

Les différents extraits aqueux et hydroalcoolique ont été dilués à 10 % dans leurs solvants respectifs. Les dilutions ont été faites dans des tubes de 2 ml puis 1ml de ces extraits ont été prélevé pour la lecture de la densité optique (DO) dans un intervalle de longueur d'onde allant de 200 à 600 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

#### **II-2-4- Analyse statistique**

Pour les tests quantitatifs et les paramètres physicochimique, les résultats ont été exprimés en moyenne  $\pm$  écartype à l'aide du logiciel Excel version 2013. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel XLSAT version 2014. Le test de Duncan a été utilisé pour les comparaisons des moyennes au seuil de 5%.

# **III- RESULTATS ET DISCUSSION**

### **III-1- RESULTATS**

#### **III-1-1-Rendement des extraits aqueux et hydroalcooliques des amandes et coques de *Carapa procera*.**

Les valeurs obtenues au niveau du rendement de l'amande sont de 16,2 % pour l'extrait éthanolique et 9 % pour l'extrait aqueux.

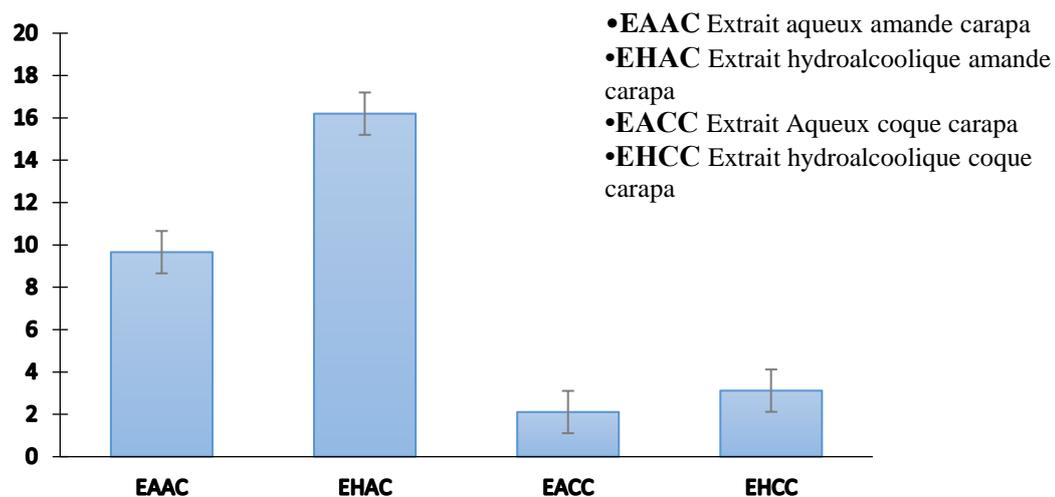
Concernant le rendement au niveau des coques, les extraits hydroéthanoliques et aqueux ont enregistré un rendement de 3,1% et 2,2% respectivement comme l'indique la **figure 17**.

Le rendement d'extraction de l'amande de *Carapa procera* est dans l'ensemble supérieur à celui de des coques selon qu'il s'agisse de l'extrait hydroéthanolique ainsi que l'extrait aqueux.

#### **III-1-2- Alcaloïdes totaux dans les extraits d'amandes et de coques**

Les tests qualitatifs réalisés sur les extraits d'amandes et de coque ont permis de mettre en évidence la présence des alcaloïdes.

Les différents tests effectués tel que le test de wagner, Dragendorff et Mayer ont révélé la présence des alcaloïdes par la perception de coloration caractéristique selon les réactifs utilisés. Les différents tests ont montré que les alcaloïdes sont plus présents dans l'extrait aqueux des amandes que celui des autres extraits. (**Tableau 1**)



**Figure 18:** Rendement d'extraction aqueux et hydroethanolique de la coque et l'amande de la graine de *Carapa procera*.

**Tableau I:** Mise en évidence des alcaloïdes dans les matières dérivées de *carapa procera*.

Matière	Amande		Coque	
	EA	E.Eth	EA	Eth
Alcaloïde	++	+	+	+

Le signe + signifie test positif, le nombre de signe + augmente avec l'intensité de la coloration. EA : extrait aqueux ; E.Eth: extrait éthanolique

### **III-1-3- Teneurs en alcaloïdes totaux dans les matières dérivés de *carapa procera* .**

Les résultats du dosage des alcaloïdes dans les extraits des amandes et de la coque de *Carapa procera* ont montré une variabilité au niveau des teneurs en alcaloïdes.

Concernant les amandes, les extraits hydroéthanoliques ont enregistré une teneur de  $2,093 \pm 0,236$  mg/ 100 g et d'extrait aqueux de  $17,2 \pm 1,97$  mg/ 100 g.

S'agissant des coques les extraits hydroéthanoliques ont enregistré une teneur de  $1,34 \pm 0,103$  mg/ 100 g. et les extraits aqueux une teneur de  $4,477 \pm 0,34$  mg/ 100 g.

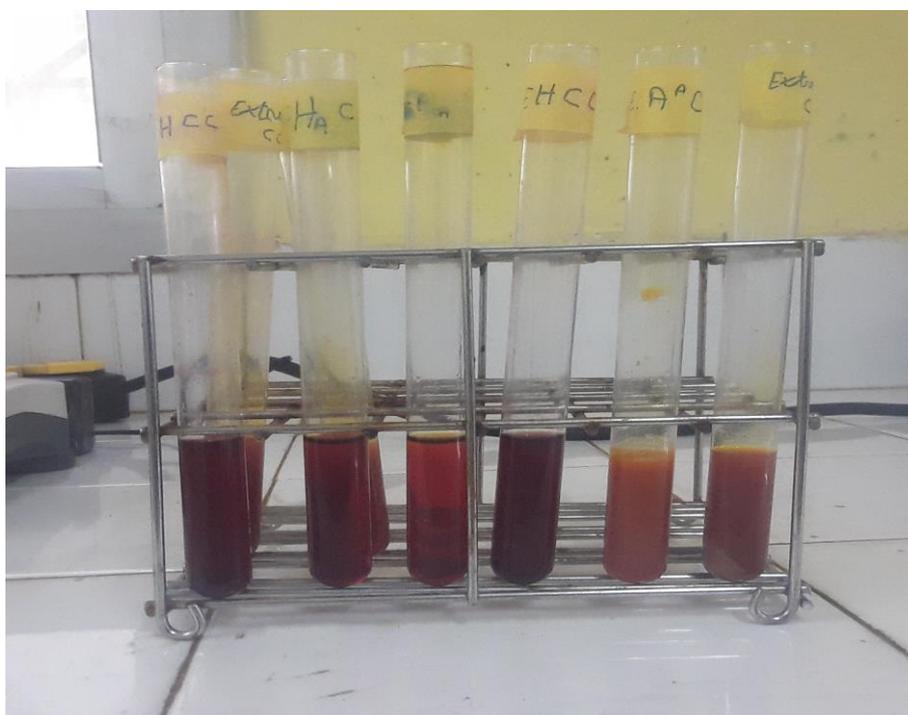
L'analyse des résultats a révélé que les extraits aqueux d'amandes ont une teneur élevé en alcaloïdes avec une valeur de  $17,2 \pm 1,97$  mg/ 100 g de matière sèche comparé aux extraits aqueux de coques qui ont présenté une teneur de  $4,477 \pm 0,34$  mg/ 100 g de matière sèche .

On observe également la même situation au niveau des extraits hydro-éthanoliques d'amandes avec une valeur de  $2,093 \pm 0,236$  mg/ 100 g comparé à l'extrait hydro-éthanolique de coque  $1,34 \pm 0,103$  mg/ 100 g de matière sèche. (Tableau II).

**Tableau II:** Teneurs des alcaloïdes totaux dans les matières dérivés de *carapa procera*.

Matière		Teneur en alcaloïdes totaux (mg/100g)
Amande	EA	17,2± 1,974 <sup>a</sup>
	E Eth	2,093± 0,236 <sup>bc</sup>
Coque	EA	4,477± 0,34 <sup>b</sup>
	E Eth	1,34± 0,103 <sup>c</sup>

EA : extrait aqueux ; E.Eth : extrait hydro-éthanolique. Les lettres (a, b, c, et bc) différentes sur la même colonne indiquent une différence statistique selon le test de Duncan au seuil de 5% ; celles affectées par la même lettre sont statistiquement identiques



**Figure 19:** Dosages des alcaloïdes totaux.

### III-1-4- Analyse des profils UV-Vis des différents extraits de *carapa procera*.

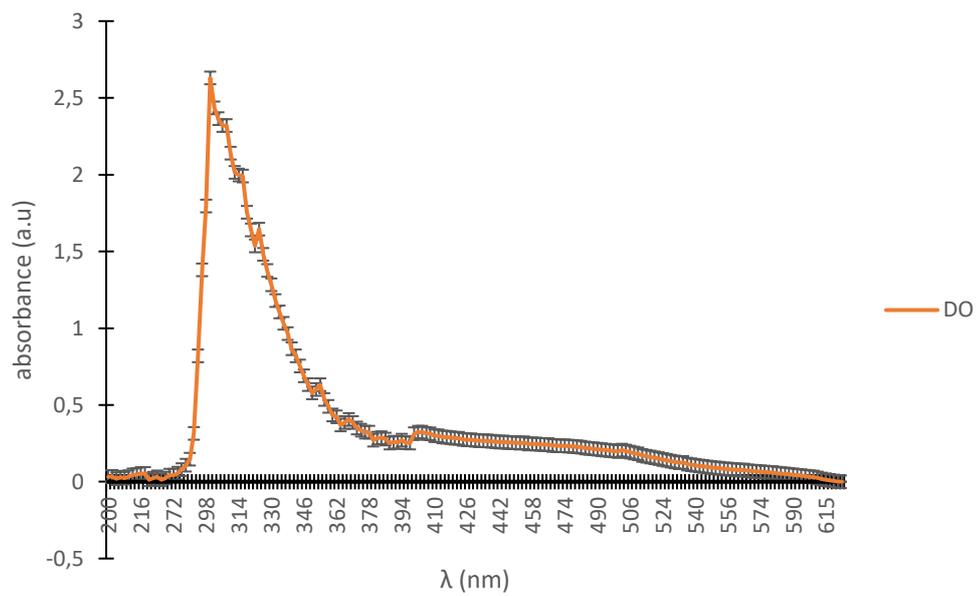
Les spectres d'absorption enregistrés dans la plupart des cas dans nos matrices montrent une intense bande d'absorption d'énergie dans le domaine de l'UV à différentes longueurs d'onde. Le profil UV-Visible des extraits aqueux et hydroéthanoliques de *carapa procera* a été sélectionné entre 200 nm et 600 nm en raison de la largeur des pics distinctifs et de la ligne de base appropriée.

Le profil UV-Vis (**Figure 20**) de l'extrait hydroéthanolique d'amande a révélé la présence de 6 pics à 300 ; 308 ; 316, 324 ; 354 et 370 nm dont le pic maximal est à 300 nm et une absorption allant de 0,386 à 2,63 a.u.

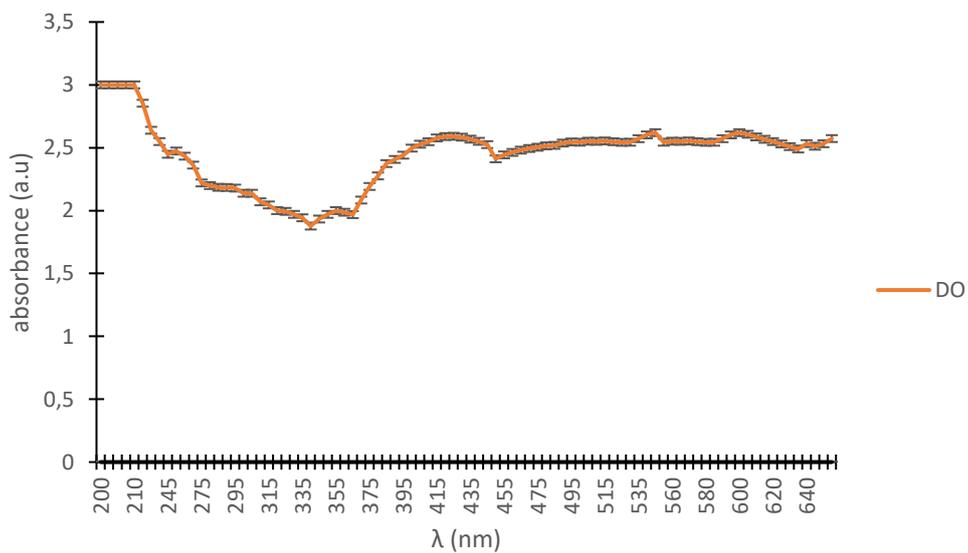
Au niveau de l'extrait aqueux amande de *carapa procera* le profil UV-Visible (**Figure 21**) a révélé 13 pics aux longueurs d'ondes de 210 ; 245 ; 280 ; 305 ; 340 ; 355 ; 390 ; 420 ; 435 ; 445 ; 450 ; 545 ; 600 nm dont le pic maximal est à 210nm et une absorption allant de 1,97 à 3 a.u.

Pour l'extrait hydroéthanolique de coque de *carapa procera* Le profil UV-Visible (**figure 22**) a révélé 5 pics aux longueurs d'ondes de 315 ; 335 ; 385 ; 400 et 440 nm dont le pic maximal est à 315 nm et une absorption allant de 0,63 à 2,205 a.u.

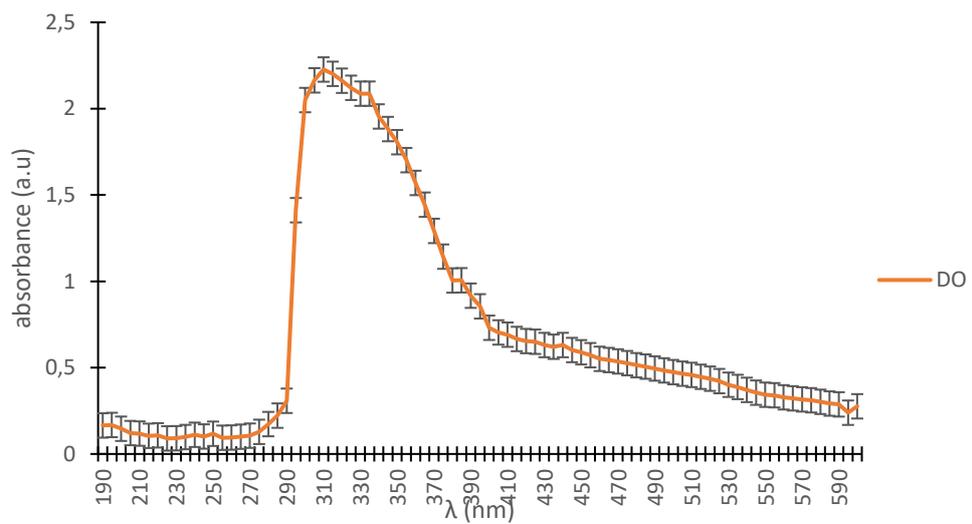
En ce qui concerne l'extrait aqueux coque de *carapa procera* le profil UV-Vis (**Figure 23**) a révélé 6 pics aux longueurs d'ondes de 305 ; 340 ; 365; 395 ; 410 ; 455 nm dont le pic maximal est à 395 nm et une absorption allant de 1,84 à 2,32 a.u.



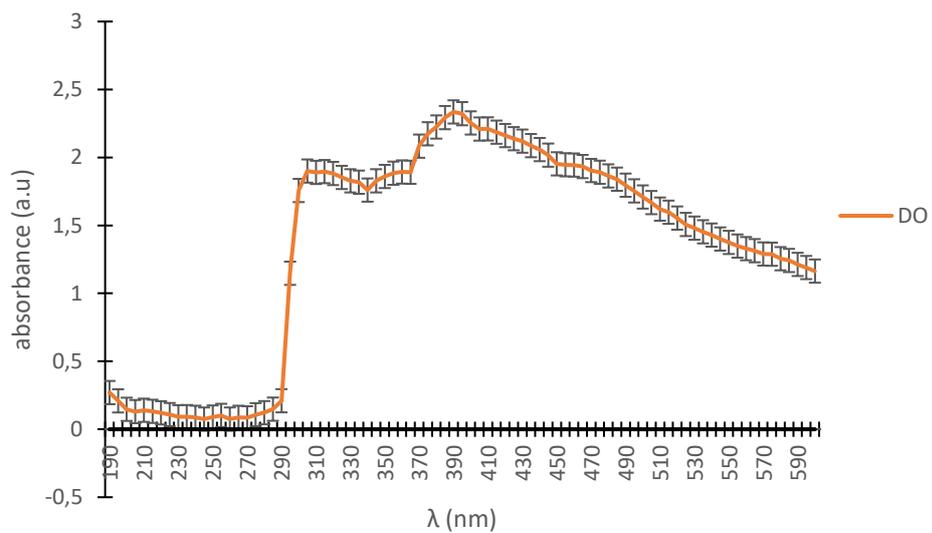
**Figure 20:** Spectre d'absorption UV de l'extrait hydroéthanolique d'amande de carapa procera.



**Figure 21:** Spectre d'absorption UV de l'extrait aqueux amande de carapa procera.



**Figure 22:** Spectre d'absorption UV de l'extrait hydroethanolique de coque de carapa procera.



**Figure 23:** Spectre d'absorption UV de l'extrait aqueux de coque carapa procera.

### III-2- DISCUSSION

Les composés bioactifs ont des intérêts multiples mis à profit notamment dans les industries agroalimentaire, cosmétologique et pharmaceutique. En effet, ces composés sont utilisés en tant que drogues, arômes, parfums, insecticides, ou colorants (**Bruneton, 2016**).

Le rendement d'extraction calculé pour les extraits hydroéthanoliques et aqueux d'amandes et de coques de *carapa procera* a montré que l'extrait hydroéthanolique d'amande enregistrait un pourcentage de rendement plus élevé et donc il permet d'obtenir la plus grande quantité d'alcaloïdes extractibles. Le rendement maximal est donné par le solvant hydroéthanolique (16,2%) dans nos expériences. Cela peut être dû à la polarité élevée du solvant éthanolique qui peut piéger une grande variété de constituants végétaux que les autres solvants (**Manivannan et al., 2016**).

Le screening phytochimique des extraits de graines de *carapa procera* a montré la présence des alcaloïdes après les trois tests positifs de Wagner, Dragendorff et Mayer. Le même résultat a été confirmé par **Diakité et al., (2022)** ainsi que **Forget et Kenfack (2008)** qui ont signalé la présence des alcaloïdes dans les fruits de *carapa procera* présent au Mali. Ces résultats sont similaires à ceux de **Lehdjazi et Tikouane, (2021)** qui indique que les alcaloïdes de *L'Ocimum basilicum* sont moins présents dans l'extrait hydroalcoolique par rapport à l'extrait aqueux ou ils sont abondants. La présence prononcée des alcaloïdes dans l'amande pourrait justifier l'usage de l'huile issue de l'amande pour les soins de la peau et des cheveux, dans la médecine traditionnelle et en santé animale (**Arbonnier., 2000**). En effet les produits phytochimiques (alcaloïdes) sont des produits chimiques végétaux non nutritifs possédant divers degrés de propriétés préventives contre les maladies. Les substances phytochimiques peuvent manifester leurs effets protecteurs sur la santé de diverses manières (**Rabab et al 2021**). Ils peuvent aider à réduire le risque de cancer en inhibant la production de tumeurs (**Devasagayam et al., 2004**).

La teneur en alcaloïde totaux élevé est de 0,17g pour 10 g d'amande de *carapa procera*. Ce taux est légèrement inférieur à celui de *L'Ocimum basilicum* qui est de 0,19 g pour 10 g de la plante utilisé comme pesticide. De nombreuses plantes tel que la citronnelle, la mélisse, la tanaïs, l'absinthe, l'aspérule, la lavande...etc. présente les mêmes propriétés (**Hafiane et al., 2022**). Cela justifie le fait que l'huile de l'amande est un excellent bio-pesticide au niveau des cultures maraîchères et du coton (**Weber et al., 2010**). Par conséquent, il ne doit pas être utilisé de manière massive et non réglementée.

Dans les composés, chaque fonction absorbe la lumière à une longueur d'onde bien déterminée, appartenant au domaine UV-visible. Dans notre étude, cette technique a été utilisée pour déterminer la présence de groupements fonctionnels actifs (**Lagnika et al., 2005**).

les bandes d'absorption qui se produisent à des longueur d'ondes allant de 234 à 676 nm sont caractéristiques des alcaloïdes, des flavonoïdes et des composés phénoliques (**Karpagasundari et al., 2014**). Ceci suggère donc la présence des molécules d'alcaloïdes dans nos extraits. Ces métabolites secondaires inhibent les générations des radicaux libres en induisant une augmentation de la SOD, CAT, la GST et la GPH, ce qui entraîne l'obstruction de la formation de diverses maladies (**Mandal et al., 2009**).

Selon **Guinaudeau et Bruneton , (1993)**, les spectres UV des isoquinoléines sont caractérisés par un maximum d'absorption entre 201 et 206 nm, un maximum entre 225 et 235 et un autre entre 279 et 283 nm. Cette famille d'alcaloïde pourrait être présent dans nos extraits d'amande.

Le pic à 450 nm a été détecté dans cette étude, une étude précédente a mis en évidence que des pics moléculaires se produisant à 450 nm indiquent la présence de la molécule de quinine au niveau des alcaloïdes (**Escalle-lewis et al., 2012**). L'identification de ce pic dans l'extrait aqueux d'amande de *carapa procera* correspondrait à la molécule de quinine de la famille des quinoléines.

Les spectres UV alcaloïdes de type aporphines présentent un maximum entre 265 et 290 nm et un autre vers 300 nm. (**Guinaudeau, et Bruneton., 1993**). L'observation de pic maximal à cette longueur d'onde dans nos extraits indiquerait donc l'abondance de cette famille d'alcaloïde dans *carapa procera*. Ces molécules sont utilisées pour leurs activités antioxydants, ainsi que pour leurs effets cytoprotecteurs, hépatoprotecteurs et anti-inflammatoires.

Le pic à 435 nm a également été détecté dans cette étude au niveau de l'extrait aqueux amande et l'extrait aqueux coque de *carapa procera*. Selon (**Jakabová et al., 2012**), les bandes d'absorption qui se produisent à 435 nm sont caractéristiques des alcaloïdes tropaniques spécifiquement de l'atropine. Ceci suggère la présence de cette molécule dans notre matrice.

La caféine est dosée par spectrophotométrie UV à 275,9 nm ainsi que la théobromine a une longueur d'onde de 272,7 nm (**Hartland et al., 2002**). Ces molécules de la classe des alcaloïdes xanthine pourraient être présentes vu qu'elles absorbent dans la gamme de longueur d'onde allant de 250 à 280 nm identifié sur notre spectre de l'extrait aqueux amande de *Carapa procera*.

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Le présent travail a été consacré à l'identification moléculaire des composés actifs des extraits aqueux et hydroalcoolique de *carapa procera* en utilisant des méthodes chimiques et spectrophotométriques. Les tests phytochimiques ont permis de montrer la présence des alcaloïdes totaux et de les quantifier. Quant à l'étude spectrophotométrique des extraits, elle nous a permis d'identifier les différents types d'alcaloïdes à savoir : la quinoléine (quinine), l'isoquinoléine (l'isoblodine), le tropane (atropine) et deux alcaloïdes de base puriques (caféine et théobromine) dans les graines de *Carapa procera*. Malgré l'importance biologique et médicinale de *Carapa procera*, cette espèce n'a auparavant été étudiée que pour sa matière grasse et dérivés. Pourtant, la présente étude a démontré la grande richesse de la plante en alcaloïdes, produits naturels à intérêt considérable dans le domaine pharmacologique. Ce travail apporte, donc, une contribution phytochimique à la connaissance de *carapa procera* et permet ainsi, de mieux comprendre les propriétés pharmacodynamiques des extraits de cette plante. Il serait, donc, très intéressant d'exploiter ces extraits pour la recherche des principes actifs responsables de leurs propriétés pharmacologiques.

En perspectives, il serait intéressant d'envisager de :

- ✓ Caractériser ces molécules bioactives par des techniques d'analyses plus performantes
- ✓ Evaluer l'activité cytotoxique de ces extraits afin de valoriser ces composés actifs dans le domaine pharmaceutique et médicale.
- ✓ Faire des études bioguidées afin de montrer la bioactivité de ces molécules.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Adjé F.A., Koffi N.E., Koné K.Y., Meudec E., Adima A.A., Lozano P.R., Lozano Y.F., & Gaydou E.M., 2019.** Caractérisation des polyphénols dans les boissons rouges extraits de feuilles de *Carapa procera* (DC). *Breuvages* 5: 68.
- Ahmed S., 1998.** Isolation and Structural elucidation of chemical constituents from *Fumaria indica*, *Ferula oopoda* and *Withania somnifera*. Thèse de doctorat de chimie, University of Karachi Karachi, Pakistan, 237p.
- Aniszewski T., 2015.** Alkaloids: chemistry, biology, ecology, and applications. 2e ed *Elsevier Science*, Amsterdam (Pays bas), vol 1, 496p.
- Aniszewski T., 2007.** Alkaloids- secrets of life alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role. 1<sup>st</sup> ed *Elsevier Science*, Amsterdam (Pays bas), vol 1, 334p.
- Arbonnier M., 2000.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Montpellier : *CIRAD, MNHN*, 541p.
- Aubert D., 2017.** Classifier le vivant : Les perspectives de la systématique évolutionniste moderne, Paris, *Ellipses*, 496 p.
- Badiaga M., 2011.** "Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali", Thèse de docteur d'université, université de Bamako, Mali, 184 p.
- Bah M.S., 1993.** The importance of traditional veterinary medicine (TVM) in animal health programmes. In: Lawrence P.R., Lawrence K., Dijkman J.T. & Starkey P.H., eds. Research for development of animal traction in West Africa. Proceedings of the 4<sup>th</sup> workshop of West Africa Animal Traction Network, 9-13 July 1990, Kano, Nigeria. *Addis Ababa, Ethiopia: ILCA*, 33-36.
- Baron J. & Gomez G., 2023.** Hétérosides. Consulté en [ligne] le 21/12/2023 <https://tice.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille4/HETEROSIDES.htm>
- Bazongo P., Tiétiambou F. R. S., Diallo D. A., Kouyaté A. M., Lykke A. M., Ouédraogo A., Bassolé I. H. N., 2016.** Production locale améliorée de l'huile de *Carapa procera*. Fiche technique. Projet QualiTree, 2p.
- Ben-Zvi I., Kivity S., Langevitz P., & Shoenfeld Y., 2012.** Hydroxychloroquine: from malaria to autoimmunity. *Clinical reviews in allergy & immunology*, 42(2), 145-153.

- Bérdy J., 2005.** Bioactive microbial métabolites. *Journal of Antibiotics* **58** :1–26.
- Blaisot C., 2016.** Le marché des extraits de pépins de pamplemousse : comparatif des produits existants et conseil à l'officine. Thèse d'Etat de docteur en pharmacie, Université de Rouen, 118p.
- Boissiere M., 2018.** Consommation des plantes médicinales par les patients suivis en cabinet de médecine générale à La Réunion - Expériences, représentations et ressentis des patients dans le cadre de la communication médecin-patient, diplôme d'Etat de docteur en médecine, Université de Bordeaux, 94 p.
- Botineau M., 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs - *Ed. Tec & Doc /Lavoisier*, Paris (France), 32 p.
- Bouaziz A.L., 2014.** Identification de métabolites secondaires des plantes, protecteurs des photorécepteurs à cônes pour le traitement de la rétinopathie pigmentaire. Organes des sens. Thèse de doctorat en science, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 298 p.
- Boutera K. & Hamoudi I., 2016.** Etude extractive des alcaloïdes et évaluation de leur l'activité antimicrobienne du champignon *Pleurotus eryngii*. Mémoire de science biologique (option Biochimie Moléculaire et Santé), UFR Sciences de la Nature et de la Vie Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie, 64 p.
- Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M. & Chaabouni M.M. (2008).** Composition chimique et activités antioxydantes, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, **10** : 119-125.
- Bruneton J., 2009.** Pharmacognosie Phytochimie, plantes médicinales. 4e éd., Tec & Doc - *Éditions médicales internationales*, Paris (France), pp 937- 954.
- Bruneton J., 2016.** Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 5 ème Edition. *Edition Lavoisier Tec & Doc. Médicales Internationales*, Paris.
- Carrière M., 2000.** Flore de Guinée: appellations vernaculaires et usages traditionnels de quelques plantes. <http://perso.orange.fr/a.i.r.e./guilex3.htm>
- Cordell G. A., 1977.** The monoterpene alkaloids The alkaloids: chemistry and physiology. *Elsevier*.**16** : 431-510.

- Costantini J., 2019.** La belladone: botanique, magie, pharmacologie, toxicologie. Sciences pharmaceutiques. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02138728>
- Coulibaly S., Dro B. & Ouattara D., 2020.** Usages et commercialisation de savons traditionnels à base de plantes au centre-nord de la Côte d'Ivoire. *Reb-pasres* **4** (2) : 9 -20.
- Cui B., Zheng B. L., He K., & Zheng Q. Y., 2003.** Imidazole alkaloids from lepidium m eyenii. *Journal of natural products*, **66**(8), 1101-1103.
- Da Silva L. R. & Branca M. S., 2016.** Natural Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables as Health Promoters, Bentham *Science Publishers*, 3.
- De Luca V., Salim V., Levac D., Atsumi S. M., & Yu, F. (2012).** Discovery and functional analysis of monoterpenoid indole alkaloid pathways in plants *Methods in enzymology. Elsevier.* **515** : 207-229.
- Delompré T., Salles C., Briand L., 2020.** Saveur amère : de la molécule au comportement. INRAE, CNRS, AgroSup Dijon, Université de Bourgogne-Franche Comté, Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, 21000 Dijon, France.
- Dembélé U., Diallo A.A., Lykke A.M., Koné.Y, Témé.B, & Kouyaté A.M. 2019.** Perceptions locales et méthodes traditionnelles de production d'huile de Carapa au Mali. *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica* **22** : 16-22.
- Derosa G., Maffioli P., & Sahebkar A., 2016.** Piperine and its role in chronic diseases Anti-inflammatory Nutraceuticals and Chronic Diseases. *Springer* 173-184.
- Devasagayam T.P.A., Tilak J.C., Boloor K.K., Sane K.S. & Ghaskadbi S.S., 2004.** Radicaux libres et antioxydants en santé humaine : situation actuelle et perspectives d'avenir. *JAPI*, **52** : 794-804.
- Devkota K. P., & Sewald N. 2013.** Terpenoid alkaloids derived by amination reaction. *Natural products. Springer* 923-951.
- Diakité M., Daou C., Konaré A.M., Togola I., Keita S. & Diarra N., 2022.** Composition et caractéristique physico-chimiques du fruit de *Carapa procera DC* récolté au Mali. *IJAR* ; **8**(4): 252-258.

- Diatta C.D., Gueye M. & Akpo L.E., 2013.** Les plantes médicinales utilisées contre les dermatoses dans la pharmacopée Bainouk de Djibonker, Région de Ziguinchor (Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, **70** : 5599-5607.
- Dioum M.D., Seck M., Sy G.Y., Faye J.M., Sarr A., & Faye B., 2013.** Activité anti-inflammatoire de la graine de *Carapa procera* (Meliaceae). *Rev. CAMES – Sciences Struct. Mat.* **1** :17-28.
- Djama S. & Karour T., 2020.** Les alcaloïdes : Classification, extraction, criblage et activités biologiques. Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention de diplôme de master En sciences alimentaires. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques Département Biochimie et Microbiologie. Algérie, 84p.
- Djenontin T.S., Wotto V.D., Avlessi F., Lozano P., Sohounhloùé D.C.K. & Pioch D., 2012.** Composition of *Azadirachta indica* and *Carapa procera* (Meliaceae) seed oils and cakes obtained after oil extraction, *Industrial Crops and Products* **38** : 39– 45.
- Eguchi R., Ono N., Horai H., Amin M. A.-U., Hirai A. M., Kawahara J., Kanaya S. 2017.** Classification of alkaloid compounds based on subring skeleton (srs) profiling: On finding relationship of compounds with metabolic pathways. *Journal Comput Aided Chem*, **18** :58-75.
- Escalle lewis A. & Piard J., 2012.** Dosage spectro fluorimétrique de la quinine dans le Schweppes. Département de chimie École normale supérieure (ENS). *Cachan Cedex* **106** :599 -610.
- Fedibio., 2020.** Composé bioactif naturelle bénéfique. Laboratoires de productions de composés bioactifs naturels issus principalement des végétaux, des micro-organismes et des animaux. Consulté [en ligne] le 21/08/2023. <https://fedibio.com/compose-bioactif-naturelle-benefique/>.
- Forget P.M. and Kenfack D., 2008.** Carapa.org. A website dedicated to trees in the genus *Carapa* (Meliaceae). Taxinomy, biology, ecology and uses. Muséum National d'Histoire Naturelle, Brunoy, France, 77p.
- Fouler V.L., Chen Y., Gandon V., Bizet V., Salomé C., Fessard T., Liu F., Houk, K. N., et Blanchard N., 2019.** Activating Pyrimidines by Pre-distortion for the General

Synthesis of 7-Aza-indazoles from 2-Hydrazonylpyrimidines via Intramolecular Diels–Alder Réactions. *J. Am. Chimique. Soc.* **141**, (40), 15901–15909.

**Frissou S. & Hani D., 2014.** Etude des teneurs en alcaloïdes d'une plante médicinale «*Matricaria pubescens*» et la détermination de leur activités antioxydantes. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie, Département de Biologie Physico-chimique, Université Abderrahmane Mira Bejaia, 41p.

**Frölich S., Schubert C., Bienzle U., & Jenett-Siems K. 2005.** In vitro antiplasmodial activity of prenylated chalcone derivatives of hops (*Humulus lupulus*) and their interaction with haemin. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, **55**(6), 883-887.

**Garba S.H., Prasad J., & Sandabe U.K. 2007.** Hepatoprotective effect of the aqueous root-bark extract of *Ficus sycomorus* (L.) on Carbon Tetrachloride Induced hepatotoxicity in rats. *Journal of Biological Sciences*, **7**: 276-281.

**Gbif backbone taxonomy. *Carapa procera* DC. In GBIF Secretariat., 2021.** WWW.gbif.org ; consulté le 29/05/2022

**Grosch W. & Laskawy G., 1984.** Contribution of linoleic acid to the bitter taste of poppy seeds (*Papa-ver somniferum*). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* **178**(4): 257-259.

**Grycova L., Dostál J., & Marek R., (2007).** Quaternary protoberberine alkaloids. *Phytochemistry*, **68**(2) : 150-175.

**Guessoumi H., 2023.** Phytochimie 2 Biotechnologie et Valorisation des Plantes consulté [en ligne] le 21/08/2023. <https://docplayer.fr/203797734-Les-alcaloïdes-extraction-caracterisation-et-dosage.html>.

**Guèye M., Kenfack D. & Forget P.M., 2010.** Importance socio-culturelle, potentialités économiques et thérapeutiques du *Carapa* (*Meliaceae*) au Sénégal. In : *Systématique et Conservation des Plantes Africaines. X. van der Burgt, J. van der Maesen & J.-M. Onana (eds)*, Dakar (Sénégal), pp 359– 367.

**Guignard J. L., Cossen L. & Henry M., 1985.** Abrégé de phytochimie, édition Masson, Paris (France), vol 1, 224p.

- Guillemot N., 2004.** Le *Carapa*, un arbre tropical aux intérêts écologiques et économiques prometteurs. Rapport de stage INRA. Paris-Grignon, 22p.
- Gunatilaka A., 1999.** The Alkaloids: Chemistry and Biology. Academic press, New York (USA), vol 52, 101p.
- Haffiane R., Bencheikhchoukh R. & Bourezak E., 2022.** Dosage de Quelques Métabolites Secondaires et l'Etude Biologique D'une Plante Médicinale. Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master, Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila, Algérie, 123p.
- Haioun A. & Hamoudi F. Z., 2015.** Activité antioxydante et anti-inflammatoire de la plante médicinale Algérienne *Anethium graveolens* et leur effet cardioprotectrice contre la toxicité de la doxorubicine. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en : Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie, 86p.
- Hartmann T., 2007.** From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, **68** (24), 2831–2846.
- Horne J. & Lawless H. T., 2002.** Bitter taste of saccharin and acesulfame-K. *Chemical Senses* **27**(1): 31-38.
- Iwasa K., Moriyasu M., Tachibana Y., Kim H.S., Wataya Y., Wiegrebe W., Lee K.H., 2001.** Simple isoquinoline and benzylisoquinoline alkaloids as potential antimicrobial, antimalarial, cytotoxic, and anti-HIV agents. *Bioorganic & medicinal chemistry*, **9**(11), 2871-2884.
- Jaber A., 2017.** Matrices MALDI bithiophéniques spécifiques aux alcaloïdes : étude des mécanismes fondamentaux et applications. Thèse de doctorat Chimie Analytique, Université Angers France, 288p.
- Jacques E., 2023.** Poisson, « AlcaloïdeS », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 27 juillet. URL: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/alcaloïdes/>
- Jakabová S., Vincze L., Farkas Á., Kilár F., Boros B., & Felinger A. 2012.** Determination of tropane alkaloids atropine and scopolamine by liquid chromatography–mass spectrometry in plant organs of *Datura* species. *Journal of Chromatography A*, **1232** : 295-301.

- Jean, B. 2009.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.): *Lavoisier*.
- Jiang D. & Peterson D. G., 2013.** Identification of bitter compound in whole wheat bread. *Food Chemistry* **141**(2): 1345-1353.
- Kandé B. & Koné M.W., 2017.** Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 B.P. 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.
- Kataoka M. & Tokuyama E., 2008.** The taste sensory evaluation of medicinal plants and Chinese medicines. *International Journal of Pharmaceutics* **351**(1-2): 36-44.
- Karpagasundari C. & Kulothungan S., 2014.** Analysis of bioactive compounds in *Physalis minima* leaves using GC MS, HPLC, UV-VIS and FTIR techniques. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* ; **3**(4):196–201.
- Kenfack D., 2008.** Systematic studies in *Carapa (Meliaceae–Swietenioideae)*. Ph.D. Thesis, University of Missouri-St. Louis, 265p.
- Koné D. 2009.** Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes: extraction, identification d'alcaloïdes-caractérisation, quantification de polyphénols: étude de leur activité antioxydant.
- Krief S., 2003.** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat. Museum national d'histoire naturelle, Ouganda. 49p.
- Kuhn C., & Bufe B., 2004.** Bitter taste receptors for saccharin and acesulfame K. *Journal of Neuroscience* **24**(45): 10260-10265.
- Kuntal D. & Sevgi G., 2018.** Secondary plant metabolites, their separation and identification, and role in human disease prevention. *Annals of Phytomedicine* **7**(2): 13-24.
- Laffitte, A., & Neiers F., 2017.** Characterization of taste compounds: chemical structures and sensory properties. *Wiley-Blackwell*, : 154-19.
- Lahdjazi et tikouane., (2021).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne *L'ocimum basilicum*.

- 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, 268p.
- Li Y., Wang G., Liu J., & Ouyang L., 2020.** Quinolizidine alkaloids derivatives from *Sophora alopecuroides* Linn: bioactivities, structure-activity relationships and preliminary molecular mechanisms. *European journal of medicinal chemistry*, **188**, 111972.
- Mabasa XE., Mathomu LM., Madala NE., Musie EM., Sigidi M.T., 2021.** Molecular Spectroscopic (FTIR and UV-Vis) and Hyphenated Chromatographic (UHPLC-qTOF-MS) Analysis and *In Vitro* Bioactivities of the *Momordica balsamina* Leaf Extract. *Biochem Res.*
- Maehashi, K. & L. Huang., 2009.** Bitter peptides and bitter taste receptors. Cellular and Molecular *Life Sciences* **66**(10): 1661-1671.
- Mandal S., Hazra B., Sarkar R., Biswas S. & Mandal N., 2009.** Assessment of the antioxidant and Reactive oxygen species scavenging activity of methanolic extract of *Caesalpinia crista* leaf. *Ecam*, **72**: 1-11.
- Manivannan A., Soundararajan P., Park Y.G. & Jeong B.R., 2016.** Modulation induite par un éliciteur chimique du métabolisme des antioxydants et amélioration de l'accumulation de métabolites secondaires dans les cultures en suspension cellulaire de *Scrophulaire kakudensis* Français. *Int. J. Mol. Sei*, **17** : 399.
- Mann R.S. & Kaufman P.E., 2012.** Natural Product Pesticides: Their Development, Delivery and Use against Insect Vectors. *Mini Rev Org Chem*; **9**:185–202.
- Martinborough T., 2002.** Karaba oil (Crabwood oil): à literature review, in: Sullivan C.A., O'Regan D.B. (Eds.), *Winners and losers in forest product commercialisation*, Cent. Ecol. Hydrol., Wallingford, U.K.
- Michael J.P., 2001.** Simple indolizidine and quinolizidine alkaloids. *Alkaloids Chem Biol.*; **55**:91-258.
- Minzangui K., Kaaya A.N., Kansime F., Tabuti J.R.S., Samvura B. & Grahl-Nielsen O., 2011.** Fatty acid composition of seed oils from selected wild plants of Kahuzi-Biega National Park and surroundings, Democratic Republic of Congo, *African Journal of Food Science*, **5**(4), 219 – 226.

- Miralles J., 1983.** Recherche de nouvelles ressources en huiles végétales. *Oléagineux*, **38**:665–667pp.
- N’Klo O., 2001.** Situation des ressources génétiques forestières de la Côte d’Ivoire en zone de savanes. Note Thématique sur les Ressources Génétiques Forestières.
- Nonviho G., 2015.** Valorisation chimique de la biomasse oléagineuse d’origine béninoise : *Lophira lanceolata* et *Carapa procera*. Thèse de doctorat. Université d’Abomey-Calavi en collaboration avec l’Université de Lorraine, 197p.
- Ojima I., & Iula D. M., 1999.** New Approaches to the Syntheses of Piperidine, Izidine, and Quinazoline Alkaloids by Means of Transition Metal Catalyzed Carbonylations. *Alkaloids: Chemical and Biological Perspectives*, Edited by SW *Pelletier*. *Elsevier Science*, 371-410.
- OMS (Organisation mondiale de la santé). 2013.** Stratégie de l’OMS pour la médecine traditionnelle pour 2014-2023. Genève.
- Ozaki Y., Fong C. H., Herman Z., Maeda H., Miyake M., Ifuku Y., Hasegawa S. 1991.** Limonoid Glucosides in Citrus Seeds - *Agricultural and Biological Chemistry*, **55** : 137-141.
- Pangou SV., de Zoysa N., Gema L., 2011.** Comparison between field performance of cuttings and seedlings of *Carapa procera* DC. (*Meliaceae*). *International Research Journal of Plant Science*; **2**(9):281-287.
- Pathak M. A.; Daniels F., Fitzpatrick T. B., 1962.** The Presently Known Distribution of Furocoumarins (Psoralens) in Plants. *Journal Invest. Dermatol.* **39** (3) :225–239.
- Plowden C., 2004.** The ecology and harvest of andiroba seeds for oil production in the Brazilian Amazon, *Conserv. Soc.* **2**:251– 272.
- Rabab'h O., Al-Ramadan A., Shah J. & Gharaibeh A., 2021.** Acute and Post-Acute Neurological Complications of COVID-19. *Neurol Int. Mar* **13**(1):102-119.
- Raven P. H., Evert R. F. & Eichhorn S. E., 2000.** Biologie végétale; De Boeck Supérieur. Paris 944p.

- Refsgaard, H. H., P. M. Brockhoff, et al. 2000.** Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of salmon during frozen storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**(8): 3280-3285.
- Sahraoui., 2015.** Les Hétérosides ; Laboratoire de Pharmacognosie. UN 1901.P5.
- Sanogo S., Sacandé, M., Van Damme P. & Ndiaye I. 2013.** Caractérisation, germination et conservation des graines de *Carapa procera* DC. (*Meliaceae*), une espèce utile en santé humaine et animale, notes de la rédaction *BASE*, **17** : 1-12 .
- Sato F., Inai K., & Hashimoto T., 2007.** Metabolic engineering in alkaloid biosynthesis: case studies in tyrosine-and putrescine-derived alkaloids Applications of Plant Metabolic. *Engineering* 145-173.
- Sato, F., 2020.** Ingénierie des alcaloïdes végétaux. In : *Produits naturels complets III* ; Ben Liu, H.-W., Begley, TP, éd. ; Elsevier : Oxford (Royaume-Uni), pp700-755.
- Schiffman S. S. & Sennewald K., 1981.** Comparison of taste qualities and thresholds of D- and L-amino acids. *Physiology & Behavior* **27**(1): 51-59.
- Shufen L., Berger J., S. Hartland, 2002.** UV spectrophotometric determination of theobromine and caffeine in *cocoa beans*, *Analytica Chimica Acta*, **232** :409-412.
- Sombie A., Bazongo P., Wangrawa D.W., Ilboudo M.E., Ilboubo Z., Yameogo F., Romba R., Oully J.T., Sanon A. & Badolo A. 2020.** Propriétés insecticides de l'huile fixe et des extraits terpéniques des amandes de *Carapa procera* DC contre *Anopheles Gambiae* S.L. et *Drosophila* SP. *Annale de l'Université Joseph KI-ZERBO – Série C*, **16**, pp 13-25.
- Sreevidya N., & Mehrotra S. (2003).** Spectrophotometric method for estimation of alkaloids precipitable with Dragendorff's reagent in plant materials. *Journal of AOAC international*, **86**(6), 1124-1127.
- Teles M. M. R. S., Pinheiro A. A. V., Dias C. D. S., Tavares J. F., Barbosa Filho J. M., & Da Cunha E. V. L. 2019.** Alkaloids of the Lauraceae the alkaloids: Chemistry and biology. *Elsevier* **82**:147-304.
- Thomas M., 2011.** Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Alimentation et Nutrition. Université d'Orléans, Français.

- Tidjani S. & Rhouati S., 2016.** Etude phytochimique et evaluation biologique de l'espèce *Vahl delphinifolius senec.*
- Togola I., Konaré M. A., Diakité M., Diarra N., Tounkara F., Sanogo R. & Dembélé D., 2019.** Évaluation de la teneur en alcaloïdes totaux à différents stades de développement de *datura innoxia mill*, une plante utilisée dans la médecine traditionnelle au mali. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*; **9**(2): 200-207.
- Wang B., Dai Z., Yang X.-W., Liu Y.-P., Khan A., Yang Z.-F. & Luo X. D., 2018.** Novel nor-monoterpenoid indole alkaloids inhibiting glioma stem cells from fruits of *Alstonia scholaris*. *Phytomedicine*, **48**:170-178.
- Weber N., Birnbaum, P., Forget P.M., Gueye, M. & Kenfack D., 2010.** L'huile de *Carapa* (*Carapa spp., Meliaceae*) en Afrique de l'Ouest : utilisations et implications dans la conservation des peuplements naturels, *Fruits*, **65** : 343–354.
- Wijnsma R. & Verpoorte, R., 1988.** Quinoline alkaloids of Cinchona Phytochemicals in Plant Cell Cultures. *Elsevier* ,335-355.
- Zirihi G. N., Kra A. K. M. & Guédé-Guina F., 2003.** Evaluation de l'activité Antifongique de *Microglossapyrifolia*(LAMARCK) O. KUNTZE (ASTERACEAE) « PYMI » sur la croissance in vitro de *Candida albicans*. *Revue de Médecine et de Pharmacopées Africaines* ; **17** : 11-18.
- Zouaoui S.A., Megherbi-benali A., Toumi B-F. & Ouair D., 2018.** Contribution à l'étude du pouvoir antifongique des graines du *Chénopodium quinoa* Wild vis-à-vis de deux champignons phytopathogène de l'orge : *Pyrenophora tritici-repentis* et *Rhynchosporium secalis*. *Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liège*, **87**:100-111.

## RESUME

*Carapa procera* connue sous le nom vernaculaire de kondou ou encore touloucouna est une plante oléagineuse utilisée par les populations pour les soins médicaux et cosmétiques dû au fait de sa composition biochimique. Le but de notre étude est l'identification de composés actifs de la coque et de l'amande de *Carapa procera* en Côte d'Ivoire.

Les tests qualitatifs des alcaloïdes totaux ont révélé la présence de ces molécules dans la coque et l'amande par contre la teneur en alcaloïdes totaux de l'amande est supérieure à celle de coque (17,2% vs 4,47%). Avec l'amande nous avons enregistré des pics d'absorptions atteignant 3u.a. au spectrophotomètre à différent longueur d'onde permettant ainsi d'identifier des alcaloïdes spécifiques doué d'activité biologiques et a grand usage dans le domaine pharmaceutique.

Ce travail a permis d'élargir la connaissance sur les composés actifs de l'espèce qui se sont révélé riche en alcaloïdes de type aporphine et isoquinoléine. *Carapa procera* se révèle être une plante aux nombreuses propriétés, au regard de ses activités biologiques intéressantes. Des extraits pourraient être utilisés comme principes actifs dans des médicaments mais également en industrie cosmétique.

## ABSTRACT

*Carapa procera*, known by the vernacular name of kôndou or touloucouna, is an oleaginous plant used by local people for medicinal and cosmetic purposes due to its biochemical composition. The aim of our study was to identify the active compounds in the shell and kernel of *Carapa procera* in Côte d'Ivoire.

Qualitative tests for total alkaloids revealed the presence of these molecules in the hull and the kernel, although the total alkaloid content of the kernel was higher than that of the hull (17.2% vs. 4.47%). With the fine, we recorded absorption peaks of up to 3u.a. in the spectrophotometer at different wavelengths, enabling us to identify specific alkaloids with biological activity and wide use in the pharmaceutical field.

This work has enabled us to broaden our knowledge of the species' active compounds, which have been found to be rich in aporphine and isoquinoline alkaloids. *Carapa procera* is proving to be a plant with many properties, in terms of its interesting biological activities. Extracts could be used as active ingredients in medicines, but also in the cosmetics industry.