

Université de POITIERS
Faculté de Médecine et de Pharmacie

Année 2019

Thèse n°

THÈSE
POUR LE DIPÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
(Arrêté du 17 juillet 1987)

Présentée et soutenue publiquement
Le 3 Octobre 2019 à Poitiers

Par Monsieur TORVIC Naëll
Né le 14 décembre 1991

Étude de l'intérêt potentiel de deux palmiers du plateau des Guyanes <i>Oenocarpus bacaba</i> et <i>Oenocarpus bataua</i> vis-à-vis du stress oxydatif

Composition du jury :

Présidente : Madame HUSSAIN Didja

Membres :

- Madame HUSSAIN Didja, Maître de Conférences de Pharmacie Galénique
- Madame GIRARDOT Marion, Maître de Conférences de Biologie Végétale et Pharmacognosie
- Madame BAFFOUX Isabelle, Pharmacien Titulaire d'Officine de Pharmacie

Directrice de thèse : Madame GIRARDOT Marion

Résumé

Les radicaux libres oxygénés sont des espèces chimiques rendues réactives par la présence d'électrons de valence non appariés. Ces radicaux sont naturellement produits et régulés par l'organisme mais parfois un déséquilibre peut s'établir causant des dommages pouvant conduire à l'apparition de pathologies.

Les polyphénols sont des piègeurs de radicaux libres qui, une fois apportés à l'organisme aident à diminuer un stress oxydant. En Guyane, deux palmiers en sont particulièrement riches : le Comou, *Oenocarpus bacaba* et le Patawa, *Oenocarpus bataua*. Les fruits de ces deux palmiers sont consommés de manière régulière par la population Guyanaise pour leur intérêt alimentaire et médicinales (utilisés en cas de diarrhée, de céphalées, de toux). La littérature scientifique semble démontrer que la consommation de ces fruits pourrait être bénéfique dans un contexte de stress oxydant pour la population au vue des activités démontrées par leurs composés.

Mots clés :

Stress oxydant

Antioxydant

Espèces réactives de l'oxygène

Guyane

Palmiers

Oenocarpus bacaba

Oenocarpus bataua

Université de POITIERS
Faculté de Médecine et de Pharmacie

Année 2019

Thèse n°

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
(Arrêté du 17 juillet 1987)

Présentée et soutenue publiquement
Le 3 Octobre 2019 à Poitiers

Par Monsieur TORVIC Naëll
Né le 14 décembre 1991

Étude de l'intérêt potentiel de deux palmiers du plateau des Guyanes <i>Oenocarpus bacaba</i> et <i>Oenocarpus bataua</i> vis-à-vis du stress oxydatif

Composition du jury :

Présidente : Madame HUSSAIN Didja

Membres :

- Madame HUSSAIN Didja, Maître de Conférences de Pharmacie Galénique
- Madame GIRARDOT Marion, Maître de Conférences de Biologie Végétale et Pharmacognosie
- Madame BAFFOUX Isabelle, Pharmacien Titulaire d'Officine

Directrice de thèse : Madame GIRARDOT Marion



PHARMACIE

Professeurs

- COUET William, pharmacie clinique PU-PH
- DUPUIS Antoine, pharmacie clinique PU-PH
- MARCHAND Sandrine, pharmacocinétique PU-PH
- RAGOT Stéphanie, santé publique PU-PH

- CARATO Pascal, chimie thérapeutique PR
- FAUCONNEAU Bernard, toxicologie PR
- GUILLARD Jérôme, pharmacochimie PR
- IMBERT Christine, parasitologie PR
- OLIVIER Jean Christophe, galénique PR
- PAGE Guylène, biologie cellulaire PR
- RABOUAN Sylvie, chimie physique, chimie analytique PR
- SARROUILHE Denis, physiologie PR
- SEGUIN François, biophysique, biomathématiques PR

Maîtres de Conférences

- BARRA Anne, immunologie-hématologie MCU-PH
- THEVENOT Sarah, hygiène et santé publique MCU-PH

- BARRIER Laurence, biochimie MCF
- BODET Charles, bactériologie MCF
- BON Delphine, biophysique MCF
- BRILLAULT Julien, pharmacocinétique, biopharmacie MCF
- BUYCK Julien, microbiologie, MCF
- CHARVET Caroline, physiologie MCF
- CHAUZY Alexia, pharmacologie fondamentale et thérapeutique MCF
- DEBORDE-DELAGE Marie, sciences physico-chimiques MCF
- DELAGE Jacques, biomathématiques, biophysique MCF
- FAVOT-LAFORGE Laure, biologie cellulaire et moléculaire MCF
- GIRARDOT Marion, biologie végétale et pharmacognosie, MCF

- GREGOIRE Nicolas, pharmacologie MCF
- HUSSAIN Didja, pharmacie galénique MCF
- INGRAND Sabrina, toxicologie MCF
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile pharmacochimie MCF
- PAIN Stéphanie, toxicologie MCF
- RIOUX BILAN Agnès, biochimie MCF
- TEWES Frédéric, chimie et pharmacochimie MCF
- THOREAU Vincent, biologie cellulaire MCF
- WAHL Anne, chimie analytique MCF

Maîtres de Conférences Associés - officine

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, pharmacien

Enseignants d'anglais

- DEBAIL Didier

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
1 RADICAUX LIBRES OXYGENES ET STRESS OXYDANT.....	6
1.1 RADICAUX LIBRES ET ESPECES REACTIVES DE L'OXYGENE.....	6
1.2 LES VOIES DE GENESE DES ERO DANS L'ORGANISME HUMAIN.....	6
1.3 LES ROLES PHYSIOLOGIQUES DES ESPECES REACTIVES DE L'OXYGENE.....	8
1.4 LES SYSTEMES REGULANT LA PRODUCTION DES ESPECES REACTIVES DE L'OXYGENE	9
1.4.1 <i>Les systèmes enzymatiques</i>	9
1.4.2 <i>Les systèmes non enzymatiques</i>	10
1.4.2.1 La vitamine E (ou tocophérol)	10
1.4.2.2 La vitamine C (ou acide ascorbique)	11
1.4.2.3 Le glutathion et l'albumine.....	12
1.4.2.4 Les caroténoïdes	12
1.4.2.5 Le coenzyme Q ₁₀	13
1.4.2.6 L'acide urique.....	13
1.4.2.7 La bilirubine	14
1.4.2.8 Les polyphénols.....	14
1.5 LE DESEQUILIBRE ENTRE PRODUCTION DE RADICAUX LIBRES ET SYSTEME DE PROTECTION DE L'ORGANISME HUMAIN.....	22
1.5.1 <i>Généralités</i>	22
1.5.2 <i>Les pathologies en lien avec le stress oxydant</i>	23
1.5.2.1 Les pathologies induites par le stress oxydant.....	23
1.5.2.2 Les pathologies induisant du stress oxydant.....	25
2 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE DEUX PALMIERS GUYANAIS	29
2.1 GENERALITES SUR LA GUYANE.....	29
2.1.1 <i>Situation</i>	29
2.1.2 <i>La population Guyanaise</i>	29
2.1.3 <i>Le climat en Guyane</i>	31
2.1.4 <i>Milieux naturels</i>	32
2.2 LES PALMIERS.....	37
2.2.1 <i>Classification botanique</i>	37
2.2.2 <i>Développement et morphologie</i>	37
2.2.3 <i>L'habitat</i>	40
2.2.4 <i>Intérêts des palmiers pour l'homme</i>	41
2.2.5 <i>Les palmiers de Guyane</i>	41
2.3 OENOCARPUS BACABA	43
2.3.1 <i>Dénominations</i>	43
2.3.2 <i>Répartition géographique</i>	43
2.3.3 <i>Description botanique</i>	44
2.3.4 <i>Usages traditionnels du COMOU</i>	46
2.3.4.1 Usages alimentaires.....	46
2.3.4.2 Usages artisanaux.....	46
2.3.4.3 Emplois médicaux.....	46
2.3.5 <i>Activités pharmacologiques</i>	47
2.3.5.1 Effets des extraits.....	47
2.3.5.2 Effets de quelques composés identifiés dans ces extraits.....	48
2.4 OENOCARPUS BATAUA	53
2.4.1 <i>Dénominations</i>	53
2.4.2 <i>Répartition géographique</i>	53
2.4.3 <i>Description botanique</i>	54
2.4.4 <i>Usages traditionnels du PATAWA</i>	57
2.4.4.1 Usages alimentaires.....	57
2.4.4.2 Usages artisanaux.....	57
2.4.4.3 Emplois médicaux.....	58
2.4.5 <i>Activités pharmacologiques</i>	58
2.4.5.1 Effets des extraits.....	58
2.4.5.2 Effets de quelques molécules identifiées dans ces extraits	59
CONCLUSION	62

GLOSSAIRE.....	64
BIBLIOGRAPHIE.....	67
TABLE DES ILLUSTRATIONS	74
RESUME.....	76
MOTS CLES	76
SERMENT DE GALIEN.....	77

REMERCIEMENTS

À MON JURY DE THÈSE

Madame le Maître de Conférences HUSSAIN Didja

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter
la présidence du Jury de cette thèse.
Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de ma gratitude.

Madame GIRARDOT

Maître de conférences

Elle a contribué à l'élaboration de ce travail, je lui en suis infiniment reconnaissant.
Je la remercie pour son enseignement, sa patience. Elle a suscité mon intérêt pour les plantes.
Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

Madame BAFFOUX

Pharmacien Titulaire d'Officine

Elle a bien voulu me faire l'honneur de faire partie du Jury de cette thèse. Je lui adresse mes
remerciements.

À MES PARENTS, À MES FRÈRES

Je dédie ce travail en témoignage de mon profond amour et ma reconnaissance. Votre soutien
et votre confiance m'ont procuré le courage dont j'avais besoin durant les jours difficiles.

À TOUTE MA FAMILLE ET À TOUS MES AMIS

En témoignage de ma profonde affection.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AMPc : Adénosine Mono Phosphate cyclique

CoQ10 : Coenzyme Q10

CTE: Équivalent en Catéchine

EGFR: Epidermal Growth Factor Receptor

ERK: Extracellular signal-Regulated Kinases

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

GAE : Équivalent en Acide gallique

GSH : Glutathion

HO[·] : Radical Hydroxyle

H₂O₂ : Eau Oxygénée

HCIO : Acide hypochloreux

HOO[·] : Radical perhydroxyle

LDL: Low Density Lipoprotein

MAP: Mitogen Activated Protein

NF-κB : nuclear factor-kappa B

NO : Nitrite ou monoxyde d'azote

NOS : Oxyde nitrique synthase

O₂^{-·} : Radical superoxyde dit anion superoxyde

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONOO[·] : Peroxynitrite

pH : Potentiel Hydrogène

PKC : Protéine Kinase C

RO[·] : Radical alkoxyle

ROO: Radicaux peroxydes

SOD: Superoxydes Dismutases

TNF: Tumor Necrosis Factor

TVP : Thrombose Veineuse Profonde

UV : Ultra-Violet

VEGF : Facteur de Croissance Endothéliale Vasculaire (Vascular endothelial growth factor)

Introduction

Habituellement, la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) dont l'action fait partie intégrante de nos mécanismes de défense et d'élimination des agents pathogènes (bactéries et virus), s'autorégule naturellement par le biais de notre utilisation de molécules antioxydants. Cependant, lorsque la production des ERO devient excessive par rapport à la quantité de substances antioxydantes présentes, un déséquilibre se met en place. Un stress oxydatif apparaît alors et cause des lésions cellulaires parfois irréversibles à l'origine de certaines pathologies telles que la maladie d'Alzheimer. De plus, des facteurs exogènes comme la consommation excessive d'alcool et de tabac, la pollution, le sport intensif ou le stress psycho-social peuvent accentuer ce phénomène oxydatif.

Cependant des actions préventives peuvent être mises en place pour essayer de réguler ce stress oxydatif et de limiter ses effets indésirables et pathologies associées. Il est par exemple actuellement connu que l'apport de polyphénols par l'alimentation permet de limiter ce stress. En effet, ces polyphénols possèdent des propriétés antioxydantes.

En Guyane, deux palmiers sont connus pour leur intérêt gustatif : *Oenocarpus bataua* (Patawa) et *Oenocarpus bacaba* (Comou). Les fruits de ces deux palmiers sont quotidiennement consommés par la population. Mais pourraient-ils présenter un intérêt dans ce contexte de stress oxydatif ?

Pour répondre à cette question, une étude bibliographique a donc été menée sur ces deux palmiers guyanais. Après une présentation des processus oxydatifs, des systèmes pouvant les réguler et des pathologies associées, les résultats de cette étude portant notamment sur la composition en polyphénols de ces deux palmiers et les effets pharmacologiques de leurs composés seront détaillés.

1 Radicaux libres oxygénés et stress oxydant

Rappelons tout d'abord la définition et les voies de genèse des radicaux libres oxygénés dans l'organisme puis dans un second temps, étudions les systèmes permettant une régulation de la production de ces espèces réactives de l'oxygène (ERO) et enfin seront abordées les pathologies associées.

1.1 Radicaux libres et espèces réactives de l'oxygène

Le dictionnaire de l'académie de médecine définit les radicaux libres comme des composés chimiques possédant un électron célibataire sur leur couche périphérique. (Dictionnaire de l'Académie de Médecine Française, 2017). Il peut s'agir par exemple de l'oxyde nitrique ou monoxyde d'azote (NO \cdot), du radical hydroxyle (HO \cdot), du radical superoxyde dit anion superoxyde (O $_2^{\cdot-}$), du radical alkoxy (RO \cdot), du radical peroxy (ROO \cdot) ou du radical perhydroxyle (HOO \cdot) (Delattre, 2007). Ces radicaux font partis des espèces réactives de l'oxygène (ERO) ainsi nommées car rendues chimiquement très réactives par la présence d'un électron de valence non apparié et provenant de réactions d'oxydo-réductions univalentes du dioxygène. Les radicaux libres sont instables et produits continuellement au sein de l'organisme humain. Cette production physiologique est indispensable car ces ERO participent à divers processus vitaux comme la **transduction*** des signaux cellulaires, la régulation des gènes et le fonctionnement de certaines enzymes, la défense immunitaire contre les agents pathogènes et la mort cellulaire programmée des cellules cancéreuses (Halliwell, 1994).

Voyons alors les réactions permettant leur production plus en détail.

1.2 Les voies de genèse des ERO dans l'organisme humain

L'organisme humain présente une série de réactions pouvant amener à la formation d'ERO. Par exemple, au sein de la mitochondrie des cellules eucaryotes, les deux atomes d'oxygène du dioxygène acceptent chacun deux électrons et sont ainsi réduits en eau.

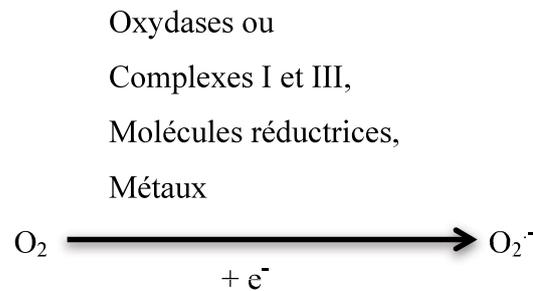


Mais cette réaction s'effectue en plusieurs étapes induisant la formation de formes radicalaires intermédiaires : les radicaux oxygénés. Ainsi les radicaux libres oxygénés sont le produit de la

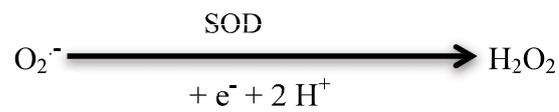
* Les mots en gras sont définis dans le glossaire.

transformation complète, par réduction, d'une molécule de dioxygène en deux molécules d'eau.

Subissant l'action d'enzymes et de molécules organiques, comme les oxydases ou les complexes I et III de la chaîne respiratoire mitochondriale, le dioxygène est capable de capter un électron pour donner le radical superoxyde $O_2^{\cdot-}$.



Le radical superoxyde peut ensuite être transformé en eau oxygénée (H_2O_2) sous l'action des superoxydes dismutases (SOD) (Delattre, 2007).



En présence de fer ferreux Fe^{2+} , l'eau oxygénée est transformée en radical hydroxyle. Cette réaction est nommée réaction de Fenton. C'est une réaction d'oxydo-réduction se réalisant sans présence d'enzyme (Wardma, 1996).



L'anion superoxyde peut également réagir avec l'eau oxygénée amenant aussi à la formation d'un radical hydroxyle.

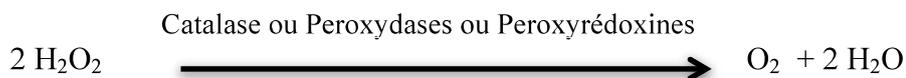


Ces deux précédentes réactions constituent le cycle de Haber-Weiss.

L'eau oxygénée en réagissant avec les ions chlorure et l'hydrogène produit de l'acide hypochloreux ($HOCl$) puis de l'oxygène singulet (1O_2) sous l'action de la myéloperoxydase (O'Neill, 1987). :



Aussi, catalase, peroxydases et peroxyrédoxines sont des enzymes qui vont catalyser la **dismutation** de l'eau oxygénée en eau et dioxygène (Bielski, 1985).



L'anion superoxyde en présence d'oxyde nitrique (NO) amène à la production du peroxydinitrite (ONOO⁻), puis du nitroperoxyde (ONOOH) et enfin d'un radical hydroxyle (OH⁻).



L'eau oxygénée, l'oxygène singulet ou le nitroperoxyde ne sont pas des radicaux libres en tant que tels mais sont des ERO qui peuvent être des précurseurs de radicaux libres (Kissner, 1997).

Ainsi plusieurs réactions vont conduire à la production d'ERO. Ces ERO vont avoir des rôles physiologiques importants pour l'organisme humain.

1.3 Les rôles physiologiques des espèces réactives de l'oxygène

Ces ERO sont souvent des messagers intracellulaires et extracellulaires induisant les réponses cellulaires à de nombreux stress (thermiques, lumineux, d'exposition aux **xénobiotiques**), permettant l'expression de gènes de défense. Ces gènes induisent une réponse antioxydante telle que l'activation de la superoxyde dismutase à manganèse, de la catalase, de la ferritine, de l'hème-oxygénase, de la γ -glutamyl-cystéine synthase et de la NO synthase.

En général, dans les réactions biochimiques *in vivo*, ces composés ont une durée de vie extrêmement courte, allant de 1.10^{-9} seconde à quelques secondes.

Plus spécifiquement, l'anion superoxyde et le radical oxyde nitrique (NO) ont une faible réactivité. Ils jouent le rôle de médiateurs biologiques régulant la vasodilatation capillaire et le message neuronal.

Les peroxydes (ROO[•]) et le radical hydroxyle (OH[•]) sont des radicaux libres extrêmement réactifs. Ils interviennent dans les mécanismes physiologiques de destruction des bactéries au sein des macrophages et polynucléaires. Ce dernier radical régule également l'**apoptose** cellulaire par l'activation des cascades de kinases, l'oxydation des protéines, la peroxydation lipidique ou l'oxydation de l'ADN.

Enfin, le peroxyde nitrique (ONOO[•]) est impliqué dans la nitration des protéines et l'activation des cascades de kinases également (Delattre, 2007).

Pour que leurs effets physiologiques ne soient pas excessifs, des systèmes de régulation de la production de ERO existent au sein de l'organisme et vont faire l'objet des paragraphes suivants.

1.4 Les systèmes régulant la production des espèces réactives de l'oxygène

La production des ERO est régulée par deux systèmes, l'un enzymatique incluant la superoxyde dismutase, la glutathion peroxydase ou la catalase, et l'autre non enzymatique. Ces systèmes peuvent être qualifiés d'antioxydants, ce sont des capteurs de radicaux libres.

1.4.1 Les systèmes enzymatiques

Les systèmes enzymatiques font intervenir des protéines présentes dans différents milieux afin de neutraliser la formation de ces ERO. Voyons quelques exemples de ces systèmes.

- **Les superoxydes dismutases**

Les superoxydes dismutases (SOD) forment un groupe de métalloprotéines constituées de 3 iso-enzymes localisées à des endroits différents : la Cuivre/Zinc-SOD₁ à localisation cytosolique, la Manganèse-SOD₂ à localisation mitochondriale et la Cuivre/Zinc-SOD₃ présente au niveau des cellules musculaires lisses (Gardner, 2002) (Okado-Matsumoto, 2001). Ces iso-enzymes, catalysées par le complexe Cuivre/Zinc ou le Manganèse transforment donc l'anion radical superoxyde par réaction de **dismutation** en une molécule de peroxyde d'hydrogène (Hsu, 1996) (Liochev, 2000).

- **La glutathion peroxydase**

La glutathion peroxydase est présente en milieu extracellulaire dans le plasma et sur la membrane cellulaire et en milieu intracellulaire dans le cytosol et la mitochondrie.

Cette enzyme transforme alors le peroxyde d'hydrogène en molécules d'eau. Cette réaction nécessite la présence de la forme réduite du glutathion (GSH) (Thomas, 1990).



- **La catalase**

La catalase réduit également le peroxyde d'hydrogène en molécule d'eau. Cette réduction est catalysée par le fer.

- **Autres**

D'autres enzymes comme les peroxydoxines, l'hème oxygénase, la glutathion transférase, les thioredoxines réductases ou les thioredoxines peroxydases vont également réguler la production d'ERO. Elles vont utiliser un donneur d'électrons : le NADPH (Maines, 1988).

Après avoir exposé les systèmes enzymatiques de protection, abordons maintenant les systèmes non enzymatiques.

1.4.2 Les systèmes non enzymatiques

Parmi les systèmes non enzymatiques essentiels, il convient de citer la vitamine E ou tocophérol, la vitamine C ou acide ascorbique, le glutathion, l'albumine, les caroténoïdes, le coenzyme Q10, l'acide urique, la bilirubine et enfin les polyphénols.

1.4.2.1 La vitamine E (ou tocophérol)

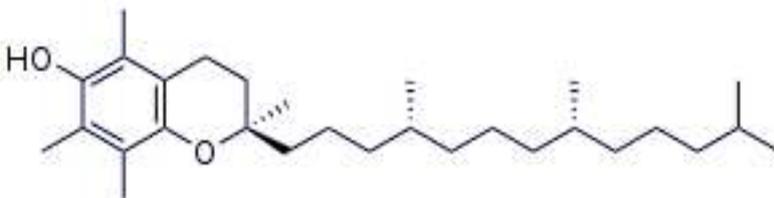


Figure 1 : Structure moléculaire du tocophérol.

La vitamine E est un mélange de tocophérol et tocotriénol. Elle est une vitamine liposoluble existant sous différentes formes α , β , γ , δ . La forme la plus importante et la plus biodisponible chez l'Homme est l' α -tocophérol. Ainsi la vitamine E est capable de protéger l'organisme

contre les effets nocifs des radicaux libres présents en excès. En présence du radical peroxyde, elle réagit pour former un radical tocophéryle empêchant ainsi la peroxydation lipidique. Grâce à son caractère hydrophobe, elle s'insère au sein des membranes riches en acides gras polyinsaturés et permet la conservation de l'intégrité des lipides membranaires. Elle inhibe l'activité non compétitive des cyclo-oxygénases (COX) dans de nombreux tissus amenant à la diminution de la production de prostaglandines. Elle a donc des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. A cela, s'ajoute des propriétés cicatrisantes, antiathérogènes, anti-thrombotiques, neuroprotectrices, antivirales, immuno-modulatrice.

La vitamine E inhiberait également l'angiogenèse et la dormance tumorale par inhibition du facteur de croissance endothéliale vasculaire (VEGF). La vitamine E protège aussi les constituants cellulaires, protéines et acides nucléiques. Elle a une action synergique avec l'acide ascorbique (Beyer, 1994) (Brigelius-Flohe, 1999).

1.4.2.2 La vitamine C (ou acide ascorbique)

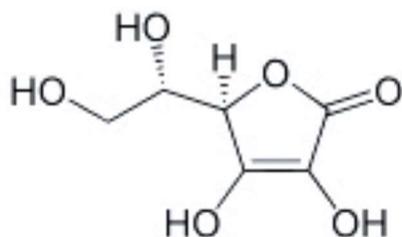


Figure 2 : Structure moléculaire de l'acide ascorbique.

La vitamine C se trouve naturellement dans de nombreux fruits et notamment les agrumes. Elle est un élément nutritif essentiel dans l'alimentation humaine et est nécessaire pour maintenir le tissu conjonctif osseux (Beyer, 1994), (Cao, 1998).

La vitamine C est une vitamine hydrosoluble aux propriétés antioxydantes très efficaces lors de réactions radicalaires en chaîne. La mono-oxydation de l'ascorbate conduit à la formation de son dérivé radicalaire : le radical ascorbyle dont la durée de vie est de plusieurs heures et arrête ainsi la réaction radicalaire en chaîne. De plus la réactivité du radical ascorbyle est faible et ne menace pas les structures biologiques. Grâce au faible potentiel d'oxydo-réduction du couple ascorbate / radical ascorbyle, la vitamine C est capable de céder un électron à pratiquement tous les radicaux libres pouvant intervenir dans le système biologique, comme les radicaux superoxydes, hydroxyles, peroxydes. Elle permet la régénération du radical tocophéryle en vitamine E. Ses propriétés antioxydantes favoriseraient le ralentissement du vieillissement cutané et en particulier du derme (Beyer, 1994), (Cao, 1998).

1.4.2.3 Le glutathion et l'albumine

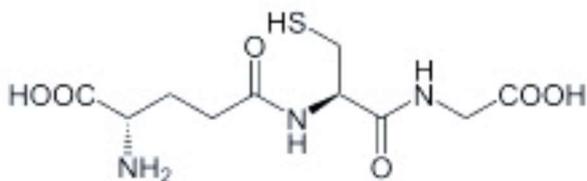


Figure 3 : Structure moléculaire du glutathion.

Le glutathion est un tri-peptide, formé des trois acides aminés : acide glutamique, cystéine et glycine.

Sous forme réduite, le glutathion est un cofacteur de la glutathion peroxydase. Il permet la régénération de la vitamine E et de la vitamine C à partir de leurs formes radicalaires.

Le glutathion agit comme un antioxydant, un piègeur de radicaux libres et un agent de détoxification. Cofacteur de la glutathion S-transférase, le glutathion réagit avec un certain nombre d'espèces chimiques nocives, telles que des halogénures, des époxydes et des radicaux libres, pour former des produits inactifs. Dans les érythrocytes, ces réactions empêchent les dommages oxydatifs par réduction de la méthémoglobine et des peroxydes.

L'équivalent plasmatique du glutathion possédant une fonction thiol est l'albumine. Elle piège les ERO par réaction de réduction (Bump, 1990).

1.4.2.4 Les caroténoïdes



Figure 4 : Structure moléculaire d'un caroténoïde.

Les caroténoïdes sont des pigments végétaux dont le chef de file est le β -carotène ou provitamine A, retrouvé dans la carotte, l'abricot, le melon, certains légumes comme les épinards ou la laitue. Cette molécule est hydrolysée au niveau du foie en vitamine A antioxydante. On peut citer comme autre exemple de caroténoïde le lycopène, pigment rouge présent dans la tomate et le pamplemousse (Bonfont-Rousselot, 2003).

Ces caroténoïdes semblent protéger les organismes contre un excès de radicaux libres. Grâce à leurs longues chaînes de carbones polyinsaturées, ils semblent capables de prévenir et d'interrompre les procédés de peroxydation en neutralisant l'oxygène singulet et d'autres radicaux libres (Bonfont-Rousselot, 2003).

1.4.2.5 Le coenzyme Q₁₀

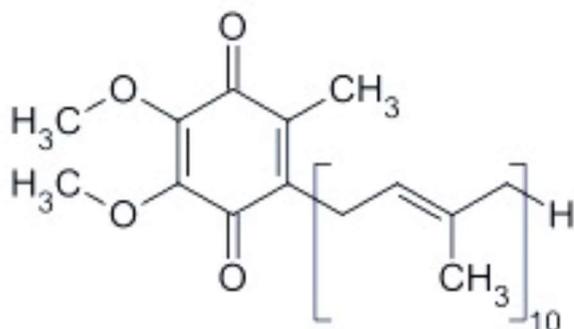


Figure 5 : Structure moléculaire du coenzyme Q₁₀.

L'ubiquinone ou coenzyme Q₁₀ est ubiquitaire, retrouvé dans la plupart des cellules eucaryotes. Il fait partie du complexe III de la chaîne respiratoire mitochondriale et sert de transporteur d'électrons pour la production d'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP). Cette molécule lipophile a également une action antioxydante par neutralisation des radicaux libres. Pour cela, l'ubiquinone est convertie en ubiquinol et cette forme ubiquinol est capable de donner ses électrons non appariés aux radicaux libres pour les neutraliser et les stabiliser. La transformation de l'ubiquinone en ubiquinol est catalysée par le coenzyme Q-cytochrome-C réductase présente au niveau de la mitochondrie (Beyer, 1994). Ainsi cette molécule empêche les modifications oxydatives des protéines, des lipides, et de l'ADN. Il peut également régénérer la vitamine E (Beyer, 1994).

1.4.2.6 L'acide urique

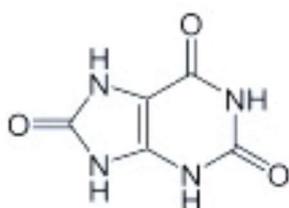


Figure 6 : Structure moléculaire de l'acide urique.

L'acide urique provient du catabolisme des bases puriques. Ainsi l'enzyme xanthine oxydase, oxyde les bases puriques telles que la xanthine en acide urique.

Un excès d'acide urique dans l'organisme est délétère conduisant à une forme d'arthrite appelée goutte, cependant à des quantités physiologiques, l'acide urique démontre un intérêt antioxydant en étant ionisé sous forme d'urate à pH physiologique, forme capable de piéger les radicaux libres (Grootveld, 1987).

1.4.2.7 La bilirubine

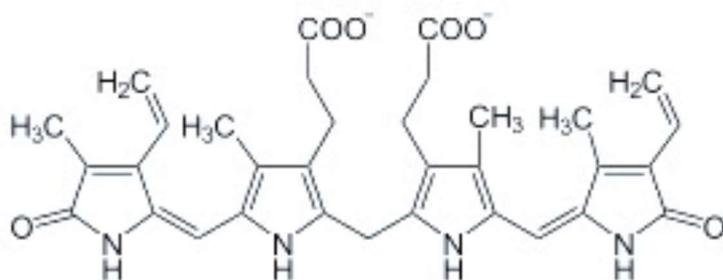


Figure 7 : Structure moléculaire de la bilirubine.

La bilirubine résulte de la dégradation de l'hémoglobine par les cellules réticulo-endothéliales. Cependant, cette molécule est capable de piéger le radical peroxyde et l'oxygène singulet. Et lorsque la bilirubine réagit avec ces ERO, les métabolites oxydés comme la biliverdine sont alors formés. Ceci peut-être observé par une diminution de la concentration en bilirubine et une augmentation de ces métabolites urinaires oxydés dans le sérum (Neuzil, 1993).

1.4.2.8 Les polyphénols

Les polyphénols sont des molécules naturelles présentes dans différents végétaux (Bruneton, 2016). Ce sont des métabolites secondaires c'est-à-dire des molécules qui, par exclusion, n'appartiennent pas au métabolisme primaire (assurant la croissance et le développement d'un organisme). Les métabolites secondaires ne participent donc pas directement aux processus vitaux de la cellule, mais interviennent en cas de stress biotiques ou abiotiques. Ils regroupent plusieurs catégories de composés comme les anthocyanosides, les flavonoïdes, les tanins, les **lignanes**, les coumarines ou les stilbènes (Delattre, 2007).

Etudions ces polyphénols plus en détails.

1.4.2.8.1 Définition

Ces composés se définissent comme « des métabolites secondaires de plantes dérivés de l'acide shikimique et/ou de la voie des polyacétates, comportant plus d'un noyau phénolique et étant dépourvus de tout groupe fonctionnel à base d'azote dans leur expression structurale de base » (Quideau, 2011).

Ainsi, les composés phénoliques sont caractérisés par un élément structural fondamental, le noyau benzénique portant un ou plusieurs hydroxyles libres ou engagés dans une autre

fonction éther, ester ou hétéroside. Ces composés ont une origine biosynthétique commune. Ils sont issus de deux grandes voies d'aromagenèse évoquées dans la définition :

- la voie de l'acide shikimique. Cette voie est la plus courante et conduit des oses aux amino-acides aromatiques (phénylalanine et tyrosine) puis, par désamination de ces amino-acides aromatiques, aux acides cinnamiques et à leurs nombreux dérivés (acides benzoïques).
- la voie des polyacétates. Cette voie commence par une molécule d'acétate et conduit à des poly- β -cétosters, les polyacétates qui engendrent, par cyclisation des composés souvent polycycliques : isocoumarines, chromones, quinones.

Les composés phénoliques présentent donc une pluralité structurale due à leur origine biosynthétique double. Cette diversité est accentuée par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies de biogénèse à l'élaboration de composés dits mixtes comme les flavonoïdes, les stilbènes ou les xanthones par exemple (Bruneton, 2016).

1.4.2.8.2 Quelques catégories chimiques appartenant aux composés phénoliques

- Les acides-phénols

o Généralités

Les acides-phénols sont des composés possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique, et dérivant de l'acide benzoïque ou de l'acide cinnamique (Figure 8).

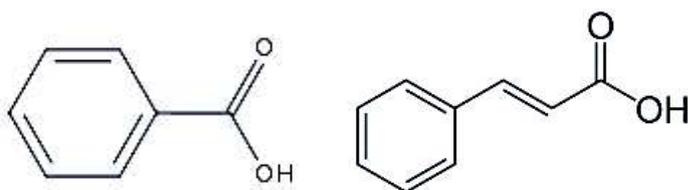


Figure 8 : à gauche structure moléculaire de l'acide benzoïque, à droite structure moléculaire de l'acide cinnamique.

Les acides-phénols dérivés de l'acide benzoïque peuvent être sous forme libre ou combinés à l'état d'esters ou d'hétérosides. Ce type d'acides-phénols peut être représenté par l'acide syringique ou l'acide vanillique par exemple.

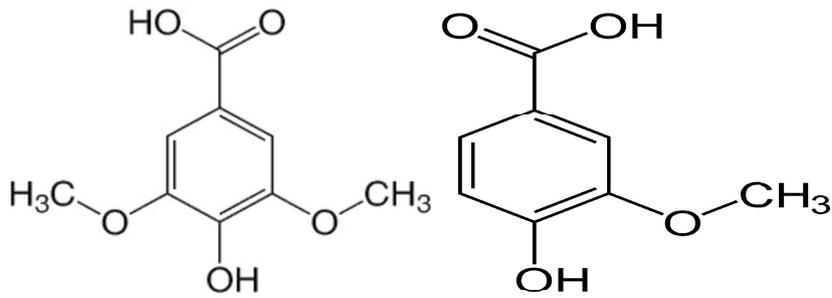


Figure 9 : à gauche structure moléculaire de l'acide syringique ; à droite structure moléculaire de l'acide vanillique

La plupart des acides-phénols dérivés de l'acide cinnamique ont une distribution large. Rarement libres, ils sont souvent estérifiés et forment alors des esters d'alcools aliphatiques (exemple : acide cafféoyl-malique) ou des esters de l'acide quinique (exemple : acide chlorogénique (Figure 10)). Ils peuvent également être amidifiés ou combinés à des sucres (Bruneton, 2016).

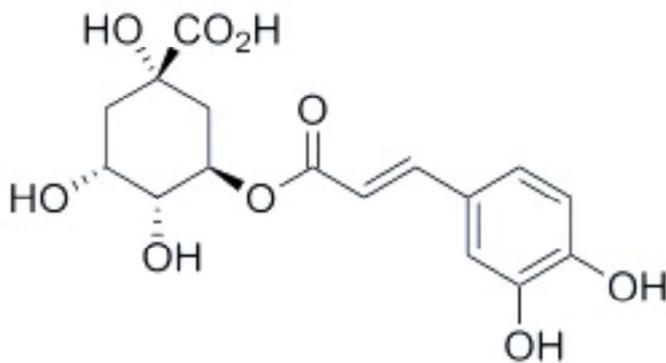


Figure 10 : Structure molécule de l'acide chlorogénique

○ Intérêts thérapeutiques

Les acides-phénols présentent des intérêts pharmacologiques et nutritionnels.

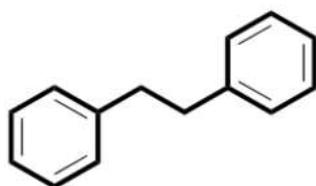
Ce sont des antioxydants, « piègeurs de radicaux libres ». Ainsi ils participeraient au maintien d'un bon état de santé et à la prévention de pathologies en partie liées au stress oxydant comme certaines maladies cardiovasculaires ou pathologies neurodégénératives.

Certains acides-phénols inhibent les réactions de nitrosation et certains processus d'altération des acides nucléiques. D'autres ont démontré des propriétés anti-inflammatoires, inhibitrices enzymatiques. Certains sont aussi antimicrobiens (Bruneton, 2016).

- Les stilbènes

○ Généralités

Les stilbènes sont des composés phénoliques ayant deux noyaux benzéniques reliés par un pont éthène (structure de base nommée 1,2-diaryléthane), sur lesquels se greffent des groupements hydroxyles ou alkoxyles (Figure 11). Ce sont des extensions des acides-phénols. Ils peuvent être sous forme libre ou hétérosidiques. Ce sont des **phytoalexines** c'est-à-dire des composés produits par certains végétaux en réponse à des attaques microbiennes notamment fongiques. Les stilbènes sont présents dans diverses plantes dont la vigne ou la canneberge à gros fruits (Langeake, 1976).



1,2-diaryléthane

stilbènes

Figure 11 : Structure chimique de base des stilbènes.

○ Intérêts thérapeutiques

Les stilbènes possèdent des activités antioxydantes et permettent ainsi de lutter contre les radicaux libres et préservent l'organisme des effets du vieillissement.

Les stilbènes sont aussi des inhibiteurs enzymatiques : ils participent à l'inhibition de la thromboxane-synthase et de la 5-lipoxygénase. Ils inhibent également la calmoduline.

Certains peuvent démontrer des propriétés oestrogéniques, antifongiques, anti-tumorales et antiathérogènes. Ce sont également d'excellents inhibiteurs de l'agrégation plaquettaire. Ils peuvent parfois être cytotoxiques (Bruneton, 2016).

- Les flavonoïdes

○ Généralités

Les flavonoïdes ont été découverts par Szent-Györgyi en 1936. Ils possèdent comme élément structural commun de base l'enchaînement 2-phénylchromane dû à leur origine biogénétique commune (Figure 12). Puis des variations de cet élément structural permettent de distinguer plusieurs catégories de flavonoïdes :

- flavones et flavonols
- flavanones et dihydroflavonols
- biflavonoïdes
- chalcones, aures

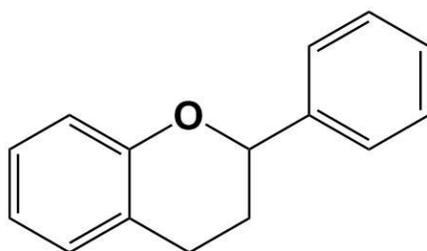


Figure 12 : Structure chimique du noyau 2-Phénylchromane.

Ces composés peuvent être sous forme libre ou hétérosidiques (flavonoside).

Ce sont des pigments jaunes responsables de la couleur de certaines fleurs permettant d'attirer les insectes. Ils sont naturellement présents dans les fruits et légumes de notre alimentation, ainsi que dans de nombreuses boissons : vin rouge, bière. Plus de 6000 flavonoïdes ont été décrits chez les végétaux (Bruneton 2016).

○ Intérêts thérapeutiques

Les flavonoïdes sont des piègeurs de radicaux libres. Ils agissent principalement comme antioxydants primaires, en stabilisant les radicaux peroxydes. Ils peuvent également désactiver l'ion superoxyde, le radical OH[•] et l'oxygène singulet, inhiber la lipooxygénase ou encore chélater les métaux (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). Ils constituent donc une importante source d'antioxydants dans notre alimentation. Dû à ces activités, ils sont utilisés comme anti-âge et photoprotecteurs en cosmétologie. Cependant cette activité antioxydante serait limitée par la faible biodisponibilité des flavonoïdes après ingestion (Fraga, 2010).

Les flavonoïdes sont également des inhibiteurs enzymatiques. Ils peuvent inhiber :

- l'histidine décarboxylase (c'est le cas du quercétol) ;

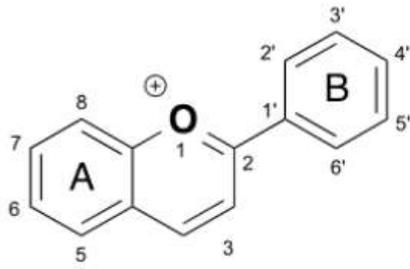
- l'élastase ;
- la hyaluronidase (c'est le cas des flavones), permettant potentiellement de conserver l'intégrité de la substance fondamentale du tissu conjonctif de la gaine vasculaire ;
- des phosphodiésterases de l'AMPc, pouvant expliquer une activité anti-agrégant plaquettaire
- la NO-synthase, diminuant la vasodilatation ;
- l'inflammation et les manifestations allergiques en inhibant la 5-lipoxygénase et donc la production de leucotriènes.

Historiquement, la première propriété reconnue aux flavonoïdes est leur action « veinotonique ». En effet, ils sont capables de diminuer la perméabilité des capillaires sanguins et de renforcer leur résistance (notamment due aux inhibitions d'enzymes précédemment citées). Ils sont dits vasculoprotecteurs et « veino-actifs ». Ainsi, les flavonoïdes sont utilisés en phlébologie et sont proposés au stade précoce de l'insuffisance veineuse chronique, en traitement des symptômes en rapport avec l'insuffisance veinolymphatique. Des effets bénéfiques ont également été observés sur les maladies cardiovasculaires. Cependant, il semblerait que « les revues générales et les synthèses méthodiques avec méta-analyse récentes aboutissent plutôt à constater l'absence ou la faiblesse de preuves de l'effet des flavonoïdes dans le traitement de l'insuffisance veineuse chronique » (Bruneton, 2016).

- Les anthocyanes

○ Généralités

Les anthocyanes sont des polyphénols dérivés du cation 2-phénylbenzopyrylium appelé aussi cation flavylum (Figure 13). Ils existent sous la forme d'hétérosides, évoqués sous le terme d'anthocyanosides. Ce sont des pigments hydrosolubles responsables de la coloration rouge, rose, mauve, pourpre, bleue et violette de certaines fleurs et des fruits (Goetz, 2008).



2-phénylbenzopyrylium
= cation flavylum

Figure 13 : Structure chimique du cation flavylum.

○ Intérêts thérapeutiques

Comme la plupart des composés polyphénoliques déjà cités, les anthocyanes sont des piègeurs de radicaux libres. Ils se lient aux ERO et évitent d'endommager les membranes cellulaires (Bruneton, 2016).

Les anthocyanes sont également veinotoniques, protègent et améliorent les fonctions cérébrales et cognitives, diminuent les risques cardiovasculaires chez l'homme.

Une des plantes les plus riches en anthocyanosides est la myrtille (*Vaccinium myrtillus*). Son fruit frais contient au minimum 0,3% d'anthocyanines exprimés en chlorure de cyanidine 3-O-glucoside (chrysanthémine). Il contient des hétérosides du delphinidol, du cyanidol, du malvidol, du péonidol et du pétunidol. Ces molécules ont des effets sur :

- la microcirculation : elles vont réduire la perméabilité capillaire en inhibant l'élastase et les collagénases qui dégradent le collagène
- le stress oxydatif : elles permettent l'augmentation des défenses vis-à-vis du stress oxydant lié aux enzymes telles que l'hème-oxygénase et la glutathion-S-transférase dans le pigment rétinien.
- les structures oculaires : elles protègent contre l'altération du cristallin et de la rétine (Bruneton, 2016).

- Les tanins

○ Généralités

Les tanins sont un ensemble de substances polyphénoliques exploitées historiquement pour le tannage des peaux d'animaux, en vue de leur transformation en peaux imputrescibles et imperméables. Il se forme pendant le tannage une liaison entre le collagène de la peau et les tanins présents dans les végétaux.

Les tanins sont des substances solubles dans l'eau, de poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Da et capables de précipiter les alcaloïdes ainsi que les protéines. Il existe deux types de tanins : les tanins condensés, non hydrolysables constitués d'unités flavan-3-ol et les tanins hydrolysables qui sont des oligo- ou des polyesters d'un sucre (généralement un glucose) et d'un nombre variable d'acides-phénols (Dictionnaire de l'académie de Pharmacie, 2019) (Figures 14 et 15).

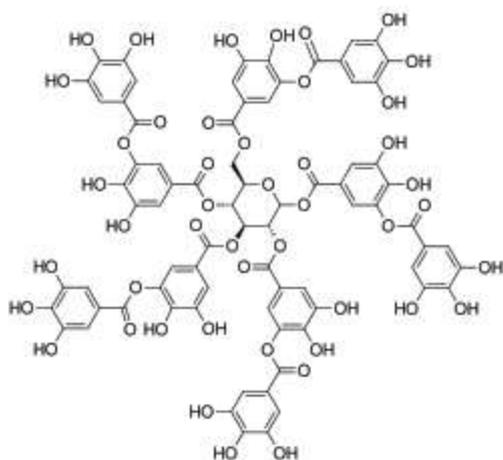


Figure 14 : Exemple de tanin hydrolysable : acide tannique.

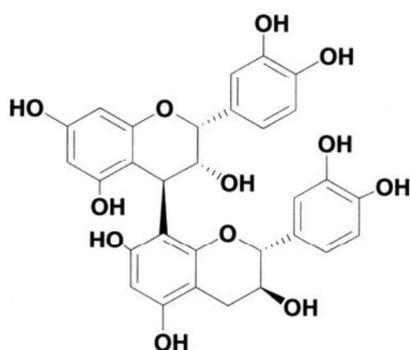


Figure 15 : Exemple de tanin condensé :Procyanidol B1.

○ Intérêts thérapeutiques

La plupart des tanins, en particulier les tanins hydrolysables, inhibent la peroxydation lipidiques dans les expériences *in vivo* menées sur des rats. *In vitro*, ce sont des piègeurs de radicaux libres, des inhibiteurs de la formation de l'ion superoxyde et des inhibiteurs de la lipooxygénase. Ils sont aussi connus pour leurs propriétés astringentes, veinotoniques et antiseptiques. Ils favorisent la régénération des tissus en cas de blessures superficielles et de brûlures. Par voie interne, ils sont anti-diarrhéiques. Les tanins du vin et du jus de raisin auraient un effet préventif à l'égard des maladies cardiovasculaires (Bruneton 2016).

L'acide tannique figure dans la liste des aromatisants autorisés en alimentation animale par l'Union européenne (Dictionnaire de l'académie de Pharmacie, 2019).

1.5 Le déséquilibre entre production de radicaux libres et système de protection de l'organisme humain

1.5.1 Généralités

Nous avons vu précédemment que les ERO avaient des rôles importants et bénéfiques à jouer pour l'organisme. Dans les circonstances quotidiennes normales, les ERO sont produits en permanence en faible quantité comme les médiateurs tissulaires ou les résidus des réactions énergétiques ou de défense et cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense, adaptatifs par rapport au niveau des radicaux présents. Cependant dans certaines conditions, une production excessive de ces radicaux et/ou un dérèglement des systèmes les régulant, peuvent arriver causant des effets néfastes sur l'organisme. Un stress oxydant s'installe alors. Il se définit comme « l'ensemble des processus biologiques intervenant dans un organisme pour aboutir à la production de radicaux libres et au cours desquels sont produites des lésions cellulaires par des composés oxygénés appelés « formes réactives de l'oxygène » » (Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine, 2019).

Ce stress peut être dû à une libération de fer excessive, à un dysfonctionnement de la chaîne respiratoire mitochondriale, à l'action de **xénobiotiques** ou autres molécules exogènes, à l'action des ultraviolets, ou à une hyperventilation amenant à l'augmentation de l'oxygène dans le sang, à une inflammation ou une infection microbienne. Il peut provenir également d'une intoxication aux métaux lourds, d'ischémies/reperfusion suivant des thromboses, d'une défaillance nutritionnelle ou de la carence en un ou plusieurs des antioxydants apportés par la nutrition comme les vitamines ou les oligo-éléments, d'anomalies génétiques responsables d'un mauvais codage d'une protéine impliquée dans les mécanismes antioxydants de

l'organisme. Généralement, le stress oxydant sera la résultante de plusieurs de ces facteurs et se produira dans un tissu et un type cellulaire bien précis, objet de la défaillance et non pas dans tout l'organisme. Ce stress oxydant a pour conséquence une altération, une **apoptose** et/ou une nécrose cellulaire et tissulaire (Gardès-Albert, 2003).

Voyons plus en détails ces pathologies liées au stress oxydant.

1.5.2 Les pathologies en lien avec le stress oxydant

De nombreuses pathologies sont en lien avec le stress oxydant. Le stress oxydant peut en être le facteur déclenchant originel comme c'est le cas de l'athérosclérose, des maladies neurodégénératives comme la sclérose latérale ou la maladie d'Alzheimer, de certains cancers, ou de pathologies oculaires comme la cataracte et la dégénérescence maculaire. Ces pathologies sont souvent liées au vieillissement (Favier, 2006). Dans d'autres pathologies, le stress oxydant est secondaire à l'apparition de la pathologie et contribue à l'émergence de complications comme c'est le cas du diabète ou de certaines pathologies cardio-vasculaires.

1.5.2.1 Les pathologies induites par le stress oxydant

1.5.2.1.1 Athérosclérose

L'athérosclérose se définit comme « un épaissement avec sclérose inflammatoire, rigidification et perte de plasticité des parois artérielles de moyen diamètre » (Dictionnaire de l'académie de pharmacie, 2019).

Les ERO ont un rôle dans l'homéostasie vasculaire. Produites en petites quantités intracellulaires, ce sont des régulateurs des voies de signalisations et de l'expression de gènes vasculaires. Par contre, une hyperproduction d'ERO induit des processus pathologiques impliqués dans l'athérogenèse comme par exemple les processus inflammatoires, la prolifération de cellules musculaires lisses et l'activation endothéliale (état pro-inflammatoire et pro-coagulant des cellules de l'endothélium vasculaire).

Ainsi, cette hyperproduction d'ERO favorise l'oxydation des lipoprotéines notamment des Low-Density-Lipoprotein (LDL) capables d'engendrer un dysfonctionnement des cellules endothéliales et des cellules musculaires lisses. Les LDL oxydées entraînent alors :

- des dysfonctionnements au niveau du découplage de la NO synthase, au niveau de la NADPH oxydase, de la chaîne respiratoire mitochondriale et de la lipooxygénase ayant normalement un rôle préventif vis-à-vis du développement de la lésion

athéroscléreuse. Il y a alors formation de stries lipidiques, lésions initiatrices de la plaque d'athérome mature, et formation de cellules **spumeuses** (cellules présentes dans la lésion athéroscléreuse)

- la modification de l'expression de gènes dans les cellules vasculaires (gènes impliqués dans la production de chimiokines, de facteurs de croissance, de molécules d'adhésion)
- la nécrose et l'**apoptose** cellulaires
- une immunogénicité avec synthèse d'anticorps spécifiques anti-LDL oxydées
- une altération de la vaso-réactivité
- un effet prothrombogène (Delattre, 2007).

1.5.2.1.2 Les pathologies neurodégénératives

Le stress oxydant est impliqué dans les processus neurodégénératifs et la mort neuronale. La balance oxydants/antioxydants dans la maintenance et la survie neuronale est essentielle. En cas d'excès d'oxydants, les lipides, les protéines et l'ADN deviennent alors des cibles et subissent des modifications conduisant à une détérioration du fonctionnement neuronale et à la mort. Le cerveau peut être particulièrement touché. Du fait de sa richesse en acides gras polyinsaturés et de sa forte consommation en dioxygène, cela fait de lui un tissu vulnérable à la peroxydation lipidique. L'enzyme NADPH oxydase impliquée dans la formation des anions superoxydes (O_2^-) est présente dans les neurones, les astrocytes ainsi que dans la microglie.

Les pathologies résultantes de ces phénomènes sont la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer et la sclérose latérale amyotrophique.

Dans ces pathologies, l'agrégation protéique et l'activation **microgliale** conduisent à l'initiation et à la propagation de réactions radicalaires par libération de cytokines pro-inflammatoires, de prostaglandines et de radicaux libres oxygénés (Delattre, 2007).

1.5.2.1.3 La maladie cancéreuse

Selon le dictionnaire Larousse médical, le terme « cancer » est défini comme "une maladie ayant pour mécanisme une prolifération cellulaire anarchique". Cette prolifération anarchique s'oppose à la prolifération contrôlée, harmonieuse et le plus souvent intermittente qui caractérise les tissus normaux et qui n'a lieu que pour réparer les pertes cellulaires

accidentelles par plaie ou agression et les pertes naturelles par vieillissement (Larousse médical, 2018).

Cette pathologie est l'une des principales causes de décès dans les pays industrialisés. Les 4 cancers les plus fréquents en France sont le cancer du poumon (39 500 cas), le cancer de la prostate (71 000 cas), le cancer du sein (53 000 cas), et le cancer colorectal (40 500 cas) (Ligue contre le cancer, 2019).

Des liens entre radicaux libres et maladies cancéreuses ont été démontrés. En effet, certains agents cancérigènes comme l'air pollué, les rayonnements ionisants (rayons X durs, ultraviolets de type A), la fumée de cigarette, le nickel, l'amiante sont connus pour être générateurs d'un stress oxydant, de manière indirecte ou directe et vont induire la production de radicaux libres oxygénés et d'ERO impliqués dans l'apparition de cancers.

Ainsi l'amiante, ensemble de silicates fibreux, stimule les macrophages alvéolaires et génère d'autant plus de radicaux hydroxyles à l'origine de stress oxydant que les fibres sont riches en fer, pouvant alors aboutir à un cancer du poumon. Cet effet est également observé avec l'ozone ou la fumée de cigarette induisant de fait la même pathologie. Le nickel lui se lie directement à l'ADN et endommagent *in situ* les bases de l'ADN en présence de l'anion superoxyde ou du peroxyde d'hydrogène par réaction de Fenton.

De plus, les cellules cancéreuses produisent une plus grande quantité de peroxyde d'hydrogène que les cellules normales. Elles possèdent aussi des anomalies des systèmes antioxydants. Les excès d'ERO consécutifs maintiennent la prolifération anormale et les mutations des cellules et participent aux caractères invasifs des cancers (Delattre, 2007).

1.5.2.2 Les pathologies induisant du stress oxydant

1.5.2.2.1 Le diabète

Le diabète se définit comme « une hyperglycémie chronique par endocrinopathie qui se complique d'une rétinopathie en 15 ans (OMS 1981). Le bio-marqueur est une glycémie le matin à jeun \geq à 7,23 mmol/L. » (dictionnaire de l'académie de pharmacie).

La fédération française des diabétiques évalue en 2015 le nombre de diabétique en France à 3,7 millions de personnes, soit 5,4 % de la population (Fédération Française des Diabétiques, 2019).

Lors d'un diabète, l'hyperglycémie amène un déséquilibre de la balance oxydant/antioxydant en agissant à 4 niveaux. En effet, elle favorise :

- l'augmentation de la voie des polyols. Cette augmentation conduit à l'accumulation de sorbitol et de fructose et diminue le rapport $\text{NADPH,H}^+/\text{NADP}^+$ induisant une augmentation de la production d'espèces radicalaires. Cette augmentation s'explique par le blocage du cycle redox du glutathion, qui oxydé, est réduit par la glutathion réductase et son coenzyme le NADPH,H^+ et empêche la transformation du peroxyde d'hydrogène en molécule d'eau (Figure 16).

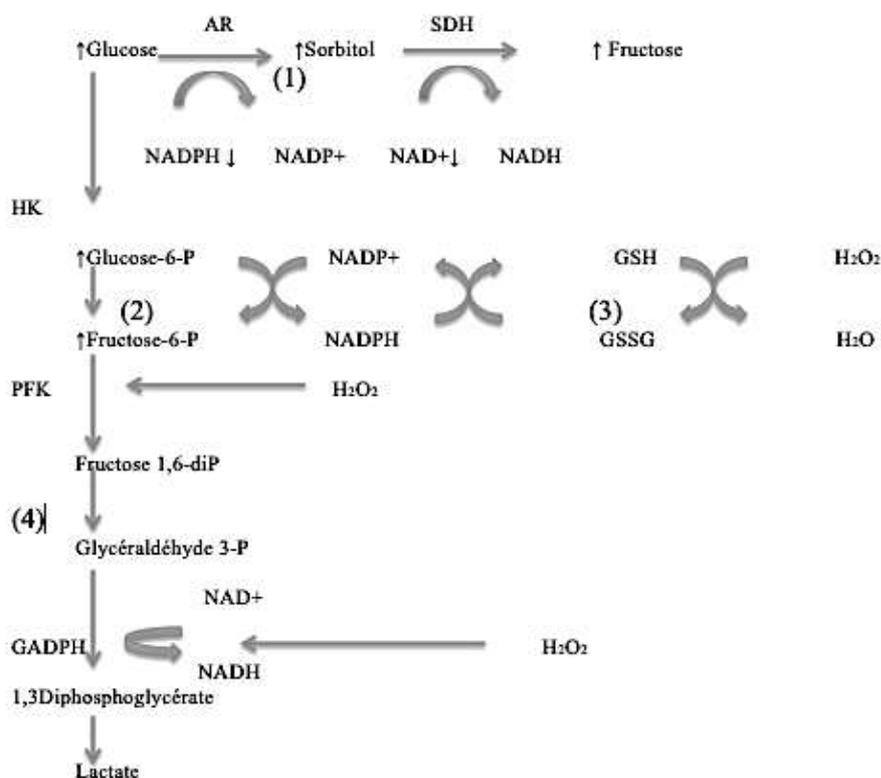


Figure 16 : Voie des polyols et autres voies métaboliques induites par l'hyperglycémie. (1) : Voies des polyols AR : Aldose Réductase ; SDH : Sorbitol Déshydrogénase. (2) Voies des pentose-phosphates. (3) Cycle redox du Glutathion. (4) Voie de la glycolyse HK : Hexokinase ; PKF : Phosphofructokinase ; GAPDH : Glycéraldéhyde-3-Phosphate déshydrogénase (Delattre, 2007).

- la formation de protéines glyquées. La glycation de protéines extracellulaires perturbe les interactions cellules-matrice extracellulaire. Les produits de glycation avancée ont un effet chimiotactique sur les monocytes et sont à l'origine de leur infiltration au niveau du sous-endothélium vasculaire. Cette infiltration va inactiver le monoxyde d'azote qui est un facteur relaxant et antiprolifératif de l'endothélium. La glycation de lipoprotéines augmente leur durée de vie plasmatique et donc le risque d'attaque oxydative et la survenue du processus d'athérosclérose décrit précédemment. Au niveau intracellulaire, la glycation a lieu au niveau des protéines mais également au niveau de l'ADN induisant des cassures de brins d'ADN et une augmentation des mutations géniques dues à la dépurination du site glyqué. La glycation peut également affecter la glutathion peroxydase, enzyme essentielle à la détoxification de l'organisme.

- l'activation du système rénine-angiotensine. En effet, l'angiotensine II stimule la production d'anions superoxydes et de radicaux hydroxyles via l'activation de la NADPH oxydase endogène (Figure 17).

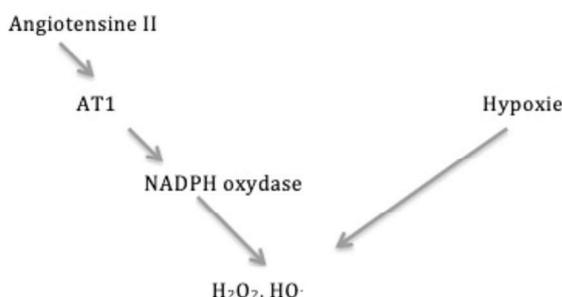


Figure 17 : Contribution de l'angiotensine II dans la production de radicaux libres (Delattre, 2007).

- la production de radicaux libres par la mitochondrie via la présence d'un gradient de protons au niveau de la membrane interne mitochondriale. Ce gradient favorise une activation des donneurs d'électrons du cycle des acides tricarboxyliques ce qui induit une production importante d'anions superoxydes. Le cycle des acides tricarboxyliques plus communément appelé cycle de Krebs se produit dans la matrice mitochondriale, ce cycle a une importance métabolique, par sa production d'ATP indispensables pour les cellules. (Delattre, 2007) (Baynes, 1991).

1.5.2.2.2 Les pathologies cardiovasculaires

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit les maladies cardiovasculaires comme un ensemble de troubles affectant le cœur et les vaisseaux sanguins. Ces maladies regroupent les pathologies coronariennes, les maladies cérébro-vasculaires, les artériopathies périphériques, les cardiopathies rhumatismales résultant d'un rhumatisme articulaire aigu, les malformations cardiaques congénitales, les thromboses veineuses profondes et les **embolies** pulmonaires.

Les pathologies cardiovasculaires se manifestent par une augmentation de catécholamines dont la norépinephrine au niveau du système nerveux sympathique, une augmentation du taux d'angiotensine II au niveau du système rénine-angiotensine, une activation des polynucléaires neutrophiles induisant une augmentation de la libération d'acide hypochloreux et un dysfonctionnement des cellules endothéliales, dû à l'augmentation du taux de peroxy-nitrite.

Ces manifestations physico-chimiques vont favoriser, induire et générer un stress oxydant avec production d'anions superoxydes et de peroxydes d'hydrogènes. Ce stress oxydant aura comme conséquences des effets au niveau cardiaque comme des arythmies et des effets

vasculaires induisant de l'hypertension et/ou de l'athérosclérose (Simeoni, 2008) (Delattre, 2007).

1.5.2.2.3 Cas particulier de l'ischémie cérébrale

Le cerveau consomme 20 % des apports en oxygène de notre organisme et renferme d'importantes quantités de fer. Comme évoqué précédemment, le fer peut catalyser la production de radicaux libres notamment de radicaux hydroxyles, en présence de peroxyde d'hydrogène. De plus, le cerveau est riche en acides gras polyinsaturés facilement oxydables. Une surproduction de radicaux libres au niveau du cerveau a lieu lors du phénomène de reperfusion post-ischémique. Dans ce cas, plusieurs réactions favorisent la production d'anions superoxydes comme l'oxydation de l'hypoxanthine et de la xanthine par la xanthine oxydase ou le métabolisme de l'acide arachidonique (dû à l'augmentation de la synthèse des COX 2 entre 6 et 24 heures après une ischémie) (Delattre, 2007).

2 Étude bibliographique de deux palmiers guyanais

2.1 Généralités sur la Guyane

2.1.1 Situation

La Guyane est une région française située en Amérique du Sud. Elle est sur l'un des **cratons** les plus anciens (l'apparition du **craton** guyanais et son soulèvement datent de 2,5 à 1,9 milliards d'années) et fait partie du bouclier des Guyanes, formation géologique qui s'étend de la Colombie à l'Amapa, état brésilien (Figure 18).



Figure 18 : Carte du bouclier Guyanais (© Sémhur)

2.1.2 La population Guyanaise

La Guyane Française située en Amazonie est un lieu où on rencontre une population métissée.

La population guyanaise a plus de vingt ethnies :

- les créoles, résultat d'un métissage entre les différentes ethnies de Guyane
- les amérindiens : ce sont les Arawak, Emerillon, Galibi, kali'na, Palikur, Teko, Wayâpi et Wayana. Ils furent les premiers habitants de Guyane.
- Les bushingens (ou Noirs-Marrons) : ce sont les Aluku, Boni, Djuka, Paramaka. Leurs ancêtres ont fui l'esclavage en s'isolant dans la forêt.
- La population chinoise : arrivée au XIXe siècle puis au XXe siècle.

- Les Hmong, peuple situé principalement dans les communes de Roura et de Mana, installés par l'État français en Guyane Française en 1976 suite à la guerre civile laotienne (Figure 19) (Une population métissée, 2019).

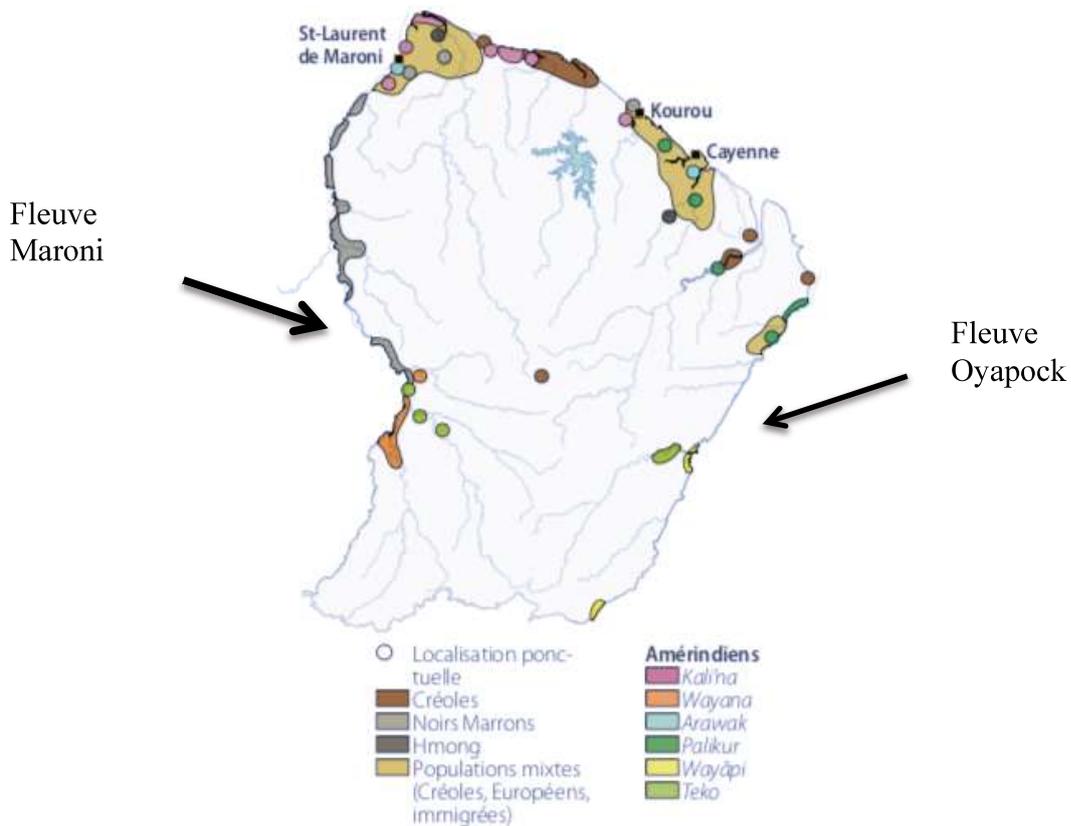


Figure 19 : Carte représentant la répartition des différentes ethnies guyanaises sur le territoire de la Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014).

La population guyanaise est principalement localisée sur le littoral de la Guyane mais aussi le long des fleuves Maroni et Oyapock.

2.1.3 Le climat en Guyane

La Guyane possède un climat équatorial humide rythmé de deux saisons : une saison humide de décembre à juillet et une période plus sèche durant le reste de l'année. Cependant, les précipitations annuelles en Guyane sont importantes : celles-ci passent de 2000 mm à Mana à 3600 mm vers Matoury, voire plus de 4000 mm pour la montagne de Kaw qui reçoit les alizés humides (Figure 20).

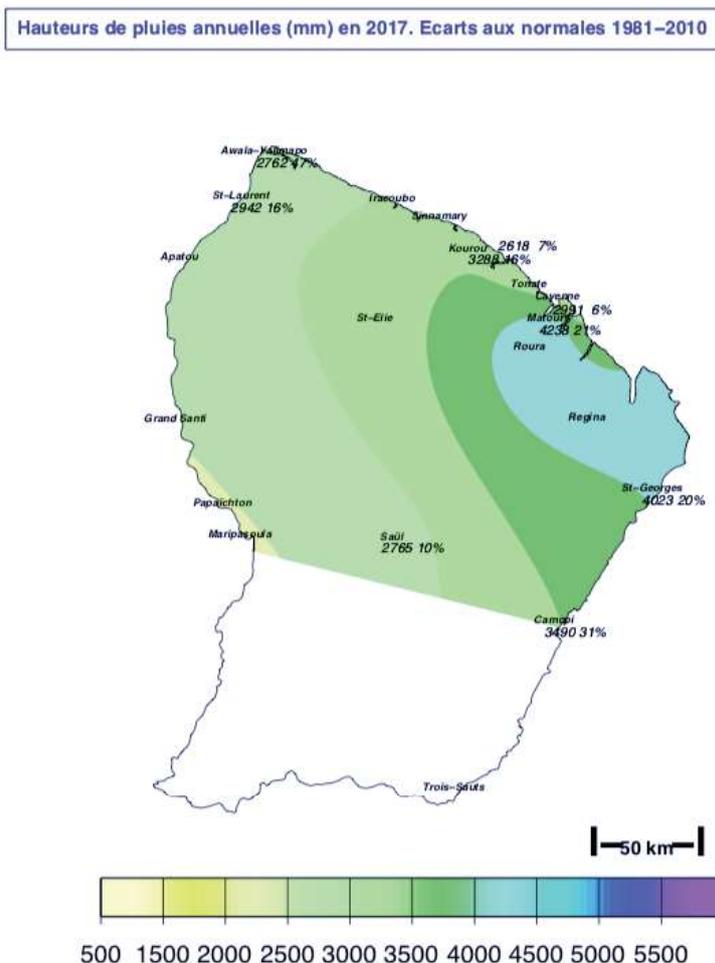


Figure 20 : Carte de la pluviométrie sur le territoire de Guyane Française en 2017 (Météo France, 2019)

La température moyenne en Guyane se situe autour de 27 ° C. Elle descend néanmoins de 8,5°C entre les heures chaudes et l'aurore, voire de 17 ° C en saison sèche dans l'intérieur du territoire. Il fait jour d'environ 6h15 à 18h30. Le climat en Guyane est marqué par les pluies. Pendant les jours des mois de janvier et février s'alternent un temps ensoleillé et les averses tropicales diffuses, c'est la petite saison des pluies. Pendant le mois de mars le temps est ensoleillé on peut parler de « l'été de mars ». La grande saison des pluies a lieu de mi-avril à fin juin, c'est aussi à ce moment que qu'il y a la ponte des tortues. La saison sèche va du mois de juillet au mois de novembre. Les nuits sont très humides, sur le littoral guyanais, la chaleur est différente et moins importante qu'en forêt.

La Guyane voit ses milieux naturels soumis à l'influence de l'océan qui module le climat équatorial et régit le rythme des saisons (Le climat guyanais, 2019).

2.1.4 Milieux naturels

À quelques 7000 kilomètres de la métropole, la Guyane est l'un des plus vastes départements français d'outre-mer. C'est un territoire presque entièrement recouvert par la forêt amazonienne, à la faune ultra abondante, à la flore luxuriante. Une diversité de milieux est observable en Guyane comme :

- les côtes rocheuses, et forêts de bords de mer (Figure 21) : elles peuvent regrouper des collines, falaises maritimes, des escarpements, des versants pentus, des lacs ainsi que des plateaux.



Figure 21 : Les côtes rocheuses et forêts de bords de mer (© Julien Bonnaud)

- la **mangrove** et forêts marécageuses de la plaine côtière (Figure 22) : elles sont caractérisées par la présence d'une vase, milieu inondé à chaque marée haute et colonisé par les palétuviers blancs (*Avicennia germinans*) et les palétuviers rouges (*Rhizophora racemosa*).



Figure 22 : La mangrove et la forêt marécageuse de la plaine côtière (© Julien Bonnaud)

- les marais et savanes inondables dites « savanes tremblantes » (Figure 23) : proches de la **mangrove** et des forêts marécageuses, l'eau y est limpide et sombre, recouverte en partie d'herbes et de nénuphars. On retrouve dans ce milieu naturel des palmiers bâches (*Mauritia flexuosa*).



Figure 23 : Le marais des salines (© Julien Bonnaud)

- les savanes et forêts sèches (Figure 24) : saisonnièrement grillées par le soleil, les savanes sèches sont un tapis clairsemé de touffes d'herbes basses et coupantes entre lesquelles apparaît la terre nue. On parle alors de « Matitis ». Ce milieu naturel est

marqué par la présence d'arbrisseaux nains et des palmiers awara (*Astrocaryum vulgare*).



Figure 24 : La savane et forêt sèche de matiti (© Julien Bonnaud)

- la forêt de bord de fleuve (Figure 25) : c'est une forêt hygrophile, tropicale. Elle supporte des sols très limoneux en profondeur à tendance **hydromorphe** ou à drainage latéral superficiel. Cette forêt compte environ 200 pieds de palmiers par hectare.



Figure 25 : La forêt de bord de fleuve (© Julien Bonnaud)

- les forêts sur sol **hydromorphe (Figure 26)** : forêts marécageuses, elles se rencontrent sur l'ensemble de la Guyane et se développent en présence de nappes d'eau présentes à moins d'un mètre de profondeur dans le sol, y compris en saison sèche.



Figure 26 : La forêt marécageuse (© Julien Bonnaud)

- les forêts sur sol bien drainé, forêts de pentes (Figure 27): elles ont un sol constitué essentiellement de sable et d'argile.



Figure 27 : Forêt de sol bien drainé (© Torvic Naëll)

- les forêts de moyenne altitude, forêts nuages (Figure 28) : situées à moins de 850 m d'altitude, elles ont un sol riche en argile. Qualifiées localement de « montagnes », elles correspondent au milieu où la température est la plus tempérée.



Figure 28 : La forêt de moyenne altitude (© Julien Bonnaud)

- et les forêts sommitales d'inselbergs, dites savanes-roche (Figure 29): elles sont marquées par la présence de granite et une densité de forêt faible laissant apparaître les roches de granites (DEAL GUYANE 2017, 2019) (Horizon, 2019) (Le Centre Spatial Guyanais - CNES, 2019).



Figure 29 : La forêt sommitale d'inselbergs, dites savanes-roche (© Julien Bonnaud)

Les arbres les plus communs de ces milieux sont les palmiers, plantes appartenant à la famille des Arécacées, apparues il y a 120 millions d'années.

2.2 Les palmiers

2.2.1 Classification botanique

Selon la classification APG IV, les palmiers appartiennent au **clade** (groupe d'êtres vivants descendants d'ancêtres communs) des angiospermes ou plantes à ovaires. Ces palmiers sont des monocotylédones (embryon à un seul cotylédon) de l'ordre des Arécales et de la famille des Arécacées (Tropicos, 2019)

2.2.2 Développement et morphologie

Un palmier lors de sa croissance traverse plusieurs phases :

- une phase embryonnaire ou stade graine
- une phase d'installation de la plantule
- une phase juvénile avec croissance en largeur par augmentation du diamètre des entre-nœuds successifs
- une phase végétative, marquant le début de la croissance en hauteur une fois le diamètre final atteint.
- une phase adulte, reproductive ou phase de fructification (Tomlinson, 1990).

Le palmier ayant atteint la phase adulte se compose de plusieurs parties (Figure 33) :

- Un **stipe (Figure 30)**. Il forme un tube non ramifié (les palmiers sont pour la plupart monocaules) aux parois inertes et épaisses dans lequel passe des faisceaux de vaisseaux conducteurs de sève. Ces parois sont formées de fibres mortes et durcies, sclérifiées et lignifiées rendant le stipe rigide.

Les palmiers ne produisent pas de bois ni d'écorces. Un bourgeon apical est présent à l'extrémité du stipe.

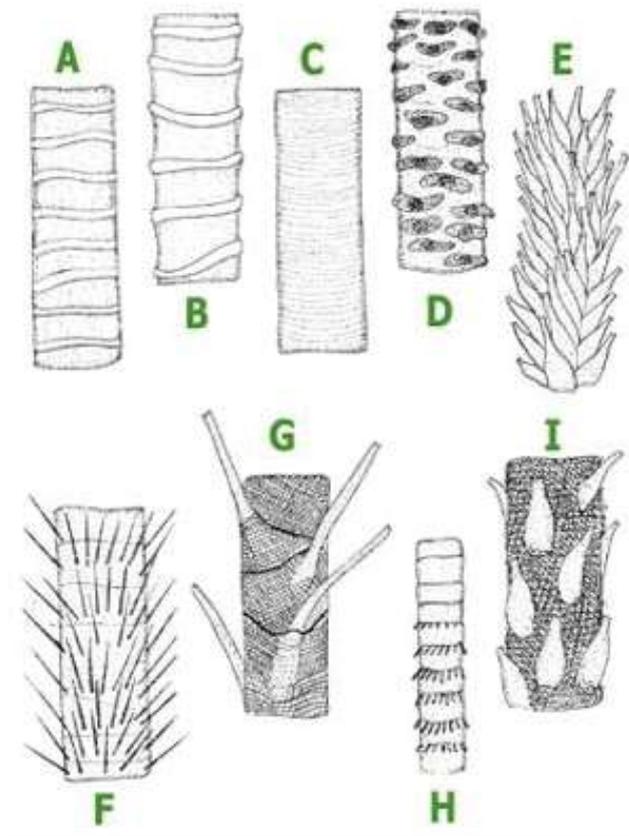


Figure 30 : Exemples morphologiques de stipes de palmiers. A : stipe lisse avec anneaux de croissance distincts - B : anneaux de croissance proéminents - C : stipe lisse - D : bases foliaires rugueuses et persistantes - E : bases foliaires persistantes - F : stipe épineux - G : bases foliaires persistantes à gaines fibreuses chevauchantes - H : stipe bambusifforme avec des racines aériennes - I : bases foliaires persistantes à gaines fibreuses entières (Plantes et botanique, 2019)

- Des **racines**. Celles-ci peuvent atteindre 40 mètres de longueur chez le palmier Açaï ou le palmier-bâche. Certaines espèces de palmiers produisent des racines aériennes dites racines-échasses comme le palmier « awara mon-père », *Socratea exorrhiza*.
- Des **feuilles (Figure 31)** Trois types de nervation peuvent être rencontrés chez les palmiers : penné, palmé ou flabellé, bipenné. Ces feuilles sont disposées en couronne au pôle apical du stipe et présentent le plus souvent une gaine à la base.

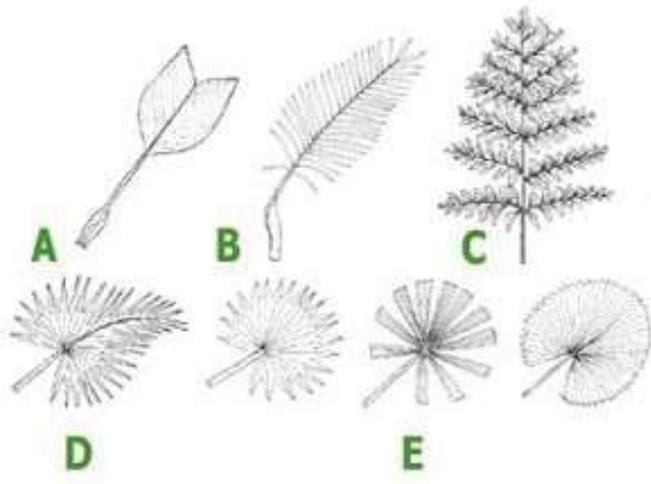


Figure 31 : Types de feuilles de palmiers. A : feuille entière - B : feuille pennée - C : feuille bipennée - D: feuille costapalmée - E: feuilles palmées, plus ou moins découpées (Plantes et botanique, 2019)

- Des **épines**. Beaucoup de palmiers sont armés d'épines. Ce sont des armes dissuasives pour les espèces animales herbivores ou frugivores.
- Des **inflorescences**, pouvant être interfoliaires lorsqu'elles naissent entre les feuilles ou infrafoliaires lorsqu'elles sont situées en-dessous de la couronne de feuilles. Les fleurs formant ces inflorescences peuvent être des deux sexes, mâle et femelle. Les fleurs femelles ont trois **sépales** libres, trois **pétales** libres, trois **carpelles** unies tandis que les fleurs mâles ont trois **sépales** libres, trois **pétales** libres et trois **étamines**.
- Des **fruits**. Leur forme, couleur et consistance sont variables. Ils peuvent être ellipsoïdes, sphériques, ovoïdes, réniformes, petits voir très gros (mesurant de moins de 1 centimètre à 10 centimètres). Les fruits se composent de l'extérieur vers l'intérieur des éléments suivants : l'épicarpe (peau), du mésocarpe (chaire), de l'endocarpe, de l'embryon, de l'albumen solide et l'albumen liquide (Dupont, 2012) (Tomlinson, 2006) (De Granville, 1991).

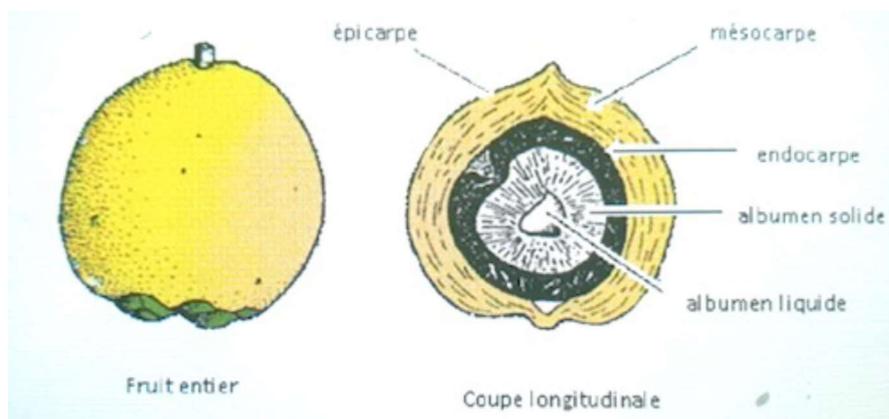


Figure 32 : Fruit entier de palmier et sa coupe longitudinale (De Granville et Gayot, 2014)

Selon le groupe taxonomique, les palmiers peuvent être monoïques c'est-à-dire portant sur un même pied les deux sexes ou dioïques lorsque les sexes sont portés par des pieds différents.

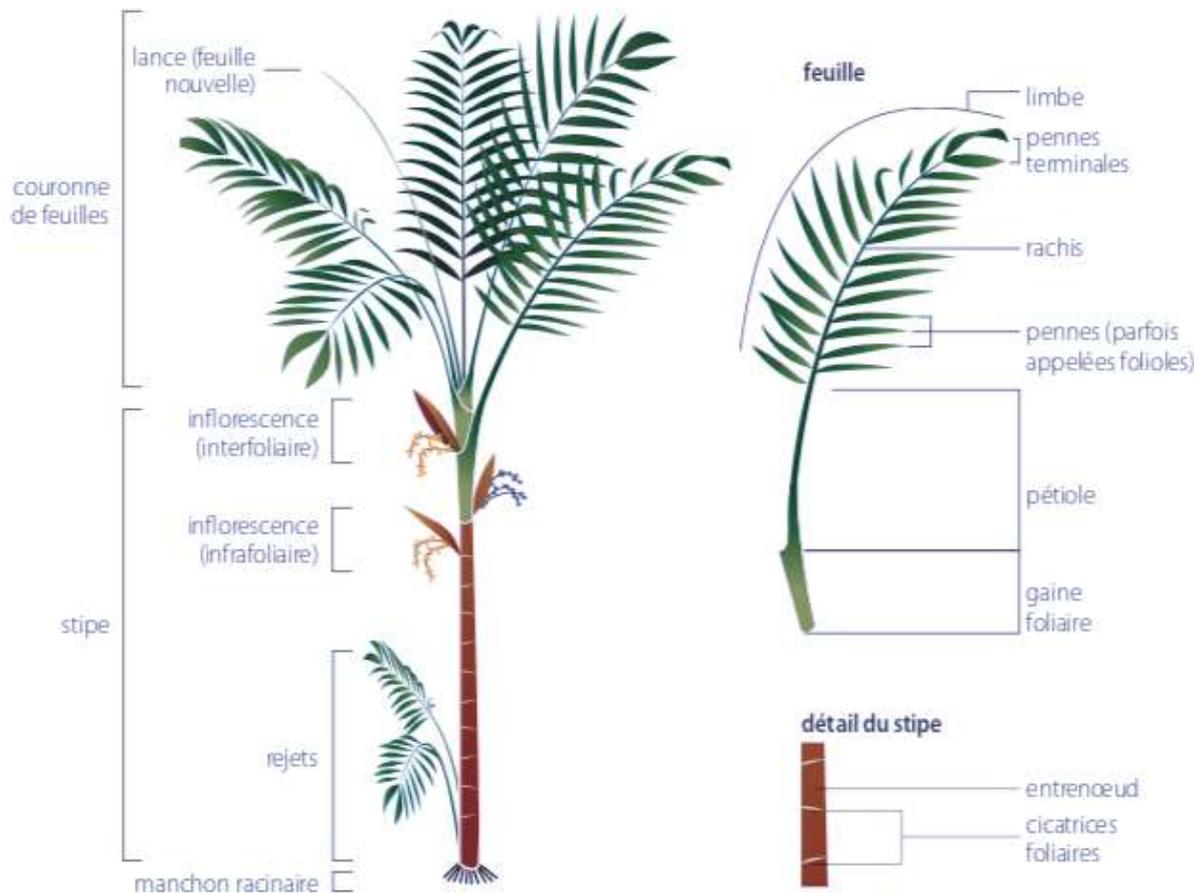


Figure 33 : Morphologie d'un palmier : érigé, à feuilles pennées (De Granville et Gayot 2014).

2.2.3 L'habitat

Les palmiers sont principalement **pantropicaux** (se dit des plantes qui se localisent dans toute la zone tropicale). Ils occupent des habitats tels que les forêts humides de basse altitude, les déserts, les **mangroves**, ou les forêts de haute montagne. Ils sont grégaires ou solitaires.

2.2.4 Intérêts des palmiers pour l'homme

Tous les palmiers n'ont pas la même importance pour l'Homme. Plusieurs espèces ont un potentiel économique et jouent un rôle décisif dans la mise en valeur des forêts. D'autres sont d'utilité mineure.

Les représentants les plus importants de cette famille sur le plan économique sont les suivants :

- le cocotier, genre *Cocos*
- les palmiers à huile, genres *Elaeis* et *Orbignya*
- le palmier-dattier, genre *Phoenix*
- le palmier à raphia, genre *Raphia*
- le palmier à bétel, genre *Areca*
- le palmier à cire, genre *Copernicia*
- le palmier à ivoire, genre *Phytelephas*
- le palmier à rotin, genre *Calamus*
- les palmiers à sucres, genres *Borassus*, *Caryota* et *Arenga*

Différentes parties des palmiers peuvent présenter un intérêt économique : les fruits, noix de coco ou dattes, qui font partie depuis des millénaires des aliments de base de populations vivant sous les tropiques, le « bois » des stipes, qui sert à fabriquer planchers et murs ou les feuilles employées pour réaliser les couvertures des maisons (Palmacées, 2019).

2.2.5 Les palmiers de Guyane

La Guyane compte 69 espèces et 64 taxons de palmiers répartis en 16 genres (Figure 34).

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| • <i>Acrocomia aculeata</i> | • <i>Desmoncus horridus</i> |
| | <i>parvulus</i> |
| • <i>Asterogyne guianensis</i> | |
| | <i>polyacanthos</i> |
| • <i>Astrocaryum gynacanthum</i> | • <i>Elaeis oleifera</i> |
| <i>jauari</i> | |
| <i>minus</i> | • <i>Euterpe oleracea</i> |
| <i>murumuru</i> | <i>precatorea</i> |
| <i>paramaca</i> | |

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>rodriguesii</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>sciophilum</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Attalea huebneri</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>degranvillei</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>guianensis</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>maripa</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>polysticha</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>sagotii</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Bactris acanthocarpa</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>acanthocarpoides</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>aubletiana</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>brongniartii</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>campestris</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>constanciae</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>cuspidata</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>elegans</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>gastoniana</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>hirta</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>major</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>maraja</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>nancibaensis</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>oligocarpa</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>pliniana</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>rhapidacantha</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>simplicifrons</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>tometensa</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Chamaedorea pauciflora</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Geonoma baculifera</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>deversa</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>euspatha</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>leptospadix</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>maxima</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>oldemanii</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>poiteauana</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>stricta</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>umbraculiformis</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>undata</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Hyospathe elegans</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Manicaria saccifera</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Mauritia flexuosa</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Oneocarpus bacaba</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>bataua</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Socratea exorrhiza</i> <li style="margin-bottom: 10px;">• <i>Syagrus inajai</i> <li style="margin-bottom: 10px;"><i>stratincola</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figure 34 : Liste des palmiers indigènes de Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014)

Les palmiers les plus courants sur le littoral sont les palmiers :

- Awara (*Astrocaryum vulgare*), dont la baie sert à fabriquer le bouillon d'awara pour la fête de Pâques.
- Pinot (ou açai) (*Euterpe oleracea*) dont la baie est utilisée pour la fabrication de sorbet, ou pour l'obtention d'un jus couramment utilisé par les guyanais.
- Bâche (*Mauritia flexuosa*) dont le fruit est comestible et riche en vitamine A.
- Maripa (*Attalea maripa*) dont le fruit est consommé frais.
- Comou (*Oenocarpus bacaba*)
- Patawa (*Oenocarpus bataua*)

Ces palmiers constituent une richesse importante du patrimoine guyanais. Parmi ces palmiers, deux sont particulièrement consommés par la population guyanaise et pourraient avoir un intérêt face au stress oxydant dû à leur richesse en polyphénols : il s'agit du comou et du patawa qui vont être développés dans les paragraphes suivants.

2.3 Oenocarpus bacaba

Oenocarpus bacaba est un palmier de la forêt amazonienne produisant des fruits comestibles et pouvant être de grande taille. Ses dénominations sont différentes en fonction des pays.

2.3.1 Dénominations

Il est appelé *Bacaba açu*, *Bacaba-de-leque* et *Bacaba verdadeira* au Brésil, *Ungurauy* au Pérou et *Manoco* ou *Punáma* en Colombie. Les termes portugais « *Bacaba* » et espagnols « *Milpesos* » (ou « *palma milpesos* ») décrivent souvent cette espèce, mais se réfèrent aussi à tous les palmiers du genre *Oenocarpus*. Il est appelé *comou* par la population créole de Guyane, *kumu* ou *kumin* par les amérindiens Kali'na et Wayana, *woki* par les amérindiens Palikur, *wila'a* ou *pindo'u* par les amérindiens Teko, *pino* par les amérindiens Wayâpi ou *Komu* par les Noirs-marrons Aluku (De Granville, 2014).

2.3.2 Répartition géographique

Il est commun partout en Guyane, abondant dans toutes les forêts de terre ferme, des pentes et crêtes de basses altitudes. Cette espèce forestière a une prédilection pour les sols sableux ou bien drainés de terre ferme.

Oenocarpus bacaba est également présent en Colombie, au Venezuela, au Guyana, au Surinam et au nord du bassin amazonien (Figure 35) (De Granville et Gayot, 2014).



Figure 35 : Carte montrant la distribution d'*Oenocarpus bacaba* en Amérique du sud ainsi qu'en Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014).

2.3.3 Description botanique

Ce grand palmier monoïque peut atteindre 25 mètres de haut et 15 à 25 cm de diamètre avec à sa base des racines apparentes et rougeâtres.

Sa couronne de feuilles est composée de 7 à 17 feuilles, dressées au centre et étalées à la périphérie. Chaque feuille mesure entre 4 à 8 mètres de long avec un pétiole mesurant 0,5 à 1,6 mètres et un limbe penné (Figure 38).

Le sommet du stipe est enveloppé par les gaines foliaires tubulaires, appliquées, vert-olive, formant un cylindre de 0,5 à 1 mètre de long.

Les inflorescences infrafoliaires sont en forme de queue de cheval et à pédoncules obliques (Figure 36). Ces pédoncules mesurent entre 50 et 80 centimètres et portent plus de 200 fleurs pendantes de 1 à 1,5 mètres, de couleur crème.

Chaque inflorescence est entourée d'une grande **bractée** (organe ressemblant à une feuille) lisse nommée **spathe** et mesurant 1 à 2 mètres.

Les fruits sont des **drupes** sphériques (fruits charnus à noyau), noir-violacé, mesurant 12 à 20 millimètres de diamètre. Ils sont présents du mois de janvier au mois de juin. Chaque drupe possède une cupule d'environ 8 mm de haut et une pulpe très mince, sub-sèche, fibreuse, violacée. Le noyau est fibreux (Figures 37 et 38) (De Granville et Gayot, 2014).



Figure 36 : Feuille de *Oenocarpus bacaba* (De Granville et Gaoyt, 2014)



Figure 37 : A gauche : photographie de l'inflorescence et des fruits d'*Oenocarpus bacaba*, A droite : focus sur les inflorescences d'*Oenocarpus bacaba* (©Torvic Naëll)



Figure 38 : Fruits d'*Oenocarpus bacaba* (De Granville et Gaoyt, 2014).

2.3.4 Usages traditionnels du COMOU

2.3.4.1 Usages alimentaires

Le comou est l'un des palmiers dont le fruit est le plus consommé sur le plateau des Guyanes avec la maripa (*Attalea maripa*), l'awara (*Astrocaryum vulgare*), ou encore l'açai (*Euterpe oleracea*). Moins connus que l'açai, de nombreux guyanais le préfèrent cependant car il est plus laiteux et une fois sucré, il se rapproche du goût du chocolat.

Pour la cueillette de ces fruits sauvages, les hommes organisent des sorties en forêts et les rapportent au village où les femmes en tirent une boisson très appréciée.

Les fruits du comou sont préparés sous forme de nectar. D'ailleurs le nom de genre *Oenocarpus* vient du grec « oinos » qui signifie « vin » et « karpos » qui signifie « fruit » en référence à l'usage de la pulpe des fruits dont on extrait le jus. Ainsi la pulpe est récupérée après avoir échaudé les fruits. Elle est pilée et tamisée puis mélangée à de l'eau pour en obtenir une bouillie. Cette bouillie constitue un élément important pour les populations qui la consomment en quantité lors de la saison des pluies accompagnée de semoule de manioc. On en fait également des sorbets.

2.3.4.2 Usages artisanaux

Les feuilles du comou sont utilisées pour réaliser les toitures de carbets (abris) traditionnels Aluku ou pour la confection de vanneries (paniers pour le transport du manioc, récipients pour les galettes de manioc après cuisson) pour de nombreux groupes amérindiens.

Les massifs de **drupes** du palmier comou sont également utilisés comme balais domestiques pour nettoyer le pourtour des carbets traditionnels Aluku et Amérindiens. Le stipe, quant à lui, permet la fabrication d'arcs et de flèches (Grenand, 2004).

2.3.4.3 Emplois médicaux

Les bourgeons terminaux d'*Oenocarpus bacaba* sont utilisés par les créoles comme cicatrisant en cas de coupures. Pour cela, les bourgeons sont séchés, carbonisés puis réduits en poudre puis en pâte mélangée à de l'eau. Cette pâte est appliquée sur la coupure en emplâtre. Le jus du cœur de palmier est également utilisé directement sur la coupure fraîche. Les racines de cette même plante sont utilisées en décoction en cas d'utérus douloureux. Mais

selon les principes de la médecine créole, la consommation de la boisson obtenue à partir de la pulpe du fruit est contre-indiquée en cas d'hypertension, en raison de sa consistance et de sa couleur chocolat, car elle donnerait « trop de sang ». Hors Guyane, on peut noter que les indiens Bora péruviens utilisent la graine de ce palmier en phase de germination pour la fabrication d'une boisson utilisée en cas de morsure de serpent (Heckel, 1897).

2.3.5 Activités pharmacologiques

2.3.5.1 Effets des extraits

Des données de la littérature scientifique démontrent que les extraits acetone/eau (70:30 v/v) des feuilles et dans une moindre mesure des racines d'*Oenocarpus bacaba* présentent une forte activité antioxydante. En effet ces extraits sont capables de piéger les radicaux libres et de réduire le fer (Fe^{2+}) *in vitro*. Des polyphénols ont été identifiés dans ces extraits de feuilles tels que des acides caféoylquiniques, dont l'acide 5-caféoylquinique (acide chlorogénique), des flavones C-glycosylées comme la 6,8-di-C-hexosyl apigénine, 6,8-di-C-hexosyle sulfate de l'apigénine, l'orientine et l'iso-orientine mais aussi l'isomère de 6-C-hexosyle-8-C-pentosyle de l'apigénine et l'isomère 6-C-pentosyle-8-C-hexosyle de l'apigénine. L'extrait de racine contient les acides 3-caféoylquinique, 4-caféylquinique et 5-caféoylquinique, les acides 4-cafféoylshikimique et 5-cafféoylshikimique (Leba, 2016). Les extraits organiques-aqueux des fruits d'*Oenocarpus bacaba* ont également une activité antioxydante importante démontrée *in vitro* à l'aide des tests DPPH et ORAC (EC_{50} : $47\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ et $195\ \mu\text{M Trolox}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivement). Concernant les composés potentiellement responsables de cette activité, l'étude rapporte que pour 100g de poids frais, le fruit contient 30 mg de vitamine C, 81 mg d'anthocyanes, 36 mg de flavonoïdes ainsi que 0,7 mg de caroténoïdes (Dos Santos, 2015). Une autre étude rapporte une teneur totale en composés phénoliques élevée : 1,7g d'Équivalent en Acide Gallique (GAE) / 100 g de fruits. Une caractérisation des composés phénoliques de cet extrait effectuée par HPLC-DAD-ESI/MSⁿ a mis en évidence la présence potentielle de 2-vicenine, d'orientine (ou isoorientine), de vitexine, de dihexoside de rhamnetine (ou dihexoside d'isorhamnetine), de quercetine-3-O-hexoside, de rutoside et d'isorhamnetine acetylhexoside (Abadio Finco, 2012). Des phytostérols (β -sitostérol, stigmastérol et campesterol), des acides gras, des triglycérides ainsi que de l' α -tocophérol sont également décrits (Santos, 2013). Les indices d'athérogénicité et de thrombogénicité, ainsi que le rapport hypocholestérolémiant/hypercholestérolémiques suggèrent une action cardioprotectrice (Pinto, 2018).

2.3.5.2 Effets de quelques composés identifiés dans ces extraits

Les études précédemment citées évoquent la présence dans les extraits de Comou d'un certain nombre de composés. Voyons succinctement les activités pharmacologiques déjà démontrées par quelques composés identifiés dans les fruits du Comou, pouvant éventuellement expliquer les activités antioxydantes observées avec les extraits.

2.3.5.2.1 Orientine

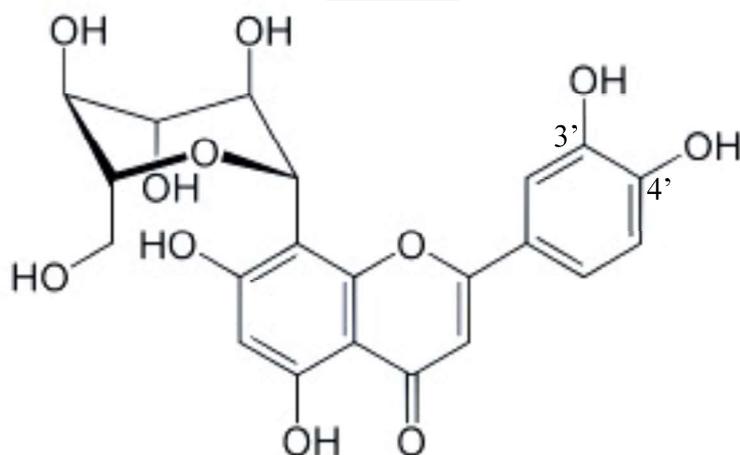


Figure 39 : Structure moléculaire de l'orientine (C₂₁H₂₀O₁₁)

L'orientine est une flavone C-glycosylée. Des études de relations structure activité ont permis de démontrer l'intérêt de la présence des deux hydroxyles en position 3' et 4' dans l'action antioxydante de cette molécule (Figure 39). La présence d'une liaison hydrogène intramoléculaire entre ces deux groupements permet à l'orientine de donner des électrons et de piéger ainsi les radicaux libres (Praveena, 2014).

Cette molécule a aussi précédemment démontré des propriétés protectrices vasculaires, anti-inflammatoire, antiagrégant plaquettaire et anti-thrombotique (Lee, 2014).

2.3.5.2.2 Quercétine

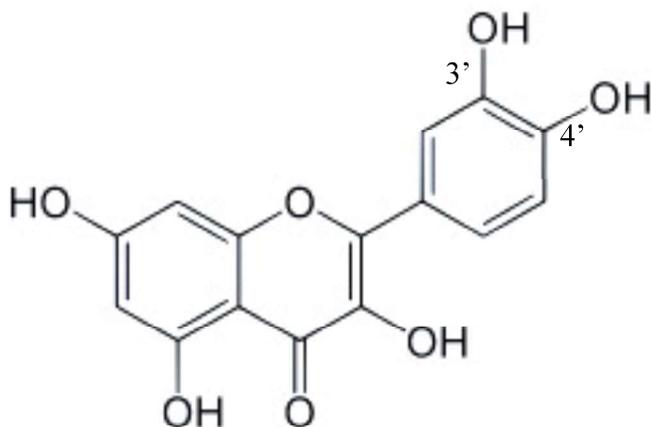


Figure 40 : Structure moléculaire de la quercétine (C₁₅H₁₀O₇)

La quercétine, trouvée sous forme hétérosidique dans le fruit du comou (Quercétine-3-hexoside) est un flavonoïde de type flavonol (figure 40). Cette molécule a déjà démontré des activités antioxydantes notamment en situation d'anoxie. Elle est capable de piéger l'anion radical superoxyde (O₂⁻). Par son motif diphenol, elle peut aussi chélater le Fer (Fe²⁺) empêchant ainsi la réaction de Fenton mais aussi en post réaction de Fenton en cédant un hydrogène au radical hydroxyle amenant à la production de molécule d'eau (Bruneton, 2016). Son potentiel antioxydant est proportionnel au nombre de groupements hydroxyles libres (Lesjak, 2018). On retrouve d'ailleurs la présence des deux hydroxyles en 3' et 4'. Inhibitrice de la xanthine oxydase, enzyme permettant la production d'acide urique et d'anion superoxyde, la quercétine confirme son effet antioxydant et pourrait présenter un intérêt en cas de crise de goutte (Zhang, 2018).

Cette molécule semble également démontrer une activité cardiovasculaire en inhibant l'oxydation des LDL par l'oxyde nitrique (Patel, 2018). Elle inhibe l'histidine-décarboxylase essentielle à la transformation de la L-histidine en dioxyde de carbone et histamine donc présente une action antihistaminique (Bruneton, 2016). Un effet antinéoplasique *in vitro* est également décrit dans la littérature (Wu, 2018).

2.3.5.2.3 Rutoside

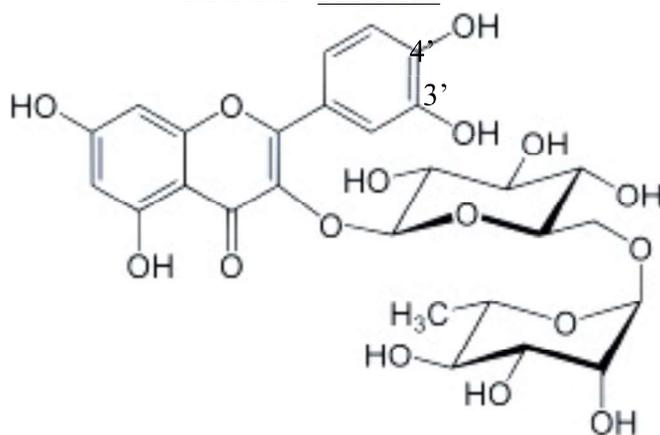


Figure 41 : Structure moléculaire du rutoside ($C_{27}H_{30}O_{16}$)

Le rutoside est un flavonoïde dérivé O-glycosylé de la quercétine (Figure 41). Il est connu pour avoir des activités biologiques et est notamment utilisé actuellement en thérapeutique dans des spécialités indiquées en cas de symptômes en rapport avec l'insuffisance veinolympatique (jambes lourdes, douleurs, impatiences du primo-décubitus) et dans le traitement des signes fonctionnels liés à la crise hémorroïdaire (Esberiven fort® ; Veliten ®) (Bruneton, 2016). Cette molécule est connue également pour ses effets antioxydants démontrés *in vitro* et *in vivo*. Elle piège les radicaux libres (hydroxyles en 3' et 4'), augmentent l'expression de nombreuses enzymes antioxydantes et inhibe la xanthine oxydase qui est impliquée dans la génération d'ERO (Enogieru, 2018). Cette molécule a aussi précédemment démontré des propriétés anti-inflammatoires, antiallergiques et anti-cancérigènes (Kim, 2005).

2.3.5.2.4 Isorhamnetine

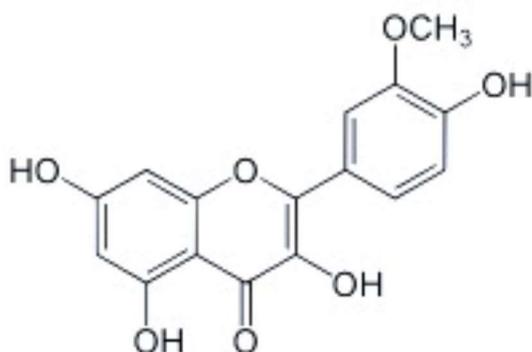


Figure 42 : Structure moléculaire de l'isorhamnetine ($C_{16}H_{12}O_7$)

L'isorhamnetine, trouvée sous forme d'hétéroside (dihexoside d'isorhamnetine) dans le comou, est une monométhoxyflavone (Figure 42). Elle dérive de la quercétine et a également déjà démontré des effets antioxydants dans la littérature scientifique. Ces effets associés à son

pouvoir inhibiteur de la voie de signalisation cellulaire pourraient lutter contre les lésions des cellules de l'endothélium vasculaires dues aux LDL oxydés (Bao, 2006).

Cette molécule a aussi précédemment démontrée des propriétés antiprolifératives et pro-apoptotiques *in vitro* (Ma, 2007).

2.3.5.2.5 Vitexine

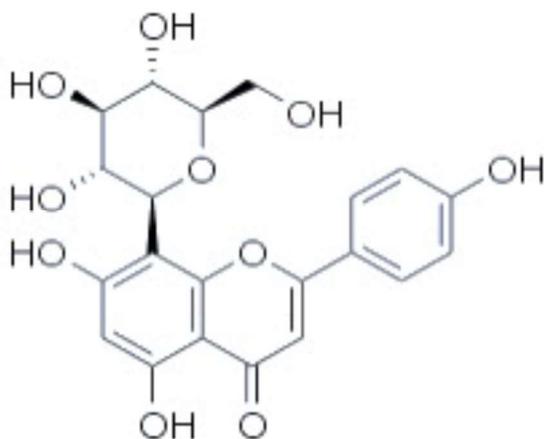


Figure 37 : Structure moléculaire de la vitexine (C₂₁H₂₀O₁₀)

La vitexine est une flavone C-glycosylée comme l'orientine (Figure 43). La littérature scientifique rapporte en effet des activités antioxydantes pour cette molécule. Capable de piéger les radicaux libres au niveau de la peau, elle pourrait être efficacement utilisée pour prévenir les réactions cutanées indésirables induites par les UV. Cette molécule protège également les érythrocytes contre les dommages du stress oxydatif induit par le peroxyde d'hydrogène en protégeant l'activité enzymatique antioxydante dans ces cellules. La vitexine favoriserait l'action de la superoxyde dismutase (He, 2016). Elle est également anti-inflammatoire et antinéoplasique par son action sur l'**apoptose** (He, 2016). Elle a un effet antibactérien notamment contre *Helicobacter pylori* et est capable d'inhiber certaines enzymes telles que la thyroperoxydase ainsi que l' α -glucosidase (He, 2016).

2.3.5.2.6 2-Vicénine

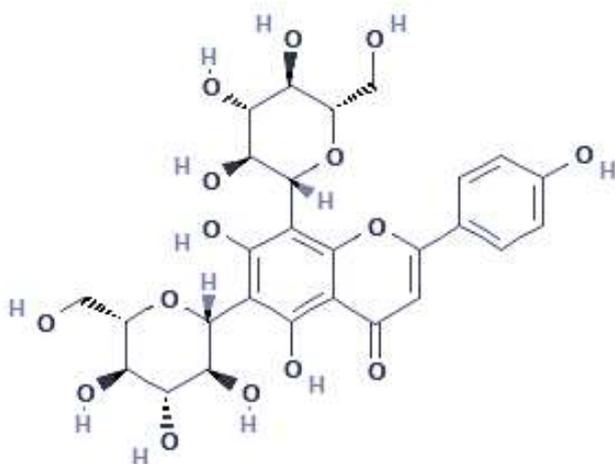


Figure 44 : Structure moléculaire de la 2-vicénine (C₂₇H₃₀O₁₅)

La 2-vicénine est une flavone C-glycosylée doublement (Figure 44). Son effet antioxydant est dû à sa capacité à inhiber la formation de produits terminaux de la **glycation** avancée ayant pour conséquence une diminution du risque d'attaque oxydative (Islam, 2014). Cette molécule a aussi précédemment démontré une activité anti-inflammatoire et anti-nociceptive. En effet, elle inhibe la libération des médiateurs de l'inflammation tels que la sérotonine, l'histamine, la bradykinine et les cytokines (Tan, 2019) (Gorzalczany, 2011).

Cette molécule a également démontré des propriétés antiprolifératives, anti-angiogéniques et pro-apoptotiques *in vitro* (Nagprshanta, 2011). Enfin cette molécule est capable d'inhiber l'alpha-glucosidase (intérêt pour lutter contre l'hyperglycémie) (Islam, 2014).

2.3.5.2.7 Acide chlorogénique

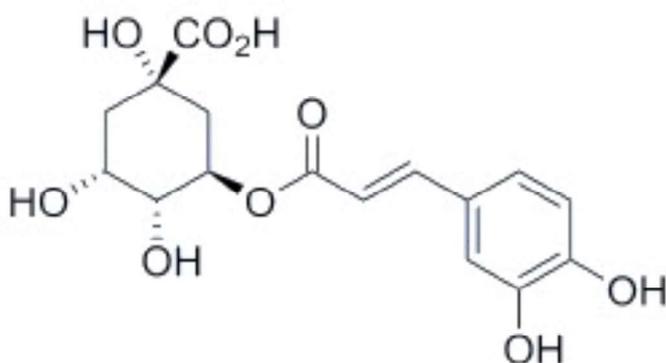


Figure 45 : Structure molécule de l'acide chlorogénique (C₁₆H₁₈O₉)

L'acide chlorogénique est un ester des acides caféique et quinique (Figure 45). Son activité antioxydante est déjà décrite dans la littérature scientifique. En effet, cette molécule empêche la formation de radicaux hydroxyles par chélation du fer, inhibant la réaction de Fenton

pouvant avoir lieu au niveau des noyaux cellulaires des cellules neuronales (Stefanello, 2019). Elle améliorerait les troubles de la mémoire et exercerait des effets anxiolytiques. Au niveau du foie, ses propriétés antioxydantes viennent de son action sur l'augmentation du NADPH ainsi que la régénération du GSH, participant au mécanisme de défense du stress oxydatif (Kim, 2018). Cette molécule est également anti-inflammatoire, anti-apoptotique et empêche la libération du cytochrome C et l'activation de la caspase-8 protégeant les organites essentiels des cellules hépatiques (Cheng, 2017). Elle inhibe *in vitro* la réaction de nitrosation et certains processus d'altérations des acides nucléiques, améliorant les symptômes des maladies liées au vieillissement (Bruneton, 2016).

Au niveau cardiovasculaire, l'acide chlorogénique a démontré un effet hypotenseur. Des tests chez le rat mettent en évidence une diminution du poids corporel et de l'accumulation de graisse viscérale, ainsi qu'une structure et une fonction améliorées du cœur (Bhandarkar, 2019).

L'acide chlorogénique améliore également l'action pharmacologique des anthocyanosides en augmentant leur stabilité aux pH inférieurs à 3,6 (Gras, 2018).

Le palmier comou de part les effets antioxydants démontrés par les extraits de ses feuilles, racines et surtout fruits ainsi que par les composés s'y trouvant semblent donc bien présenter un intérêt en tant que source de molécules antioxydantes.

Étudions maintenant le palmier *Oenocarpus bataua*.

2.4 Oenocarpus bataua

Oenocarpus bataua est un palmier natif de l'Amazonie, qui produit des fruits comestibles riches en huile de haute qualité (Darnet, 2011).

2.4.1 Dénominations

Oenocarpus bataua est appelé *Patawa* ou *Gro-comou* par la population créole de Guyane, *Tapururi*, *Sapululi* ou *Tabululi* par les amérindiens *Kali'na*, *Tavu* ou *Twa* par les amérindiens *Palikur*, *Tupululi* par les amérindiens *Teko* et *Wayâpi* ou encore *Afa Komu* par les Noirs-marrons *Aluku* (De Granville, 2014).

2.4.2 Répartition géographique

Il est commun en Guyane mais surtout présent au nord-est du territoire, partie plus pluvieuse de la Guyane. En effet, ce palmier préférant les sols **hydromorphes**, il est principalement retrouvé dans toutes les forêts sur sols inondables et forêts sur berges.

Il est également présent au Venezuela, au Guyana et au Surinam (Figure 46) (De Granville et Gayot, 2014).

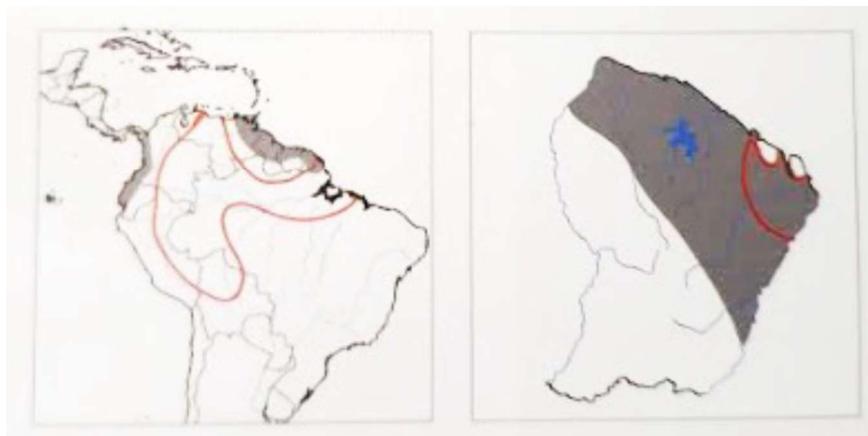


Figure 46 : Carte montrant la distribution d'*Oenocarpus bataua* en Amérique du sud ainsi qu'en Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014).

2.4.3 Description botanique

Ce grand palmier monoïque possède un stipe droit, pouvant atteindre 25 m de haut et 15 à 45 cm de diamètre (Figure 47).

La couronne de feuilles est composée de 9 à 20 feuilles mesurant chacune 4 à 10 m de long, arquées à la périphérie (Figure 51). Leur limbe est penné, blanchâtre-cireux en dessous. Les gaines foliaires sont massives et disposent de longues fibres noirâtres sur les bords.

Les inflorescences sont infrafoliaires, en forme de queue de cheval avec des pédoncules obliques. Ces pédoncules mesurent entre 15 à 50 cm, sont coniques et portent plus de 200 fleurs pendantes de 0,7 à 1,3 m, brun-jaune, donnant des fruits sur leur premier quart. Comme pour *Oenocarpus bacaba*, on note la présence de **bractées** pédonculaires (ou **spathes**) entourant les inflorescences (figure 48). Ces **spathes** lisses mesurent entre 1 à 2,2 mètres.

Les fruits sont des **drupes** ellipsoïdales avec une cupule à leur tête, noir-violacée, de 1,2 cm à 2,7 cm de diamètre et 2,5 cm à 4,5 cm de long (Figure 49 et 50).

Comme le souligne De Granville, *Oenocarpus bataua* se distingue d'*Oenocarpus bacaba* par ses feuilles régulièrement pennées sur toute leur longueur, ses folioles plus larges et blanchâtres en dessous et ses fruits beaucoup plus gros (De Granville et Gayot 2014) (Pintaud J-C, 2008) (Whitmore, 1993).

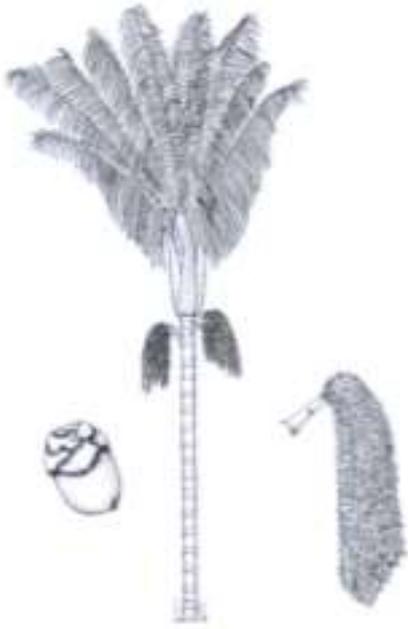


Figure 47 : Fruit, pieds et inflorescence en queue de cheval du patawa (Patricia Shanley, 2005).



Figure 48 : Feuille de *Oenocarpus bataua* (De Granville et Gayot, 2014)



Figure 49 : Photographie des feuilles et bractées pédonculaires d' *Oenocarpus bataua*. (©Torvic Naëll)



Figure 50 : Photographie des inflorescences et fruits de Patawa (De Granville et Gayot, 2014)



Figure 51 : Fruits du patawa *Oenocarpus bataua* (De Granville et Gayot, 2014)

2.4.4 Usages traditionnels du PATAWA

2.4.4.1 Usages alimentaires

Les fruits du patawa font partis des fruits de palmiers dont se nourrit les populations du plateau Guyanais en raison de leur texture laiteuse et leur goût sucré.

La pulpe de ces fruits est pilée et tamisée puis mélangée à de l'eau afin d'en obtenir une bouillie consommée accompagnée de manioc (Figure 52).



Figure 52 : Illustration d'une préparation de bouillie de patawa (De Granville et Gayot, 2014).

Le fruit du *Patawa* présente un intérêt nutritif : sa composition équivaldrait à celle du lait maternelle en ce qui concerne les lipides, les protides et les glucides. Son huile est utilisée par les Aluku à la place de l'huile d'olive (Balick, 1981). Les fruits du patawa constituent aussi la nourriture principale du toucan.

2.4.4.2 Usages artisanaux

Chez les Noirs marron, c'est à partir du stipe du *Patawa* que sont confectionnés des fourchettes, cuillères, boîtes, plats ou masques sculptés. Une fois polies, percées et colorées,

les graines de patawa sont utilisées pour la fabrication de nombreux bijoux dont des colliers et des bracelets (Grenand, 2004).

2.4.4.3 Emplois médicaux

En médecine traditionnelle, l'huile des fruits est conseillée en cas de tuberculose ou d'inflammation. Elle est également administrée en cas de toux chroniques et bronchites ou utilisée comme antirides. Ses propriétés adoucissantes sont appréciées sous forme de lotions capillaires. Ses racines, quant à elles, sont anti-diarrhéiques et agissent contre les douleurs gastriques. Elles sont également administrées en cas de céphalées (Dr Heckel, 1897) (Schultes et Raffauf, 1990).

2.4.5 Activités pharmacologiques

2.4.5.1 Effets des extraits

Comme pour le comou, les extraits acétone/eau (70/30 v/v) des feuilles et dans une moindre mesure des racines d'*Oenocarpus bataua* ont démontré une action antioxydante. Cette action s'explique par une composition chimique proche de celles des extraits de comou. En effet, l'extrait des feuilles de Patawa contient des acides caféoylquiniques dont l'acide 3-caféoylquinique, l'acide 4-caféoylquinique, l'acide 5-caféoylquinique (acide chlorogénique) mais aussi des flavones C-glycosylées telles que la 6,8-di-C-hexosyl apigénine, l'isomère 6-C-hexosyle-8-C-pentosyle de l'apigénine, l'isomère 6-C-pentosyle-8-C-hexosyle de l'apigénine, l'orientine, l'iso-orientine et l'isovitexine. L'extrait de racine présente la même composition que celle du comou avec en l'occurrence l'acide 3-caféoylquinique, l'acide 4-caféoylquinique, l'acide 5-caféoylquinique, l'acide 4-caféoylshikimique et l'acide 5-caféoylshikimique (Leba, 2016).

L'extrait acétonique/eau (70/30 v/v) des fruits du Patawa a démontré aussi une activité antioxydante importante par piégeage des ERO. Cette activité serait due à son contenu en polyphénols (Rezaire, 2014). Les fruits du Patawa contiendraient des tanins, des stilbènes (hydroxy-resvératrol, hydroxy-resvératrol dihexoside, méthoxy-resvératrol dihexoside, resvératrol dihexoside), des acides phénoliques (acide-3-O-caféoylquinique, acide-4-O-caféoylquinique, acide-5-O-caféoylquinique, acide syringique hexoside) et des anthocyanes (cyanidine-3-O-rutinoside) (Rezaire, 2014). L'huile provenant de la pulpe de Patawa est riche

en acides gras, majoritairement de l'acide oléique mais aussi de l'acide palmitique, de l'acide stéarique, de l'acide linoléique, de l'acide palmitoléique, de l'acide arachidonique ainsi que de l'acide pentadécanoïque et en vitamine E sous 3 formes α , β , δ . Le tocophérol et les acides gras sont connus pour leurs effets antioxydants (Darnet, 2011).

2.4.5.2 Effets de quelques molécules identifiées dans ces extraits

En plus des molécules déjà décrites pour le comou, complétons les données concernant quelques molécules présentes dans les extraits des fruits du palmier Patawa.

2.4.5.2.1 Acide syringique

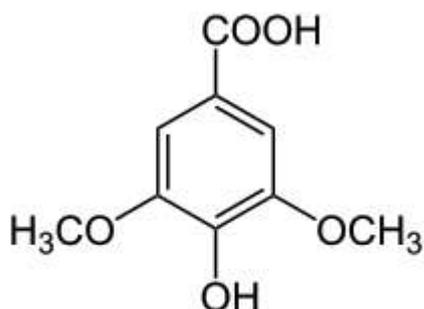


Figure 53 : Structure moléculaire de l'acide syringique (C₉H₁₀O₅)

L'acide syringique, est un acide trihydroxybenzoïque naturellement méthylé et présent sous forme d'hétéroside dans le fruit du patawa (Figure 53). Cette molécule a une forte activité antioxydante. Par inhibition de la formation de l'anion superoxyde dans les cellules de l'endothélium vasculaire, elle va inhiber l'oxydation des LDL (Belkheiri, 2010). L'acide syringique serait capable de piéger les radicaux libres et d'inhiber l'action de la myéloperoxydase, enzyme intervenant dans le mécanisme de phagocytose et catalysant la formation de l'ERO : acide hypochloreux HClO (Franck, 2013).

2.4.5.2.2 Resvératrol

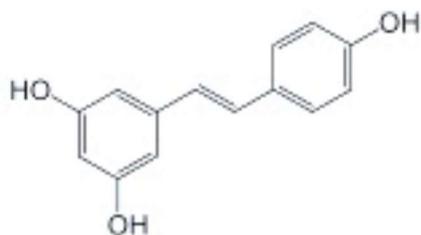


Figure 54 : Structure moléculaire du resvératrol (C₁₄H₂₁O₃)

Le resvératrol est présent dans le fruit du patawa sous forme hydroxylée, méthoxylée et/ou sous forme d'hétéroside. Le resvératrol est un composé polyphénolique appartenant à la famille des stilbénoides (Figure 54). Il existe sous deux isomères, trans- et cis-. Le trans-resvératrol est une molécule très sensible qui se transforme en cis-resvératrol par exposition à la lumière. Cependant, l'isomère trans est le plus actif biologiquement. Il a été montré que l'activité antioxydante du cis-resvératrol est sept fois inférieure à celle du trans-resvératrol. Le resvératrol empêche la formation de radicaux libres en chélatant les métaux tels que le cuivre et le fer et peut également piéger ces radicaux. Il possède des groupes hydroxyles phénoliques pouvant fournir des hydrogènes aux radicaux libres. Il empêche également la peroxydation des LDL (Bruneton, 2016). Des études rapportent un intérêt photoprotecteur de cette molécule par inhibition de l'action de la voie du **NF-κB** et réduction de la production d'ERO. Il inhibe la production de mélanine et préviendrait le développement d'érythème et l'apparition de cellules entrant en **apoptose** sous l'effet du « coup de soleil ». Des récepteurs au resvératrol ont été découverts au niveau de l'épiderme humain et leur activation réduit le nombre de cellules en **apoptose**. Ce composé aurait donc un effet anti-âge sur la peau. Pour cette propriété, le resvératrol entre dans la composition de plusieurs produits d'utilisation topique comme les produits de la gamme Caudalie® (Bruneton, 2016).

C'est un inhibiteur enzymatique (inhibiteurs des COX, de l'ornithine-décarboxylase, de l'ADN polymérase). Il s'oppose ainsi à l'angiogenèse et à l'agrégation plaquettaire. Il protège l'endothélium vasculaire et induit une vasodilatation. Il est capable de bloquer la synthèse de thromboxane A₂ à partir de l'arachidonate et de réduire la synthèse de prostaglandines conduisant à un effet anti-inflammatoire (Bruneton, 2016).

2.4.5.2.3 Cyanidine-3-*O*-rutinoside

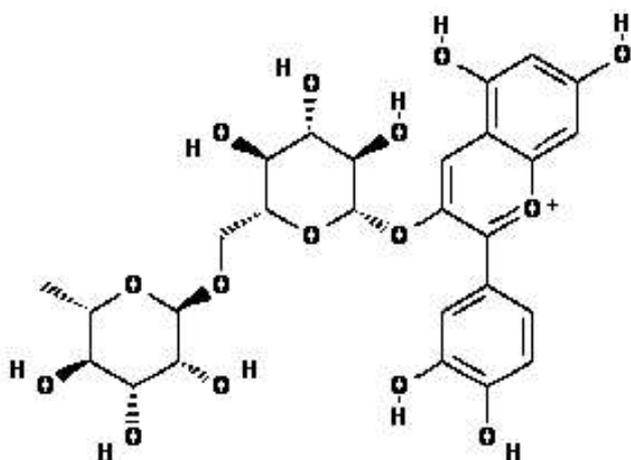


Figure 55 : Structure moléculaire de la cyanidine 3-*O*-rutinoside ($C_{27}H_{31}O_{15}^+$)

La cyanidine-3-*O*-rutinoside est un composé polyphénoliques appartenant à la catégorie des anthocyanosides (Figure 55). La littérature rapporte pour cette molécule des activités antioxydantes de part sa capacité à chélater et réduire le fer mais aussi par inhibition de la **peroxydation lipidique** (Bowen-Forbes, 2010). Cette molécule a également démontré une activité antinéoplasique notamment en cas de cancer du poumon. Elle serait capable d'inhiber l'activation du **NF- κ B** *in vitro* (Chen, 2006). Elle inhibe aussi certaines enzymes telles que l'élastase ou les COX I et II aboutissant à un effet anti-inflammatoire (Santos, 2011) (Seeram, 2001). Son activité inhibitrice de l' α -amylase (enzyme digestive entrant dans la composition du suc pancréatique permettant le catabolisme des glucides) et de la formation de produits de **glycation** avancée, suggère qu'elle pourrait être utile dans le traitement ou la prévention des complications du diabète sucré (Akkarachiyasit, 2011) (Thilavech, 2015).

Conclusion

Dans notre recherche de composés antioxydants, nous nous sommes intéressés aux deux palmiers guyanais *Oenocarpus bacaba* ou *Comou* et *Oenocarpus bataua* ou *Patawa* très utilisés en Guyane en particulier pour l'intérêt gustatif de leurs fruits. Une revue de la littérature semble confirmer le potentiel antioxydant de ces deux plantes. Des extraits de feuilles, de racines et surtout de fruits de ces deux palmiers ont déjà démontré des effets antioxydants. Les composés possiblement responsables de ces activités appartiendraient notamment aux polyphénols, catégorie chimique connue pour ce type d'activité. Les fruits d'*Oenocarpus bacaba* semblent contenir dans cette catégorie notamment de la quercétine-3-O-hexoside, isorhamnetine, vitexine, orientine, 2-vicénine et rutoside. Le patawa serait lui notamment composé d'acide chlorogénique, de l'acide syringique hexoside, de dérivés du resvératrol, ainsi que de la cyanidine-3-O-rutinoside. Et l'ensemble de ces composés a déjà précédemment démontré des effets antioxydants via plusieurs mécanismes d'action : en piégeant les radicaux libres comme l'anion superoxyde ou encore le monoxyde d'azote, en procédant à la chélation du fer, en cédant un hydrogène au radical hydroxyle formant ainsi des molécules d'eau, en inhibant l'activité d'enzymes impliquées dans les mécanismes oxydatifs comme la xanthine oxydase ou encore la myéloperoxydase mais aussi, en protégeant l'activité enzymatique antioxydante des cellules (la superoxyde dismutase) et en augmentant le NADPH et la régénération du GSH, en inhibant l'oxydation des LDL.

De plus, ils démontrent aussi, pour certains, des effets antinéoplasiques, anti-inflammatoires, antidiabétiques, ou agissent de façon positive en cas de pathologies cardiovasculaires ou neurodégénératives, pathologies pouvant être en lien avec un stress oxydant.

Ces fruits contiennent également une huile riche notamment en tocophérol et en acides gras connus pour leurs effets antioxydants.

Ainsi, cette étude démontre que les molécules présentes dans ces fruits pourraient aider l'organisme à lutter et/ou à prévenir le stress oxydatif.

Des études sont encore nécessaires pour mieux caractériser l'intérêt antioxydant de ces fruits. Mais leur consommation semble au premier abord présenter un intérêt dans un contexte de stress oxydatif. Ainsi, cette observation s'inscrit dans les recommandations d'Hippocrate : « Que l'aliment soit ton premier médicament ». Je rajouterai et préciserai « que ton aliment soit un moyen de prévention pour diminuer les causes et facteurs de risques de certaines maladies, dans le cadre d'une bonne hygiène de vie ». Une valorisation pourrait également être envisagée en complément alimentaire.

GLOSSAIRE

Ce glossaire est établi d'après les sources citées ci-contre et précisées dans la bibliographie : www.acapharm.fr; www.larousse.fr, www.universalis.fr.

Apoptose : Mort cellulaire sous le contrôle d'un programme génétique établi, en absence de réaction inflammatoire. Elle est caractérisée par une condensation de la chromatine, puis par une fragmentation du noyau et du cytoplasme à l'origine de vésicules appelées corps apoptotiques. Elle est essentielle pour le développement embryonnaire et le maintien de l'homéostasie des tissus des organismes multicellulaires, en permettant l'élimination de cellules en excès ou anormales.

Artéropathie : Toute maladie des artères, quelle que soit sa cause.

Bractée : Feuille modifiée associée à un pédoncule floral ou à une fleur ; généralement différente des autres feuilles par la taille ou par la pigmentation

Map Kinase II calcium/calmoduline dépendante : Acronyme anglais qui désigne une famille de sérine-thréonine kinases intervenant dans les phénomènes de signalisation qui régulent de nombreuses fonctions cellulaires dont la production de substances mitogènes, l'expression de gènes pro-inflammatoires, l'apoptose et la survie des cellules. Leur activation constitutive est associée à certains cancers (par exemple poumon, colon, thyroïde, pancréas, leucémies)

Carbet : Hutte, sans mur en bois, servant d'abri ou d'habitation, typique des cultures Amérindiennes.

Clade : Dans la systématique des végétaux, le terme « clade » signifie ancêtre commun et ses descendants (groupe d'êtres vivants descendants d'ancêtres communs).

Carpelle : Partie des fleurs située au sommet de l'axe de la fleur et généralement soudées aux parties homologues pour constituer le pistil, organe femelle contenant des ovules.

Craton : Terme de géologie, utilisé pour désigner d'anciennes masses continentales, vieilles de plus de 2 milliards d'années, parvenues à une rigidité telle, qu'elles ont pu, au cours de

l'histoire de la Terre, ni être fragmentées ou déformées ni, dès lors, subir de mouvement orogénique d'importance.

Dismutation : Désigne une réaction d'oxydo-réduction dans laquelle une espèce possédant un élément à un degré d'oxydation intermédiaire conduit à deux composés où le même élément se trouve respectivement à un degré d'oxydation supérieur et inférieur à l'initial.

Drupes : Fruit charnu à noyau tel que la pêche, la cerise ou la prune.

Embolie : Obstruction anormale et brusque de la circulation du fluide dans un vaisseau sanguin ou lymphatique par migration d'un fragment solide (caillot, plaque d'athérome). Le tissu affecté en aval peut être notamment, cérébral, pulmonaire ou cardiaque. Une embolie peut empêcher l'oxygénation des tissus situés en aval et provoquer leur infarctissement.

Étamine : Organe sexuel mâle contenu dans les fleurs.

Glycation : Réaction non enzymatique de condensation entre le groupement aminé libre d'une protéine et le groupe aldéhyde d'un ose. Mécanisme à l'origine de nombreux dysfonctionnements au cours de certaines maladies, dont le diabète, et constituant un des facteurs du vieillissement accéléré des tissus.

Hydromorphe : se dit d'un sol dont la caractéristique principale est son inaptitude à absorber l'eau.

Lignanes : Nom générique désignant un groupe de substances d'origine végétale résultant de la condensation d'unités phénylpropaniques (C_6-C_3) (deux le plus souvent).

Mangrove : Formation forestière littorale tropicale, à base de palétuviers, qui colonise les dépôts vaseux d'estuaires ou de lagunes. (Les sols correspondants sont des gleys sodiques, ou sols **hydromorphes**.)

Microgliale (cellule) : en physiologie, ensemble de cellules d'origine réticulo-endothéliale présentes dans le système nerveux central.

Nuclear factor-kappa B (NF-kB) : Facteur de transcription impliqué dans des processus régulateurs majeurs tels que la prolifération cellulaire, la différenciation, la réponse immunitaire.

Pantropicale, pantropicaux : se dit des plantes qui se localisent dans toute la zone tropicale.

Pétale : Désigne chacune des pièces florales, souvent grandes et colorées, dont l'ensemble constitue la corolle.

Peroxydation lipidique : Réaction chimique consistant à porter un atome ou une molécule au plus haut degré possible d'oxydation des lipides insaturés.

Phytoalexine : Substance antibiotique de défense produite par les plantes vertes lorsqu'elles sont attaquées par un champignon ou une bactérie.

Transduction : Transfert d'une information, portée par une molécule informationnelle, à travers une barrière infranchissable par la molécule par un autre mécanisme (par exemple, par une structure spécifique type récepteur ou par une réaction avec la membrane biologique).

Sépale : désigne chacun des pièces du calice d'une fleur.

Spathe : Grande bractée membraneuse ou foliacée enveloppant certaines inflorescences et notamment les spadices.

Spumeuse : Cellule dont le cytoplasme présente de petites vacuoles claires, sans préjuger de leur contenu lipidique, glucidique, mucineux.

Xénobiotique : Substance présente dans un organisme vivant, mais qui lui est étrangère.

Bibliographie

Articles.

Abadio Finco FDB, Kammerer DR, Carle R, Tseng W-H, Böser S, Graeve L. Antioxidant Activity and Characterization of Phenolic Compounds from Bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) Fruit by HPLC-DAD-MSn. *J Agric Food Chem.* 2012;60(31):7665-73.

Akkarachiyasit S, Yibchok-Anun S, Wacharasindhu S, Adisakwattana S. In vitro inhibitory effects of cyandin-3-rutinoside on pancreatic α -amylase and its combined effect with acarbose. *Mol Basel Switz.* 2011;16(3):2075-83.

Balick MJ, Gershoff SN. Nutritional evaluation of the *Jessenia bataua* palm : Source of high quality protein and oil from tropical America. *Econ Bot.* 1981;35(3):261-71.

Bao M, Lou Y. Isorhamnetin prevent endothelial cell injuries from oxidized LDL via activation of p38MAPK. *Eur J Pharmacol.* 2006;547(1-3):22-30.

Baruah TJ, Kma L. Vicenin-2 acts as a radiosensitizer of the non-small cell lung cancer by lowering Akt expression. *BioFactors Oxf Engl.* 2019;45(2):200-10.

Baynes JW. Role of oxidative stress in development of complications in diabetes. *Diabetes.* 1991;40(4):405-12.

Bhandarkar NS, Brown L, Panchal SK. Chlorogenic acid attenuates high-carbohydrate, high-fat diet-induced cardiovascular, liver, and metabolic changes in rats. *Nutr Res N Y N.* 2019;62:78-88.

Belkheiri N, Bouguerne B, Bedos-Belval F, Duran H, Bernis C, Salvayre R, et al. Synthesis and antioxidant activity evaluation of a syringic hydrazones family. *Eur J Med Chem.* 2010;45(7):3019-26.

Beyer RE. The relative essentiality of the antioxidative function of coenzyme Q--the interactive role of DT-diaphorase. *Mol Aspects Med.* 1994;15 Suppl:s117-129.

Bielski BHJ, Cabelli DE, Arudi RL, Ross AB. Reactivity of HO₂/O₂ - 2 Radicals in Aqueous Solution. *J Phys Chem Ref Data.* 1985;14:1041-100.

Bonnefont-Rousselot D, Guilloz V, Lepage S, Bizard C, Duriez P, Lesieur D, et al. Protection of endogenous β -carotene in LDL oxidized by oxygen free radicals in the presence of supraphysiological concentrations of melatonin. *Redox Rep.* 2003;8(2):95-104.

Brigelius-Flohé R, Traber MG. Vitamin E: function and metabolism. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol.* 1999;13(10):1145-55.

Bump EA, Brown JM. Role of glutathione in the radiation response of mammalian cells in vitro and in vivo. *Pharmacol Ther.* 1990;47(1):117-36.

Cao G, Russell RM, Lischner N, Prior RL. Serum Antioxidant Capacity Is Increased by Consumption of Strawberries, Spinach, Red Wine or Vitamin C in Elderly Women. *J Nutr.* 1998;128(12):2383-90.

Cheng D, Zhang X, Xu L, Li X, Hou L, Wang C. Protective and prophylactic effects of chlorogenic acid on aluminum-induced acute hepatotoxicity and hematotoxicity in mice. *Chem Biol Interact.* 2017;273:125-32.

Chen P-N, Chu S-C, Chiou H-L, Kuo W-H, Chiang C-L, Hsieh Y-S. Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line. *Cancer Lett.* 2006;235(2):248-59.

Darnet SH, Silva LHM da, Rodrigues AM da C, Lins RT. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the amazon region. *Food Sci Technol.* 2011;31(2):488-91.

Dos Santos M de FG, Mamede RVS, Rufino M do SM, de Brito ES, Alves RE. Amazonian Native Palm Fruits as Sources of Antioxidant Bioactive Compounds. *Antioxidants.* 2015;4(3):591-602.

Enogieru AB, Haylett W, Hiss DC, Bardien S, Ekpo OE. Rutin as a Potent Antioxidant: Implications for Neurodegenerative Disorders. *Oxid Med Cell Longev.* 2018;2018:6241017.

Favier A. Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann Pharm Fr.* 1 nov 2006;64(6):390-6.

Foti MC, Amorati R, Baschieri A, Rocco C. Singlet oxygen quenching- and chain-breaking antioxidant-properties of a quercetin dimer able to prevent age-related macular degeneration. *Biophys Chem.* 2018;243:17-23.

Franck T, Mouithys-Mickalad A, Robert T, Ghitti G, Deby-Dupont G, Neven P, et al. Differentiation between stoichiometric and anticatalytic antioxidant properties of benzoic acid analogues: a structure/redox potential relationship study. *Chem Biol Interact.* 2013;206(2):194-203.

Fraga, C. Galleano, M., Verstraeten, S. et Oteiza, P. (2010). Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols *Add Journal to My Library Molecular Aspects of Medecine*, 31 (6), 435-445.

Gardner R, Salvador A, Moradas-Ferreira P. Why does SOD overexpression sometimes enhance, sometimes decrease, hydrogen peroxide production? a minimalist explanation. *Free Radic Biol Med.* 32(12):1351-7.

Goetz P. Myrtille, cassis, anthocyanines et rétinopathie. *Phytothérapie.* 2008;6(2):122-4.

Gorzalczany S, Marrassini C, Miño J, Acevedo C, Ferraro G. Antinociceptive activity of ethanolic extract and isolated compounds of *Urtica circularis*. *J Ethnopharmacol.* 2011;134(3):733-8.

Grootveld M, Halliwell B. Measurement of allantoin and uric acid in human body fluids. A potential index of free-radical reactions in vivo? *Biochem J.* 1987;243(3):803-8.

Halliwell B. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence? *The Lancet.* 1994;344(8924):721-4.

- He M, Min J-W, Kong W-L, He X-H, Li J-X, Peng B-W. A review on the pharmacological effects of vitexin and isovitexin. *Fitoterapia*. 2016;115:74-85.
- Hsu J-L, Hsieh Y, Tu C, O'Connor D, Nick HS, Silverman DN. Catalytic Properties of Human Manganese Superoxide Dismutase. *J Biol Chem*. 1996;271(30):17687-91.
- Islam MN, Ishita IJ, Jung HA, Choi JS. Vicenin 2 isolated from *Artemisia capillaris* exhibited potent anti-glycation properties. *Food Chem Toxicol Int J Publ Br Ind Biol Res Assoc*. 2014;69:55-62.
- Kim H, Kong H, Choi B, Yang Y, Kim Y, Lim MJ, et al. Metabolic and pharmacological properties of rutin, a dietary quercetin glycoside, for treatment of inflammatory bowel disease. *Pharm Res*. 2005;22(9):1499-509.
- Kim H, Pan JH, Kim SH, Lee JH, Park J-W. Chlorogenic acid ameliorates alcohol-induced liver injuries through scavenging reactive oxygen species. *Biochimie*. 2018;150:131-8.
- Kissner R, Nauser T, Bugnon P, Lye PG, Koppenol WH. Formation and Properties of Peroxynitrite as Studied by Laser Flash Photolysis, High-Pressure Stopped-Flow Technique, and Pulse Radiolysis. *Chem Res Toxicol*. 1997;10(11):1285-92.
- Leba L-J, Brunschwig C, Saout M, Martial K, Bereau D, Robinson J-C. *Oenocarpus bacaba* and *Oenocarpus bataua* Leaflets and Roots: A New Source of Antioxidant Compounds. *Int J Mol Sci*. 2016;17(7):1014.
- Lee W, Ku S-K, Bae J-S. Vascular barrier protective effects of orientin and isoorientin in LPS-induced inflammation in vitro and in vivo. *Vascul Pharmacol*. 2014;62(1):3-14.
- Lesjak M. Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. *J Funct Foods*. 2018;40:68-75.
- Liochev SI, Fridovich I. Copper- and Zinc-containing Superoxide Dismutase Can Act as a Superoxide Reductase and a Superoxide Oxidase. *J Biol Chem*. 2000;275(49):38482-5.
- Ma G, Yang C, Qu Y, Wei H, Zhang T, Zhang N. The flavonoid component isorhamnetin in vitro inhibits proliferation and induces apoptosis in Eca-109 cells. *Chem Biol Interact*. 2007;167(2):153-60.
- Maines MD. Heme oxygenase: function, multiplicity, regulatory mechanisms, and clinical applications. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol*. 1988;2(10):2557-68.
- Nagaprashantha LD, Vatsyayan R, Singhal J, Fast S, Roby R, Awasthi S, et al. Anti-cancer effects of novel flavonoid vicenin-2 as a single agent and in synergistic combination with docetaxel in prostate cancer. *Biochem Pharmacol*. 2011;82(9):1100-9.
- Neuzil J, Stocker R. Bilirubin attenuates radical-mediated damage to serum albumin. *FEBS Lett*. 1993;331(3):281-4.
- Okado-Matsumoto A, Fridovich I. Subcellular Distribution of Superoxide Dismutases (SOD) in Rat Liver Cu,Zn-SOD in mitochondria. *J Biol Chem*. 2001;276(42):38388-93.
- O'Neill P. The Chemical Basis of Radiation Biology. *Int J Radiat Biol Relat Stud Phys Chem Med*. 1987;52(6):976-976.

- Patel RV, Mistry BM, Shinde SK, Syed R, Singh V, Shin H-S. Therapeutic potential of quercetin as a cardiovascular agent. *Eur J Med Chem.* 2018;155:889-904.
- Pintaud J-C, Galeano G, Balslev H, Bernal R, Borchsenius F, Ferreira E, et al. Las palmeras de America del Sur : diversidad, distribucion e historia evolutiva. *Rev Peru Biol.* 2008;15(supl. 1):5-28.
- Pinto RHH, Sena C, Santos OV, Costa WA da, Rodrigues AMC, Junior RNC. Extraction of bacaba (*Oenocarpus bacaba*) oil with supercritical CO₂: Global yield isotherms, fatty acid composition, functional quality, oxidative stability, spectroscopic profile and antioxidant activity. *Grasas Aceites.* 2018;69(2):e246.
- Praveena R, Sadasivam K, Deepha V, Sivakumar R. Antioxidant potential of orientin: A combined experimental and DFT approach. *J Mol Struct.* 2014;1061:114-23.
- Preetha Rani MR, Anupama N, Sreelekshmi M, Raghu KG. Chlorogenic acid attenuates glucotoxicity in H9c2 cells via inhibition of glycation and PKC α upregulation and safeguarding innate antioxidant status. *Biomed Pharmacother Biomedecine Pharmacother.* 2018;100:467-77.
- Rezaire A, Robinson J-C, Bereau D, Verbaere A, Sommerer N, Khan MK, et al. Amazonian palm *Oenocarpus bataua* (« patawa »): chemical and biological antioxidant activity-- phytochemical composition. *Food Chem.* 2014;149:62-70.
- Santos J, La VD, Bergeron C, Grenier D. Inhibition of host- and bacteria-derived proteinases by natural anthocyanins. *J Periodontal Res.* 2011;46(5):550-7.
- Seeram NP, Momin RA, Nair MG, Bourquin LD. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries. *Phytomedicine Int J Phytother Phytopharm.* 2001;8(5):362-9.
- Stefanello N, Spanevello RM, Passamonti S, Porciúncula L, Bonan CD, Olabiyi AA, et al. Coffee, caffeine, chlorogenic acid, and the purinergic system. *Food Chem Toxicol Int J Publ Br Ind Biol Res Assoc.* 2019;123:298-313.
- Santos MFG, Alves RE, Ruíz-Méndez MV. Minor components in oils obtained from Amazonian palm fruits. *Grasas Aceites.* 2013;64(5):531-6.
- Tan WS, Arulselvan P, Ng S-F, Mat Taib CN, Sarian MN, Fakurazi S. Improvement of diabetic wound healing by topical application of Vicenin-2 hydrocolloid film on Sprague Dawley rats. *BMC Complement Altern Med.* 2019;19(1):20.
- Thilavech T, Ngamukote S, Abeywardena M, Adisakwattana S. Protective effects of cyanidin-3-rutinoside against monosaccharides-induced protein glycation and oxidation. *Int J Biol Macromol.* 2015;75:515-20.
- Thomas JP, Maiorino M, Ursini F, Girotti AW. Protective action of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase against membrane-damaging lipid peroxidation. In situ reduction of phospholipid and cholesterol hydroperoxides. *J Biol Chem.* 1990;265(1):454-61.
- Tomlinson PB. The uniqueness of palms. *Bot J Linn Soc.* 2006;151(1):5-14.
- Wardman P, Candeias LP. Fenton chemistry: an introduction. *Radiat Res.* 1996;145(5):523-31.

Wu T-C, Chan S-T, Chang C-N, Yu P-S, Chuang C-H, Yeh S-L. Quercetin and chrysin inhibit nickel-induced invasion and migration by downregulation of TLR4/ N κ signaling in A549 cells. *Chem Biol Interact.* 2018;292:101-9.

Whitmore TC. F. Kahn & J.-J. de Granville 1992. Palms in forest ecosystems of Amazonia (Ecological Studies 98). Springer-Verlag, Heidelberg, xii + 226 pages. ISBN 3-540-54399-6. Price: DM 198 (c. £82) (hardback). *J Trop Ecol.*1993;9(4):468-468.

Zhang C, Wang R, Zhang G, Gong D. Mechanistic insights into the inhibition of quercetin on xanthine oxidase. *Int J Biol Macromol.* 2018;112:405-12.

Zhang Z, Wu X, Cao S, Cromie M, Shen Y, Feng Y, et al. Chlorogenic Acid Ameliorates Experimental Colitis by Promoting Growth of Akkermansia in Mice. *Nutrients* 2017;9(7).

Ouvrages.

Bowen-Forbes CS, Zhang Y, Nair MG. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *J Food Compos Anal.* 2010. Vol 23. 554-560 p.

Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris. 5^{ème} édition Technique & Documentation Lavoisier. 2016. 1487 p.

De Granville J-J et Gayot M. Guide des palmiers de Guyane. Guyane Française. Éditions Office National des Forêts. 2014. 272 p.

Delattre J, Beaudeau J-L, Bonnefont-Rousselot et coordonnateurs. Radicaux libres et stress oxydant : Aspects biologiques et pathologiques. Paris. Édition Technique & Documentation Lavoisier. 2007. 549 p.

Dupont F., Guignard J-L, Pelt J-M. Abrégés de pharmacie, Botanique, les familles de plantes. France. 15e Édition Elsevier Masson. 2012. Vol 1. 300p.

Gras C, Bause K, Leptihn S, Carle R, Schweiggert RM. Effect of chlorogenic acid on spectral properties and stability of acylated and non-acylated cyanidin-3-O-glycosides. *Food Chemistry.*2018. Vol 240. 940-950 p

Grenand P, Moretti C, Jacquemin H, Prévost M-F. Pharmacopée traditionnelle en Guyane : Créoles, Wayâpi, Palikur, Marseille. Éditions Institut de Recherche pour le Développement. 2004. 816 p.

Heckel É. Les plantes médicinales et toxiques de la Guyane française: catalogue raisonné et alphabétique. Éditions Protat frères (Macon). 1897. 91 p.

Kahn F, Granville J-J de. Palms in Forest Ecosystems of Amazonia. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 1992. (Ecological Studies). Disponible sur: <https://www.springer.com/gp/book/9783642768545>.

Langcake P (Shell RL, Pryce RJ). The production of resveratrol by *Vitis vinifera* and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury. *Physiological Plant Pathology.* 1976. Vol 9. 77-86 p.

P. Shanley, G. Medina.; illustration S. Cordeiro, A. Valente, B. Gunn, . Imbirba, F. Strympl. Frutíferas Plantas Utéis na Vida Amazônica. Belém. CIFRON, Imazon, 2005. 300p.

Sarni-Manchado P, Cheynier V, This H, Les polyphénols en agroalimentaire. Paris. Édition Technique & Documentation Lavoisier. 2016. 1 vol. (XX-398 p.)

Simeoni J. Dysfonction endothéliale et diabète_Annales d'Endocrinologie. 2007. Vol 68 - N° 1 - p. 83-84

Schultes RE, Raffauf RF, Philip HRH. The Healing Forest: Medicinal and Toxic Plants of the Northwest Amazonia. 1 edition. Portland, Or: Dioscorides Press; 1990. 500 p.

Pages internet

Cancer en France : définition, chiffres [Internet]. Ligue contre le cancer. [cité 1 mai 2018]. Disponible sur: https://www.ligue-cancer.net/article/25168_le-cancer-en-france

DEAL GUYANE. DEAL GUYANE [Internet]. 2019 [cité 9 avril 2019]. Disponible sur: <http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr>

DEAL GUYANE. Les mangroves [Internet]. 2017 [cité 9 avril 2019]. Disponible sur: <http://www.guyane.developpement-durable.gouv.fr/les-mangroves-a1861.html>

Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine [Internet]. [cité 15 janvier 2018]. Disponible sur: <http://dictionnaire.academie-medecine.fr/index.php?q=stress+oxydant>

EUR-Lex - 32012R0432 - EN - EUR-Lex [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0432>

Page d'accueil - Horizon [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-php/cadcgp.php?CMD=CHERCHE&query=1&MODELE=vues/horizon/accueil.html&AUTH=1>

Le Centre Spatial Guyanais - CNES [Internet]. [cité 24 avril 2019]. Disponible sur: <http://www.cnes-csg.fr/web/CNES-CSG-fr/10805-le-centre-spatial-guyanais.php>

Les chiffres du diabète en France | Fédération Française des Diabétiques [Internet]. [cité 1 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.federationdesdiabetiques.org/information/diabete/chiffres-france>

Palmacées [Internet]. [cité 22 avril 2018]. Disponible sur: <https://fracademic.com/dic.nsf/frwiki/1285765>

Paysages de Guyane [Internet]. photos nature Julien Bonnaud. [cité 9 sept 2019]. Disponible sur: <http://www.faune-flore.fr/guyane/paysages/>

Plantes et botanique - famille des Arecaceae [Internet]. Plantes et botanique. 2019 [cité 9 sept 2019]. Disponible sur: https://www.plantes-botanique.org/famille_arecaceae

Polyphénol - Acadpharm [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: <http://dictionnaire.acadpharm.org/w/Polyph%C3%A9nol>

PRECIPITATION ANNUELLE EN GUYANE par Météo-France [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: http://www.meteofrance.gp/climat/pluies-annuelles/rr_an_guyane

PubChem [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

Règlement (UE) no 432/2012 de la Commission du 16 mai 2012 établissant une liste des allégations de santé autorisées portant sur les denrées alimentaires, autres que celles faisant référence à la réduction du risque de maladie ainsi qu'au développement et à la santé infantiles Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. :40. [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0432>.

Sémhur. Carte physique du plateau des Guyanes, un craton situé en Amérique du Sud, répartis entre le Brésil, la Guyane française, le Suriname, le Guyana, le Venezuela et la Colombie. [Internet]. 2010 [cité 9 mars 2019]. Disponible sur : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guiana_shield_map-fr.svg

Tropicos - Home [Internet]. [cité 2 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.tropicos.org/>

Une population métissée [Internet]. Site internet du CTG (Comité du Tourisme de Guyane). 2015 [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: <https://www.guyane-amazonie.fr/une-population-metisee>

Wikipedia [Internet]. [cité 1 mai 2019]. Disponible sur: <https://www.wikipedia.org/>

Table des Illustrations

Figure 1 : Structure moléculaire du tocophérol.	10
Figure 2 : Structure moléculaire de l'acide ascorbique.	11
Figure 3 : Structure moléculaire du glutathion.	12
Figure 4 : Structure moléculaire d'un caroténoïde.	12
Figure 5 : Structure moléculaire du coenzyme Q10.	13
Figure 6 : Structure moléculaire de l'acide urique.	13
Figure 7 : Structure moléculaire de la bilirubine.	14
Figure 8 : à gauche structure moléculaire de l'acide benzoïque, à droite structure moléculaire de l'acide cinnamique.	15
Figure 9 : à gauche structure moléculaire de l'acide syringique ; à droite structure moléculaire de l'acide vanillique.	16
Figure 10 : Structure molécule de l'acide chlorogénique.	16
Figure 11 : Structure chimique de base des stilbènes.	17
Figure 12 : Structure chimique du noyau 2-Phénylchromane.	18
Figure 13 : Structure chimique du cation flavylum.	20
Figure 14 : Exemple de tanin hydrolysable : acide tannique.	21
Figure 15 : Exemple de tanin condensé :Procyanidol B1.	21
Figure 16 : Voie des polyols et autres voies métaboliques induites par l'hyperglycémie. (1) : Voies des polyols AR : Aldose Réductase ; SDH : Sorbitol Déshydrogénase. (2) Voies des pentose-phosphates. (3) Cycle redox du Glutathion. (4) Voie de la glycolyse HK : Hexokinase ; PKF : Phosphofructokinase ; GAPDH : Glycéraldéhyde-3-Phosphate déshydrogénase (Delattre, 2007).	26
Figure 17 : Contribution de l'angiotensine II dans la production de radicaux libres (Delattre, 2007).	27
Figure 18 : Carte du bouclier Guyanais (© Sémhur).....	29
Figure 19 : Carte représentant la répartition des différentes ethnies guyanaises sur le territoire de la Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014).	30
Figure 20 : Carte de la pluviométrie sur le territoire de Guyane Française en 2017 (Météo France, 2019)	31
Figure 21 : Les côtes rocheuses et forêts de bords de mer (© Julien Bonnaud).....	32
Figure 22 : La mangrove et la forêt marécageuse de la plaine côtière (© Julien Bonnaud)....	33
Figure 23 : Le marais des salines (© Julien Bonnaud)	33
Figure 24 : La savane et forêt sèche de matiti (© Julien Bonnaud).....	34
Figure 25 : La forêt de bord de fleuve (© Julien Bonnaud).....	34
Figure 26 : La forêt marécageuse (© Julien Bonnaud).....	35
Figure 27 : Forêt de sol bien drainé (© Naëll Torvic)	35
Figure 28 : La forêt de moyenne altitude (© Julien Bonnaud)	36
Figure 29 : La forêt sommitale d'inselbergs, dites savanes-roche (© Julien Bonnaud).....	36
Figure 30 : Exemples morphologiques de stipes de palmiers. A : stipe lisse avec anneaux de croissance distincts - B : anneaux de croissance proéminents - C : stipe lisse - D : bases foliaires rugueuses et persistantes - E : bases foliaires persistantes - F : stipe épineux – G : bases foliaires persistantes à gaines fibreuses chevauchantes – H : stipe bambusiforme avec des racines aériennes – I : bases foliaires persistantes à gaines fibreuses entières (Plantes et botanique, 2019).....	38
Figure 31 : Types de feuilles de palmiers. A : feuille entière - B : feuille pennée - C : feuille bipennée - D: feuille costaplamée - E: feuilles palmées, plus ou moins découpées (Plantes et botanique, 2019).....	39
Figure 32 : Fruit entier de palmier et sa coupe longitudinale (De Granville et Gayot. 2014).	39
Figure 33 : Morphologie d'un palmier : érigé, à feuilles pennées (De Granville et Gayot 2014).	40

Figure 34 : Liste des palmiers indigènes de Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014)	42
.....	
Figure 35 : Carte montrant la distribution d' <i>Oenocarpus bacaba</i> en Amérique du sud ainsi qu'en Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014).....	44
Figure 36 : Feuille de <i>Oenocarpus bacaba</i> (De Granville et Gaoyt, 2014).....	45
Figure 39 : Structure moléculaire de l'orientine (C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁).....	48
Figure 40 : Structure moléculaire de la quercétine (C ₁₅ H ₁₀ O ₇).....	49
Figure 41 : Structure moléculaire du rutoside (C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆).....	50
Figure 42 : Structure moléculaire de l'isorhamnetine (C ₁₆ H ₁₂ O ₇).....	50
Figure 43 : Structure moléculaire de la vitexine (C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀).....	51
Figure 44 : Structure moléculaire de la 2-vicénine (C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅).....	52
Figure 45 : Structure molécule de l'acide chlorogénique (C ₁₆ H ₁₈ O ₉).....	52
Figure 46 : Carte montrant la distribution d' <i>Oenocarpus bataua</i> en Amérique du sud ainsi qu'en Guyane Française (De Granville et Gayot, 2014).....	54
Figure 47 : Fruit, pieds et inflorescence en queue de cheval du patawa (Patricia Shanley, 2005).	55
Figure 49 : Feuille de <i>Oenocarpus bataua</i> (De Granville et Gayot, 2014)	55
Figure 50 : Photographie des feuilles et bractées pédonculaires d' <i>Oenocarpus bataua</i> . (©Torvic Naëll).....	56
Figure 51 : Photographie des inflorescences et fruits de Patawa (De Granville et Gayot, 2014)	56
.....	
Figure 52 : Fruits du patawa <i>Oenocarpus bataua</i> (De Granville et Gayot, 2014).....	57
Figure 52 : Illustration d'une préparation de bouillie de patawa (De Granville et Gayot, 2014).	57
.....	
Figure 53 : Structure moléculaire de l'acide syringique (C ₉ H ₁₀ O ₅)	59
Figure 54 : Structure moléculaire du resvératrol (C ₁₄ H ₂₁ O ₃).....	59
Figure 55 Structure moléculaire de la cyanidine 3- <i>O</i> -rutinoside (C ₂₇ H ₃₁ O ₁₅ ⁺)	61

Résumé

Les radicaux libres oxygénés sont des espèces chimiques rendues réactives par la présence d'électrons de valence non appariés. Ces radicaux sont naturellement produits et régulés par l'organisme mais parfois un déséquilibre peut s'établir causant des dommages pouvant conduire à l'apparition de pathologies.

Les polyphénols sont des piègeurs de radicaux libres qui, une fois apportés à l'organisme aident à diminuer un stress oxydant. En Guyane, deux palmiers en sont particulièrement riches : le Comou, *Oenocarpus bacaba* et le Patawa, *Oenocarpus bataua*. Les fruits de ces deux palmiers sont consommés de manière régulière par la population Guyanaise pour leur intérêt alimentaire et médicinales (utilisés en cas de diarrhée, de céphalées, de toux). La littérature scientifique semble démontrer que la consommation de ces fruits pourrait être bénéfique dans un contexte de stress oxydant pour la population au vue des activités démontrées par leurs composés.

Mots clés :

Stress oxydant

Antioxydant

Espèces réactives de l'oxygène

Guyane

Palmiers

Oenocarpus bacaba

Oenocarpus bataua



SERMENT DE GALIEN

En présence des Maîtres de la Faculté, je fais le serment :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances,

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement,

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité,

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession,

De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens,

De coopérer avec les autres professionnels de santé.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.