

THESE

présentée par

Didier BEREAU

Pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE

SPECIALITE : SCIENCES DES AGRORESSOURCES

**HUILES ET FRACTIONS INSAPONIFIABLES DE HUIT ESPECES DE
PALMIERS AMAZONIENS.**

Soutenue le 18 Mai 2001 devant le jury composé de :

M. le Professeur Michel DELMAS <i>ENSIACET-Institut National Polytechnique, Toulouse, France</i>	Président
M. le Professeur Joseph BANOUB <i>Université Mémorial, Terre-Neuve, Canada</i>	Rapporteur
M. le Professeur René BRAVO <i>Université des Antilles et de la Guyane, Fort-de-France, Martinique</i>	Rapporteur
Mme le Docteur Marlia Regina Coelho FERREIRA <i>Instituto de Pesquisas Cientificas e Tecnologicas, Macapa, Amapa, Brésil</i>	Examineur
Mme. le Professeur Nazaré IMBIRIBA <i>Université fédérale du Para, Belem, Brésil</i>	Examineur
Mme le Docteur Isabelle ISAAC <i>Conseil Régional de Guyane, Cayenne, Guyane</i>	Examineur
Mme le Docteur Bouchra BENJELLOUN-MLAYAH <i>ENSIACET-Institut National Polytechnique, Toulouse, France</i>	Directeur de thèse

THESE

présentée par

Didier BEREAU

Pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE

SPECIALITE : SCIENCES DES AGRORESSOURCES

**HUILES ET FRACTIONS INSAPONIFIABLES DE HUIT ESPECES DE
PALMIERS AMAZONIENS.**

Soutenue le 18 Mai 2001 devant le jury composé de :

M. le Professeur Michel DELMAS <i>ENSIACET-Institut National Polytechnique, Toulouse, France</i>	Président
M. le Professeur Joseph BANOUB <i>Université Mémorial, Terre-Neuve, Canada</i>	Rapporteur
M. le Professeur René BRAVO <i>Université des Antilles et de la Guyane, Fort-de-France, Martinique</i>	Rapporteur
Mme le Docteur Marlia Regina Coelho FERREIRA <i>Instituto de Pesquisas Cientificas e Tecnologicas, Macapa, Amapa, Brésil</i>	Examineur
Mme. le Professeur Nazaré IMBIRIBA <i>Université fédérale du Para, Belem, Brésil</i>	Examineur
Mme le Docteur Isabelle ISAAC <i>Conseil Régional de Guyane, Cayenne, Guyane</i>	Examineur
Mme le Docteur Bouchra BENJELLOUN-MLAYAH <i>ENSIACET-Institut National Polytechnique, Toulouse, France</i>	Directeur de thèse

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	7
CHAPITRE I : ASPECTS GEOGRAPHIQUE, BOTANIQUE ET ECONOMIQUE SUR LES PALMIERS.	10
I-1. PRESENTATION DES PALMIERS ENDEMIQUES DU PLATEAU DES GUYANES ET DU BASSIN AMAZONIEN.	11
I-1-1. LES PALMIERS : REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET IMPORTANCE NUMERIQUE.....	11
a) A l'échelle mondiale.....	11
b) Dans le bassin amazonien.	12
c) Les palmiers en Guyane	14
I-1-2. UTILISATIONS TRADITIONNELLES.....	17
I-1-3. ESPECES RETENUES.	20
I-1-4. PRESENTATION BOTANIQUE DES ESPECES DE PALMIERS RETENUES.	22
a) Présentation des appareils végétatif et reproducteur.....	22
b) Illustrations des arbres.	Erreur ! Signet non défini.
c) Illustrations en coupe des fruits.....	Erreur ! Signet non défini.
d) Périodes de fructification générale.....	32
I-2. PRESENTATION ECONOMIQUE DES FILIERES DE PRODUCTION D'HUILES OBTENUES A PARTIR DE PALMIERS.....	34
I-2-1. ASPECTS ET ZONES GEOGRAPHIQUES DE LA PRODUCTION MONDIALE D'HUILES DE PALME, DE PALMISTE ET DE COPRAH.....	34
a) Production.	34
b) Exportations et importations.	37

I-2-2. SPECIFICITE DE LA ZONE LATINO-AMERICAINE.	39
a) Productions et échanges internationaux.	39
b) Bilan des avancées agronomiques concernant les productions d'huiles de palmiers endémiques.	41
 CHAPITRE II : ETUDE PHYTOCHIMIQUE DES HUILES DE PULPE.....	44
II-1. ECHANTILLONNAGE.	45
 II-1-1. PRESENTATION DES SITES DE RECOLTE.	45
II-1-2. CONDITIONS DE RECOLTE.	45
II-1-3. TENEUR EN PULPE ET AMANDE DES FRUITS DE PALMIERS.	49
 II-2. EXTRACTION ET CARACTERISATION DES HUILES DE PULPE.....	51
 II-2-1. COMPOSITION DES HUILES VEGETALES : RAPPEL.	51
a) Les glycérides.....	51
b) Les phospholipides.....	51
c) Les cérides.....	52
d) La fraction insaponifiable	52
 II-2-2. DETERMINATION DES CONDITIONS D'EXTRACTION.....	54
II-2-3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES.	59
a) Masse volumique.	59
b) Indices de réfraction.....	59
c) Indice d'acide.....	60
d) Indice de peroxyde.	60
e) Teneur en matières insaponifiables : détermination et optimisation...	61
 II-2-4. COMPOSITION EN ACIDES GRAS.	64
a) L'espèce Maximiliana maripa.	64
b) Autres espèces.....	64

II-3. ETUDE DE LA FRACTION INSAPONIFIABLE DES HUILES DE PULPE. 68

II-3-1. IDENTIFICATION SOMMAIRE DES CONSTITUANTS DE L'INSAPONIFIABLE.	68
II-3-2. ETUDE DES STEROLS.	70
II-3-3. ETUDE DES TOCOPHEROLS.	81
II-3-4. ETUDE DES ALCOOLS TRITERPENIQUES.	86

CHAPITRE III : ETUDE PHYTOCHIMIQUE DES HUILES D'AMANDE. 101

III-1. ECHANTILLONNAGE. 102

III-2. EXTRACTION ET CARACTERISATION DES HUILES D'AMANDES. 102

III-2-1. EXTRACTION.	102
III-2-2. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES.	105
a) Masse volumique.	105
b) Indice de réfraction.	105
c) Indice d'acide.	105
d) Indice de peroxyde.	106
e) Teneur en matières insaponifiables.	106

III-2-3. COMPOSITION EN ACIDES GRAS. 108

III-3. ETUDE DE LA FRACTION INSAPONIFIABLE DES HUILES D'AMANDES.

.....	111
III-3-1. ETUDE DES STEROLS.	111
III-3-2. ETUDE DES TOCOPHEROLS.	113
III-3-3. ETUDE DES ALCOOLS TRITERPENIQUES.	115

CONCLUSION GENERALE	117
PARTIE EXPERIMENTALE.....	121
BIBLIOGRAPHIE	132
LISTE DES TABLEAUX.....	148
LISTE DES FIGURES	149
ANNEXES	150

INTRODUCTION GENERALE

Les palmiers occupent le 3^{ème} rang mondial des espèces végétales. Cependant, seulement deux espèces de palmiers, sur les 3000 recensées dans le monde, restent les plus connues du grand public : le cocotier (*Cocos nucifera*) et le palmier africain (*Elaeis guineensis*). Ne serait ce que dans le bassin amazonien, 180 espèces de palmiers endémiques à la zone ont été répertoriées et il existe encore bien d'autres régions de l'Amazonie qui pourraient nous réserver bien des surprises. En Guyane, les palmiers font partie intégrale du paysage, qu'aussi bien sur la bande côtière, qu'en savanes ou en forêt. Parmi les 70 (75 ?) espèces qui s'y trouveraient, 8 espèces (*Acrocomia lasiospatha*, *Astrocaryum vulgare*, *Bactris gasipaes*, *Elaeis oleifera*, *Euterpe oleracea*, *Jessenia bataua*, *Maximiliana maripa* et *Oenocarpus bacaba*) ont été retenues et les huiles extraites à partir de la pulpe ou de l'amande de leurs fruits feront l'objet d'études phytochimiques. De nombreux travaux, portant essentiellement sur la fraction glycéridique des huiles, ont été réalisés, mais peu d'informations relatives à la composition des fractions insaponifiables restent disponibles. La qualité nutritive de quelques unes de ces huiles n'est plus à démontrer mais la présence révélée de molécules biologiquement actives au sein de ces huiles pourraient permettre leurs incorporations dans des produits pharmaceutiques ou cosmétiques et relancer l'intérêt qui leur avait été porté, d'où la nécessité de ces études.

Dans un premier temps, le chapitre I a pour objectif de présenter la matière végétale de façon botanique, en apportant des précisions sur la nature et la répartition géographique des différentes espèces de palmiers, en énumérant les différents usages faits par la population locale, et en y présentant les appareils végétatif et reproducteur ainsi que les périodes généralement observées de fructification. Au sein de ce même chapitre, une présentation économique du marché des huiles (en particulier des huiles de palme, palmiste et coprah) aussi bien à l'échelle mondiale que latino-américaine sera effectuée et la comparaison sera faite avec celui concernant l'huile d'olive. Au niveau amazonien, l'état des lieux concernant les avancées agronomiques sur les productions d'huiles à partir de palmiers endémiques sera également dressé.

Les huiles extraites à partir de la pulpe des fruits retenus feront l'objet du chapitre II. Dans un premier temps, une étude de la fraction glycéridique incluant une caractérisation physico-chimique et la détermination de la composition en acides gras des huiles sera menée. Puis, des dosages qualitatifs et semi quantitatifs ou quantitatifs des principaux composés de la fraction insaponifiable de ces huiles seront réalisés.

Enfin, ces mêmes travaux réalisés cette fois à partir des huiles extraites de l'endocarpe des fruits constitueront l'essentiel du chapitre III.

L'ensemble de ces caractérisations permettra de proposer des voies de valorisation potentielles des huiles extraites des palmiers étudiés.

***CHAPITRE I : ASPECTS GEOGRAPHIQUE,
BOTANIQUE ET ECONOMIQUE
SUR LES PALMIERS.***

I-1. PRESENTATION DES PALMIERS ENDEMIQUES DU PLATEAU DES GUYANES ET DU BASSIN AMAZONIEN.

I-1-1. LES PALMIERS : REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET IMPORTANCE NUMERIQUE.

a) A l'échelle mondiale.

L'Ordre des Palmiers regroupe près de 3000 espèces et 226 genres. Il est pantropical avec des extensions subtropicales et un maximum d'espèces dans les régions équatoriales. Si l'on additionne la production des palmiers cultivés et des arbres sauvages, le palmier occupe le 3^{ème} rang des espèces végétales, seules les Graminées et les Légumineuses le surclassent. C'est en Asie et en Amérique que les espèces sont les plus nombreuses (1400 et 1200 espèces respectivement). L'Afrique vient au 3^{ème} rang avec un nombre réduit d'espèces (117 espèces réparties en 16 genres) mais l'étendue des peuplements de palmiers à huile et de rondiers compense cette moindre diversité.

Les Palmiers, grégaires ou solitaires, occupent les sites les plus variés. La forêt intertropicale en abrite la majeure partie, mais ils peuplent aussi les berges des rivières, envahissent les savanes, parsèment les steppes, habitent les déserts et gravissent les montagnes. Ils marquent aussi le paysage agraire par leur prépondérance dans certaines formes d'agriculture indigène ou par le développement d'immenses plantations.

b) Dans le bassin amazonien.

Le bassin amazonien (fig. I-1), s'étendant des chutes de l'Orinoco (Venezuela), en longeant les Andes jusqu'au centre du Brésil, couvre une superficie de près de 6.5 millions de km² en s'élevant entre 0 et 3000 mètres d'altitude. Avec une pluviométrie annuelle de 1500 mm et des cumuls de 6000 mm à certains endroits, on pourrait penser que cette région serait propice à la prolifération des palmiers. En réalité, ce qui fait que les palmiers soient aussi importants dans l'écosystème amazonien c'est leur abondance d'individus et non leur diversité d'espèces⁽¹⁾ puisque l'on n'y dénombre que 39 genres indigènes et 180 espèces^(2,3).

SPRUCE divise le bassin amazonien qui constitue la plus large région de palmiers endémiques en 5 régions de palmiers. La notion de région ne devant pas être prise au sens strict du terme :

- la **région côtière ou maritime** (Guyanes, embouchure de l'Orinoco).
- la **région « granitique »** (Rio Negro, Orinoco, Andes).
- la **région de « diamant »** (les montagnes rocheuses du centre du Brésil où les larges affluents prennent leur source).
- la **région amazonienne**
- la **région subandine** (la région des pentes des Andes du Pérou et de l'Equateur jusqu'à 2000m d'altitude).

La distribution des 39 genres de palmiers amazoniens n'est pas homogène et peut s'établir comme suit:

- 34 (87,2%) genres sont présents dans la région occidentale de l'Amazonie,
- 22 (56,4%) et 20 (51,3%) dans la région centrale et orientale.

Cependant, il faut reconnaître que les genres les plus représentés sont les genres *Astrocaryum*, *Bactris*, *Geonoma* et *Oenocarpus* car les espèces leur appartenant constituent plus de 50 % de toutes les espèces répertoriées en Amazonie et il reste encore d'autres régions du bassin amazonien à explorer et qui peuvent nous réserver bien des surprises.

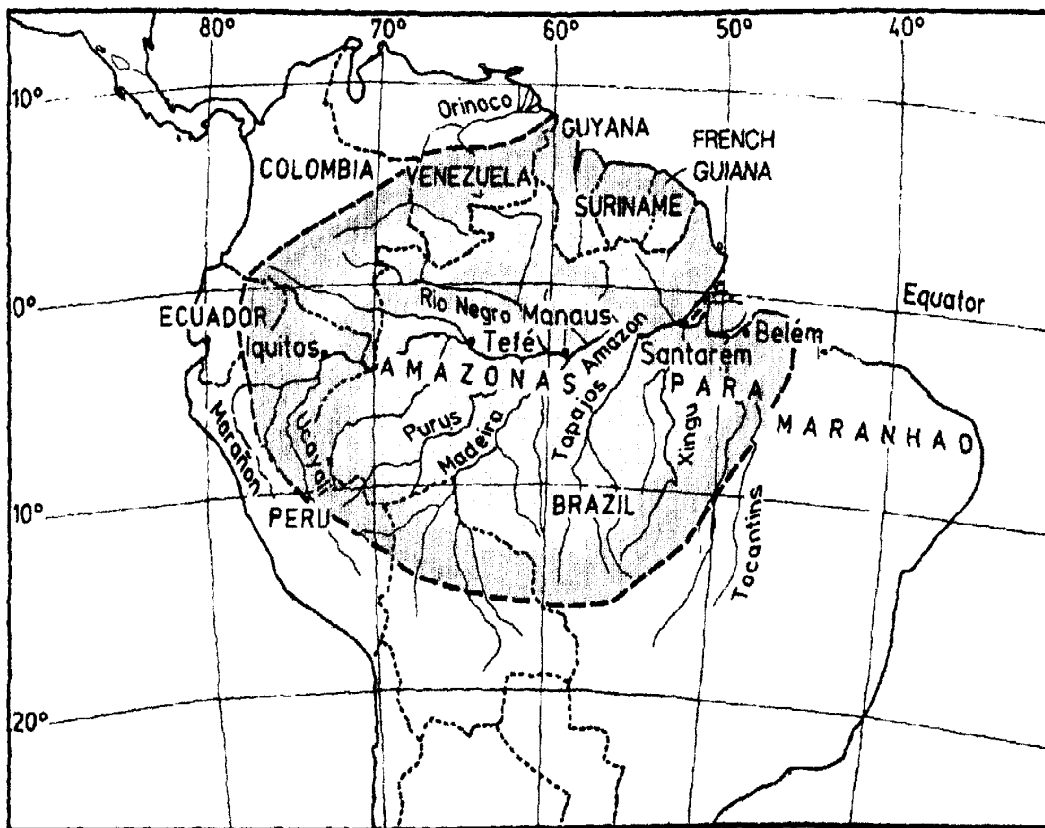


Fig. I-1 : Zone géographique du bassin amazonien et du plateau des Guyanes.

c) *Les palmiers en Guyane*

Les 68 espèces recensées en Guyane réparties en 18 genres (Tableaux I.1 et I.2) ne représentent qu'à peine 6% de tous les palmiers américains et 2,4% des espèces existant dans le monde entier, ce qui n'a rien de très étonnant étant donné la faible superficie de la Guyane par rapport à l'ensemble de l'Amérique tropicale⁽³⁾. Il existe des espèces nouvelles qui n'ont pas été répertoriées en Guyane mais qui auraient de fortes probabilités de s'y trouver ce qui porterait le nombre d'espèces entre 70 et 75.

Aussi, il faut souligner le fait qu'il existe 44 espèces réparties en 9 genres qui représentent les $\frac{3}{4}$ des palmiers de Guyane. Les genres sont les suivants : *Acrocomia*, *Astrocaryum*, *Bactris*, *Desmoncus*, *Elais*, le complexe *Maximiliana-Orbignya-Scheelea* et *Syagrus*. Mais comme dit précédemment, les genres *Astrocaryum*, *Bactris* et *Geonoma* sont les plus représentés.

Il existe 9 espèces tout à fait endémiques à la Guyane française qui n'ont pas encore été découvertes dans les autres Guyanes et qui font l'objet de collections ponctuelles⁽⁴⁾.

En Guyane, il n'y a guère plus de 6 genres et 2000 palmiers par ha (toutes espèces confondues) ce qui, en terme de richesse spécifique et de densité, placerait la Guyane dans une situation intermédiaire entre l'Amazonie orientale et l'Amazonie occidentale. De plus, la répartition des espèces se fait différemment suivant les milieux : la majorité des espèces se trouvant plutôt dans les forêts sur sols bien drainés (« terres fermes ») que sur sols alluvionnaires ou dans les estuaires⁽²⁾.

	Genres	Nombre d'espèces par genre
Sous-famille des CALAMOIDEAE Tribu des LEPIDOCARYEAE	Mauritia	1
Sous-famille des ARECOIDEAE Tribu des IRIARTEAE <i>Sous-tribu des IRIARTEINAE</i>	Socratea	1
Tribu des ARECEAE <i>Sous-tribu des MANICARIINAE</i> <i>Sous-tribu des EUTERPEINAE</i>	Manicaria Euterpe Oenocarpus Jessenia Hyospathe	1 2 2 1 1
Tribu des COCOEAE <i>Sous-tribu des BUTININAE</i> <i>Sous-tribu des ATTALEINAE</i> <i>Sous-tribu des ELAEIDINAE</i> <i>Sous-tribu des BACTRIDINAE</i>	Syagrus Maximiliana Orbignya Scheelea Elaeis Acrocomia Bactris Desmoncus Astrocaryum	2 1 2 4 1 1 22 3 8
Tribu des GEONOMEAE	Asterogyne Geonoma	1 14
	TOTAL	68

Tableau I-1: Famille des Arécacées en Guyane française.

<p><i>Acrocomia lasiospatha</i> Wall. <i>Asterogyne guianensis</i> de Granville et Henderson <i>Astrocaryum jauari</i> Mart. <i>munbaca</i> Mart. <i>murumuru</i> Mart. <i>paramaca</i> Mart. <i>rodriguesii</i> Trail <i>sciophilum</i> Pulle <i>vulgare</i> Mart. <i>sp. nov.</i> <i>Bactris acanthocarpoides</i> Barb. Rodr. <i>aubletiana</i> Trail <i>campestris</i> Poeppig <i>constanciae</i> Barb. Rodr. <i>cruegeriana</i> Griseb. <i>aff. cuspidata</i> Mart. (1) <i>aff. cuspidata</i> Mart. (2) <i>elegans</i> Barb. Rodr. <i>pectinata</i> Mart. <i>rhapidacantha</i> W. Boer <i>simplicifrons</i> Mart. <i>trailiana</i> Barb. Rodr. <i>sp. nov. 1</i> <i>sp. nov. 2</i> <i>sp. indét.</i> <i>Desmoncus macroacanthos</i> Mart. <i>orthacanthos</i> Mart. <i>polyacanthos</i> Mart. <i>Elaeis oleifera</i> (H.B.K.) Cortès</p>	<p><i>Euterpe oleracea</i> Mart. <i>precatória</i> Mart. <i>Geonoma baculifera</i> Kunth <i>cf. Bartlettii</i> Dammer <i>deversa</i> Kunth <i>euspatha</i> Burret <i>cf. interrupta</i> Mart. <i>maxima</i> Kunth <i>oldemanii</i> J-J de Granville <i>piscicauda</i> Dammer <i>poiteauana</i> Kunth <i>saramaccana</i> Bailey <i>stricta</i> Kunth “<i>stricta x pycnostachys</i> Mart.” <i>triglochín</i> Burret <i>sp. indét.</i> <i>Hyospathe elegans</i> Mart. <i>Jessenia bataua</i> Mart. <i>Manicaria saccifera</i> Gaertn. <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. <i>Maximiliana maripa</i> Drude <i>Oenocarpus bacaba</i> Mart. <i>Orbignya polysticha</i> Burret <i>sagotii</i> Trail <i>Scheelea camopiensis</i> S.F. Glassman <i>degranvillei</i> S.F. Glassman <i>guianensis</i> S.F. Glassman <i>maripensis</i> S.F. Glassman <i>Socratea exorrhiza</i> Wendl. <i>Syagrus inajai</i> Beccari <i>stratincola</i> W. Boer</p>
---	---

Tableau I-2 : Liste des palmiers indigènes de Guyane française.

I-1-2. UTILISATIONS TRADITIONNELLES.

Seules quelques espèces de palmiers présentent la particularité d'être déjà domestiquées par la population locale en vertu de leurs propriétés culinaires ou médicinales^(2,5-9). Les usages qui en sont faits sont présentés sommairement dans les tableaux I-3 et I-4.

A côté des huiles comestibles, issues des pulpes et/ou des amandes, on note, pour la plupart des espèces, une utilisation en pharmacopée traditionnelle pour diverses activités thérapeutiques.

NOM SCIENTIFIQUE	NOMS VERNACULAIRES	PRESENCE	PROPRIETES MEDICINALES	PROPRIETES CULINAIRES
ACROCOMIA LASIOSPATHA Wall	Moucaya (créole) Mucuja, macauba (portugais)	Commun		* <i>Pulpe et amandes</i> consommées crues. * <i>Huiles de pulpe et d'amandes</i> comestibles.
ASTROCARYUM VULGARE Mart.	Awara (créole) Tucumã (portugais)	Très commun	* <i>racines</i> : en décoction , contre les crises de furonculose. * <i>Huiles d'amandes</i> : pour soigner les furoncles, les maux de dents et la "crise de vers". Fonctions anti-rhumatismales.	* <i>Huiles de pulpe ou d'amandes</i> : incorporation dans des mets locaux. * <i>Bourgeon terminal</i> : "chou" cru. * <i>Fruits</i> crus * Vin de palme tiré de la fermentation du <i>liquide sucré obtenu en coupant les spathes avant floraison</i> .
BACTRIS GASIPAES H.B.K.	Parépou (créole) Pupunha (portugais)	Peu commun		* <i>Pulpe</i> : consommée après cuisson dans l'eau salée. * <i>Amande</i> : consommée crue ou cuite.
ELAEIS OLEIFERA Cortez	Palmier à huile d'Amérique (créole) Dende do Para, palma de caiaue (portugais)	Localisé Basse Mana	* <i>Huile de pulpe</i> : lotion contre la chute des cheveux et leur décoloration.	* <i>Pulpe</i> : consommée crue. * <i>Pulpe et amandes</i> : Huiles comestibles.
EUTERPE OLERACEA Mart.	Wassaye (créole) Açai, açazeró (portugais)	Très commun	* <i>Bourgeon terminal</i> : cicatrisant * <i>Moelle de l'extrémité du stipe</i> : pour soigner les coupures fraîches.	* <i>Pulpe</i> : Boissons savoureuses de couleur violacée. * <i>Fruits</i> consommés crus. * <i>Bourgeon terminal</i> : Cœur de palmier (pinot).

Tableau I-3 : Tableau récapitulatif des usages faits de quelques espèces de palmiers par la population locale.

NOM SCIENTIFIQUE	NOMS VERNACULAIRES	PRESENCE	PROPRIETES MEDICINALES	PROPRIETES CULINAIRES
JESSENIA BATAUA Mart.	Patawa (créole) Patauá (portugais)	Localisé moitié Nord-Est GUYANE		* <i>Huiles de pulpe ou d'amandes</i> comestibles. * <i>Fruits</i> : qui donnent une boisson savoureuse ou consommés après cuisson dans l'eau salée.
MANICARIA SACCIFERA Gaertner	Toulouri (créole) Buçu (portugais)	Localisé bas Oyapock	* <i>Fruits verts</i> : de l'eau des fruits, on tire un diurétique et un antidiarrhéique.	
MAURITIA FLEXUOSA L.f.	Palmier bêche (créole) Muriti, Buriti (portugais)	Très abondant		* <i>Amandes et pulpe</i> : huiles comestibles. * <i>Pulpe</i> consommée crue ou pour une boisson fermentée aigrelette. * <i>Amandes</i> pour une huile comestible. * <i>Sève</i> : vin de palme * <i>Moelle</i> : farine
MAXILIANA MARIPA Drude	Maripa (créole) Inajà (portugais)	Commun		* <i>Huiles de pulpe ou d'amandes</i> comestibles. * <i>Bourgeon terminal</i> : cœur de palmier. * <i>Pulpe et Amandes</i> consommées crues.
OENOCARPUS BACABA Mart.	Comou (créole) Bacaba (portugais)	Commun	* <i>Bourgeon terminal</i> : cicatrisant	* <i>Pulpe</i> : Boisson savoureuse. * <i>Bourgeon terminal</i> : cœur de palmier.

Tableau I-4 : Tableau récapitulatif des usages faits de quelques espèces de palmiers par la population locale.

I-1-3. ESPECES RETENUES.

A partir des données précédentes et compte tenu de leur accessibilité, de leur rendement en huile et de leur composition, les espèces suivantes ont été privilégiées pour la suite de l'étude :

- ***L'Astrocaryum vulgare*** (« awara ») : C'est un palmier très commun, déjà implanté dans les habitudes locales qui présente un rendement en huile de pulpe intéressant (9-53%) et une composition en acides gras marquée par une prépondérance de l'acide oléique (62%), acide gras majeur de l'huile d'olive^(11-14,20). Même si sa teneur en insaponifiable est relativement moyenne (0-1,5%), on prête aussi à ses huiles de pulpe ou d'amandes d'excellentes qualités dans le domaine industriel (savonnerie, cuisine,...).
- Les espèces ***Jessenia bataua*** (« patawa »), ***Oenocarpus bacaba*** (« comou ») et ***Euterpe oleracea*** (« wassaye ») : Ces 3 espèces accessibles ayant des propriétés plus ou moins communes dans les habitudes de la population locale, présentent des compositions en acides gras très similaires à celle de l'huile d'olive^(10,11,13,14,16,20). Avec un rendement en huile de pulpe de l'ordre de 10 à 30% suivant les espèces et des teneurs en matières insaponifiables moyennes, on ne peut les écarter des espèces sélectionnées.
- ***L'Elaeis oleifera*** (« ti wara-dinde ») : Bien que plus localisée en GUYANE, l'espèce est plus intéressante que sa vicariante africaine (*Elaeis Guineensis*) car plus riche en acide gras oléique (63-67%). Son rendement en huile de pulpe (2 à 76%), pouvant être assez élevé et sa teneur en insaponifiables (0 à 2%) la placent dans une position de choix^(11,13,14,17).

- Le *Maximiliana maripa* (« *maripa* ») et l'*Acrocomia lasiospatha* (« *moucaya* ») : ces 2 autres espèces très communes marquent le paysage guyanais. Si la première est plus connue de la population indigène, toutes les deux présentent des compositions en acides gras très intéressantes^(10,12,13,15) car riches en acide gras oléique (40 à 60%). Même si des problèmes relatifs à leur exploitation demeurent (les fruits étant difficiles à décortiquer), il ne serait pas inintéressant d'approfondir les études sur ces 2 espèces.

- Le *Bactris gasipaes* (« *parépou* ») : S'il demeure en GUYANE une espèce introduite car originaire des Andes, dans divers pays sud-américains il est vraiment l'objet d'une intensive domestication. Son rendement en huile de pulpe élevé (30%) par rapport aux autres espèces de palmiers indigènes le rend intéressant en dépit du fait que ses teneurs en acide gras oléique et en matières insaponifiables soient très moyennes^(13,14,18,19).

Une autre espèce très abondante (*Mauritia Flexuosa L.f.* « *palmier bêche* ») aurait pu être rajoutée car présentant une composition en acide gras oléique (67 à 76%) et une teneur en matières insaponifiables (3-4%) très élevées^(10,13,15). Mais pour des contraintes de récolte (espèce évoluant dans des milieux marécageux), et de décorticage, cette espèce ne sera pas étudiée dans le cadre de cette étude.

I-1-4. PRESENTATION BOTANIQUE DES ESPECES DE PALMIERS RETENUES.

Un glossaire aidant à la compréhension des termes botaniques figure en *Annexe 1*.

a) Présentation des appareils végétatif et reproducteur.

Etymologiquement, les Palmiers appartiendraient à la famille des Monocotylédones puisque l'ovaire n'est formé que d'un seul cotylédon dans la plantule de leur graine.

L'ensemble systématique des Palmiers est divisé en 9 sous-familles, définies par des combinaisons variées de caractères selon les auteurs et qui sont à nouveau divisées en tribus, sous-tribus, genres et espèces...

Au niveau morphologique, les palmiers possèdent une racine primaire qui périclit rapidement et est remplacée par des racines adventives nombreuses et longues. Chez certaines espèces, elles portent des échasses ou des pneumatophores. La tige simple ou stipe n'a pas de formation secondaire et est terminée par un bouquet de feuilles dont l'étude morphologique et ontogénique permet de définir 4 types principaux (Fig.I-2):

- le **type palmé ou flabellé** comportant la gaine, la ligule et le limbe découpé ici en segments foliaires.
- le **type penné** à feuilles réduites à une gaine aligulée, les pennes foliaires représentant des excroissances dorsales.
- le **type penné à feuilles de type graminéen** munies d'une gaine courte ligulée, d'un pétiole et d'un limbe découpé.
- le **type bipenné** qui se rattache au précédent.

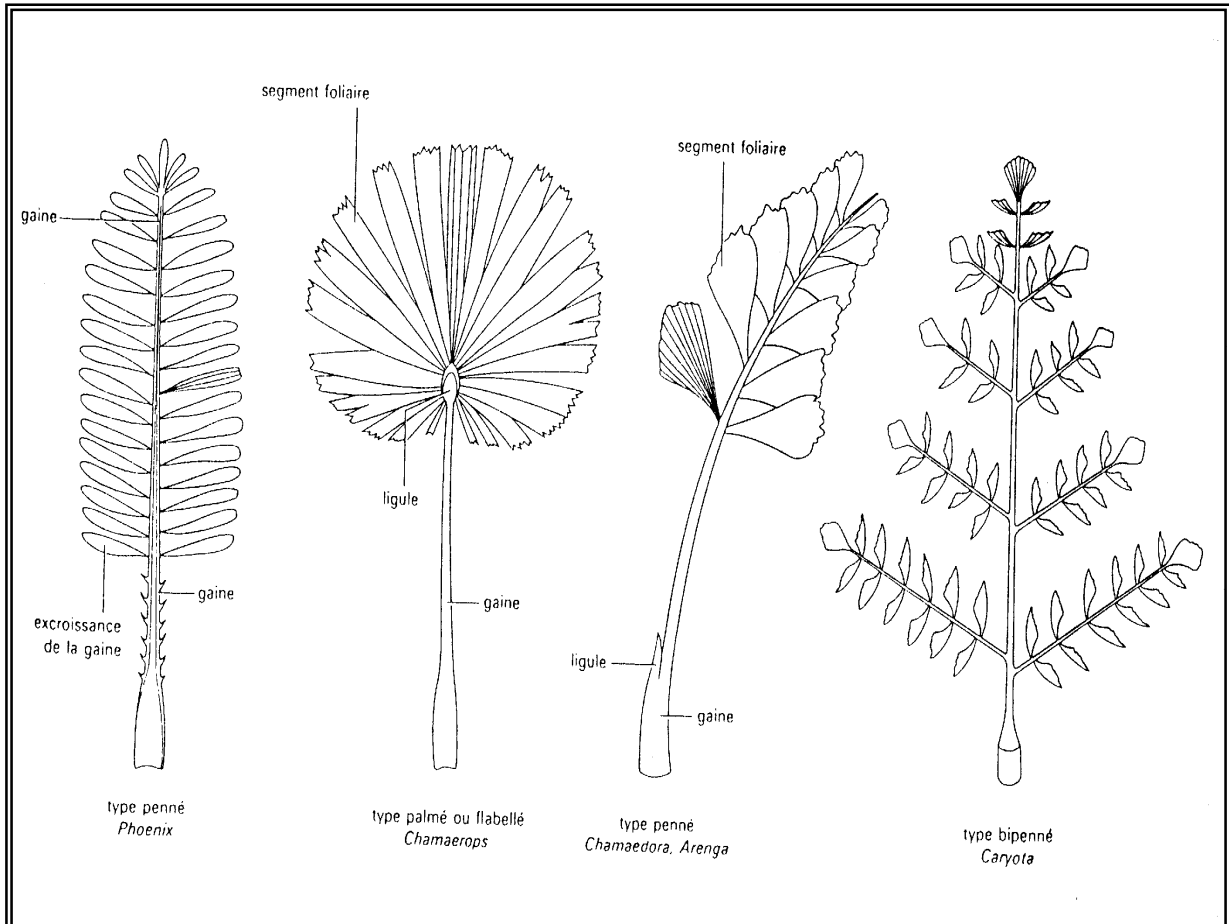


Fig. I-2. : Les différents types de feuilles.

Du point de vue de la reproduction, les plantes sont monoïques ou dioïques. Les fruits sont des baies monospermes (dattes) ou des drupes (noix de coco). En réalité, il existe peu de données sur les palmiers amazoniens. On sait que la maturation dure de 3 mois à six ans suivant les espèces. Le schéma de la coupe d'un fruit est représenté à la figure I-3. Les descriptions des appareils végétatif et reproducteur des espèces retenues, tirées de la littérature^(2,4,10,21-24), sont présentées ci dessous :

▪ ***Acrocomia lasiospatha* :**

C'est un grand palmier épineux commun dans les savanes et la végétation basse de la zone littorale. On le reconnaît, entre autres, par le manchon de feuilles mortes, desséchées, qui pendent sous la couronne.

Il a un stipe solitaire, cylindrique, de 6 à 15 m de haut et de 30 à 35 cm de diamètre, annelé et pourvu de quelques épines noires, aplaties fines plus nombreuses vers le sommet. Les feuilles sont pennées.

Le fruit est une drupe globuleuse de 2,5 à 4 cm de diamètre, de couleur brun à brun jaunâtre, couverte de soies caduques ayant un épicarpe dur, un mésocarpe mucilagineux et plus ou moins fibreux, jaune et un endocarpe de 2 à 2,5 cm de diamètre et 5 mm d'épaisseur, contenant une amande blanche.

▪ ***Astrocaryum vulgare* :**

Il n'existe que dans la plaine côtière où il est commun dans les bosquets et en lisière de savane, sur sol sableux. C'est l'une des rares espèces du genre à pousser en touffes et à posséder des feuilles avec des folioles réparties en groupe le long du rachis.

Il présente un stipe solitaire de 10 à 15 (moins de 25) m de haut et de 20 à 30 cm de diamètre, des entre-nœuds de 20 cm de long, armés d'épines inégales, noires, de 10 et pouvant atteindre 25 cm de long.

Le fruit est une drupe ovoïde à subglobuleuse, de 3,5 à 5 cm de long et de 2,5 à 4 cm de diamètre, courtement acuminée, de couleur jaune-orangé à maturité ou orange, glabre ayant une cupule plate d'environ 2 cm de \varnothing ayant un mésocarpe plus ou moins épais (3 à 8 mm), charnu, entourant un noyau ovoïde, très dur s'étrécissant vers la base de 3 mm d'épaisseur. L'amande est blanche.

▪ ***Bactris gasipaes* :**

C'est un palmier en touffe, ayant un stipe droit, mince, de 10 à 20, rarement 30 m de haut et de 10 à 15 cm de diamètre, annelé, armé d'épines disposées en zones circulaires de largeur variable. Les feuilles sont pennées, épineuses sur le rachis et sur la gaine foliaire.

Le fruit est une drupe conique ou turbinée ou ovoïde, de 2,5 à 5 cm de long, d'une couleur vert foncé virant au jaune ou au rouge-orangé à maturité ayant une pulpe farineuse, ferme, de couleur orangée ou jaune pâle et un noyau ovoïde de 2 à 2,5 cm de long, à coque très fine, noire, contenant une amande blanche.

▪ ***Elaeis oleifera* :**

C'est un palmier acaule ou à stipe rampant, exclusivement localisé en forêt marécageuse, sur alluvions sableuses. Il n'érige pas de stipe et ses feuilles sont régulièrement pennées. Sa hauteur dépasse rarement 4 m.

Le fruit est une drupe ovoïde oblongue ou elliptique, de 1,5 à 3 cm de long et de 1 à 2 cm de \varnothing avec stigmatte persistant, de couleur vert-jaunâtre puis rouge-orangé à maturité ayant un mésocarpe charnu fibreux, très oléagineux et un noyau de 2 à 3 mm d'épaisseur et contenant une amande blanche.

▪ ***Euterpe oleracea* :**

Il est très commun en Amérique du sud tropicale. Il est exclusivement inféodé à la forêt marécageuse où il forme parfois de très grandes populations. C'est un palmier à port cespiteux, chaque touffe pouvant porter jusqu'à une dizaine de stipes grêles, élevés, dont les plus hauts atteignent 20 à 25 m. Les feuilles sont régulièrement pennées et les longues et étroites folioles pendantes confèrent à cet élégant palmier d'indéniables qualités ornementales.

Le fruit est une drupe obliquement globuleuse de 12 à 16 mm de diamètre portant les restes du stigmatte, de couleur noir-pourpré à presque noire ayant une cupule de 6 mm de diamètre et une peau mince entourant une faible couche de pulpe aqueuse de même couleur. Son noyau est globuleux, fibreux à albumen profondément ruminé.

▪ ***Jessenia bataua* :**

C'est un palmier solitaire, droit, inerme, de 6 à 18 m et plus de haut et d'environ 20 cm de diamètre, avec quelquefois, des racines adventives aériennes. On le distingue par ses feuilles (8 à 14 ensemble) régulièrement pennées sur toute leur longueur, et ses folioles larges et blanchâtres en dessous.

Le fruit est une drupe ovoïde de 2,5 à 3,5 cm de long et de 2 à 2,5 cm de diamètre portant les restes du stigmate de couleur noir-violacé, ayant une pulpe plus ou moins fibreuse et un noyau oblong de 2,5 à 3 cm de long, aigu aux deux extrémités, garni de fibres.

▪ ***Oenocarpus bacaba* :**

C'est un palmier dont le stipe atteint 20 m de haut. Il est abondant partout, ses feuilles sont irrégulièrement pennées, les folioles étant plus ou moins disposées par groupes, du moins dans la moitié inférieure des feuilles.

Le fruit est une drupe subglobuleuse de 20 à 25 mm de long et de 13 à 20 mm de diamètre, de couleur bleu-noirâtre à noir-pourpre ayant une cupule d'environ 8 mm de haut et une pulpe très mince, subsèche, fibreuse, violacée. Le noyau étant fibreux.

▪ ***Maximiliana maripa* :**

Il est plutôt localisé dans les endroits peu drainés (bords des marais, bancs de sable) à l'intérieur, le long des ruisseaux, et est souvent dominant en forêts secondaires. Il constitue un stipe solitaire jusqu'à 18 m et plus de haut et environ 20 cm de diamètre. Les feuilles sont pennées, dressées arquées. Les spadices interfoliaires sont unisexués et les vieilles spathes persistent un certain temps avec le reste des feuilles mortes.

Le fruit est une drupe ovoïde-oblongue avec un long point à l'apex, sans la cupule de 5 à 7 cm de long et de 2 à 3 cm de large, la plus grande largeur à environ 1/3 de la longueur ayant une cupule brune, glabrescente, entourant le fruit jusque vers le milieu et un mésocarpe fibreux à l'extérieur et charnu blanc, jaunâtre ou saumonée à l'intérieur. Le noyau de 3 à 5 mm d'épaisseur est très dure et contient une amande blanche, solide.

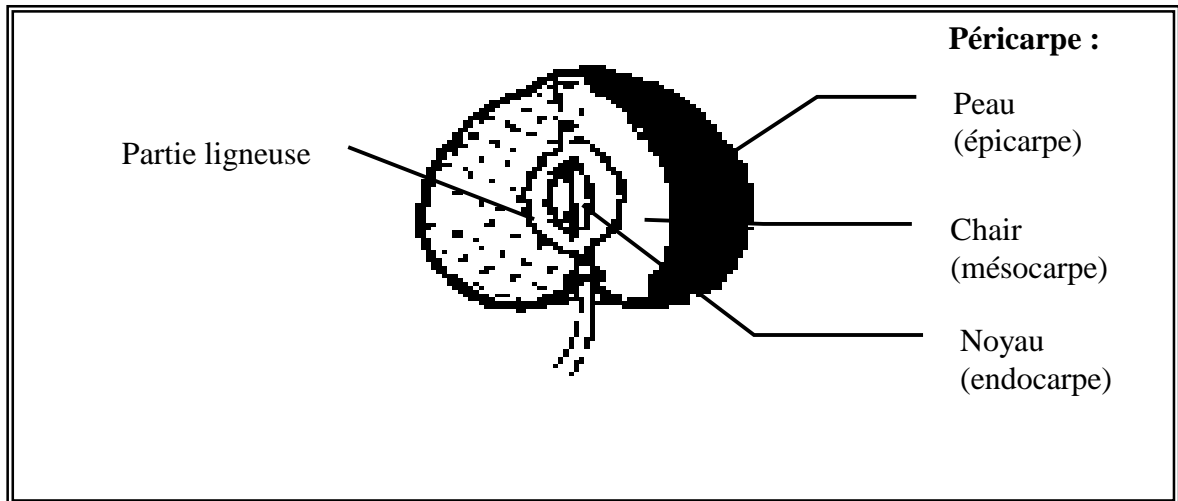


Fig 1-3 : Schéma coupe d'un fruit.

b) Illustrations des arbres.



Acrocomia lasiospatha



Astrocaryum vulgare



Bactris gasipaes



Elaeis oleifera



Euterpe oleracea



Jessenia bataua



Maximiliana maripa

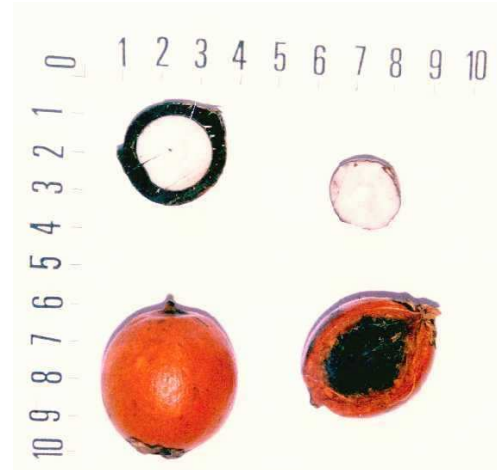


Oenocarpus bacaba

c) Illustrations en coupe des fruits.



Acrocomia lasiospatha



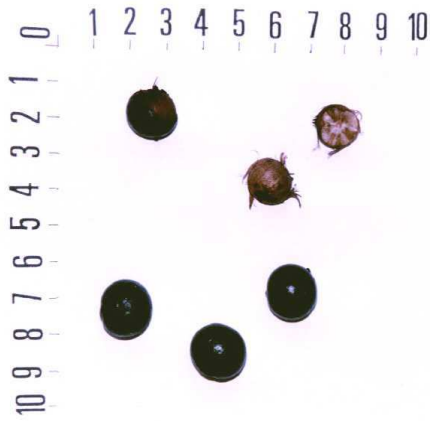
Astrocaryum vulgare



Bactris gasipaes



Elaeis oleifera



Euterpe oleracea



Jessenia bataua



Maximiliana maripa



Oenocarpus bacaba

d) Périodes de fructification générale.

Les saisons en GUYANE ne sont pas aussi marquées que sur l'Hexagone. Cependant, on dénote quand même quelques différences entre elles au niveau de la pluviométrie :

- **une saison sèche** marquée entre août et novembre, septembre et octobre étant les mois les plus secs (pluviométrie mensuelle inférieure à 200 mm).
- **une saison de pluies** de 9 mois occasionnellement interrompue par le petit été de mars. Les précipitations sont maximales entre avril et juin (pluviométrie mensuelle culminant à plus de 400 mm).

Les saisons de fructification des principaux palmiers amazoniens^(2,25-27) ont été regroupées dans le tableau I-5. Elles dépendent des climats locaux et sont différentes suivant que l'on se trouve à l'Est ou à l'Ouest du bassin amazonien. Mais en général, la fructification se déroule en périodes des pluies pour la plupart des espèces.

Mois <i>Espèces</i>	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Jessenia Bataua												
Oenocarpus Bacaba												
Euterpe Oleracea												
Elaeis Oleifera												
Bactris Gasipaes												
Maximiliana Maripa												
Acrocomia Lasiospatha												
Astrocaryum Vulgare												


 Période générale de fructification

Tableau I-5 : Périodes de fructification générale de quelques palmiers amazoniens.

I-2. PRESENTATION ECONOMIQUE DES FILIERES DE PRODUCTION D'HUILES OBTENUES A PARTIR DE PALMIERS.

L'objectif de ce chapitre est de fournir dans un premier temps des données économiques sur la production d'huiles de palme, palmiste et de coprah dans le monde puis de présenter la production d'huiles dites tropicales obtenues à partir de palmiers endémiques à la zone latino-américaine.

I-2-1. ASPECTS ET ZONES GEOGRAPHIQUES DE LA PRODUCTION MONDIALE D'HUILES DE PALME, DE PALMISTE ET DE COPRAH.

a) *Production.*

Depuis 1981, la production mondiale d'huiles et de matières grasses végétales a plus que doublé. Elle serait aujourd'hui de plus de 89,4 millions de tonnes (Mt) ^(28,29). Parmi ces huiles, 4 représentent plus de 60 % de l'ensemble des huiles végétales produites. Il s'agit des huiles de soja, de palme, de colza et de tournesol qui représentent en 2000 plus de 66 millions de tonnes (Fig. I-4).

- L'huile de palme :

Elle représente 24% de la production mondiale. Avec 21.4 Mt (contre 14,8 Mt en 1981 et 11,4 Mt en 1991), la production d'huile de palme a considérablement progressé au cours de ces dix dernières années. Elle représente aujourd'hui près de 24 % de la production mondiale, en deuxième place juste après le soja.

Deux pays produisent toujours plus de 80 % de l'huile de palme dans le monde. Ce sont la Malaisie (49,5 %) et l'Indonésie (31 %). Quasi inexistante au début des années 70 (on enregistre 812 000 t pour la Malaisie en 1997 et 190 000 t pour l'Indonésie), la progression fut spectaculaire. Aujourd'hui, en 2000, la Malaisie a une production de plus de 10 millions de tonnes alors que l'Indonésie fournit 6.6 Mt d'huile de palme. Le Nigeria, avec une production de 896 000 t arrive au 3^{ème} rang des pays producteurs (presque 5 % de la production mondiale).

▪ L'huile de palmiste :

Elle représente 3% de la production mondiale. La quantité d'huile de palmiste produite est de 2,7 Mt dans le monde. Comme on le sait, sa production est directement liée à celle de l'huile de palme. Ainsi, la Malaisie est le premier producteur en 2000 avec ses 1,4 Mt (51,8 % de la production mondiale), suivie par l'Indonésie avec ses 672 000 t et le Nigeria (255 000 t). Aujourd'hui, sa production stagne un peu.

▪ L'huile de coprah :

Elle représente 3,4% de la production mondiale. Concernant l'huile de coprah, en 2000, deux pays se partagent principalement la production mondiale de 3,08 Mt : les Philippines (1,28 Mt en 1999) et l'Indonésie (600 000 t) ce qui représente respectivement 41,5 % et 19,5 % de la production mondiale. Les autres gros producteurs sont l'Inde (460 000 t), le Vietnam (133 440 t) et le Mexique (88 000 t). Aujourd'hui, la production est en déclin en raison surtout de la concurrence des autres huiles et du vieillissement des cocoteraies.

Remarques :

- Même si en comparant l'évolution de la production de ces huiles végétales entre elles, la progression n'est pas la même (fig. I-5), des incertitudes demeurent sur l'avenir de ces huiles⁽³⁰⁾.
- La production mondiale d'huile d'olive en 2000, issue principalement des pays de l'Union Européenne (1756 Mt soit 76,1% de la production mondiale), de la Tunisie (200 000 t) et de la Syrie (135 000 t), se chiffre à 2.3 Mt et représente 2,6% de l'ensemble des huiles et graisses végétales produites.

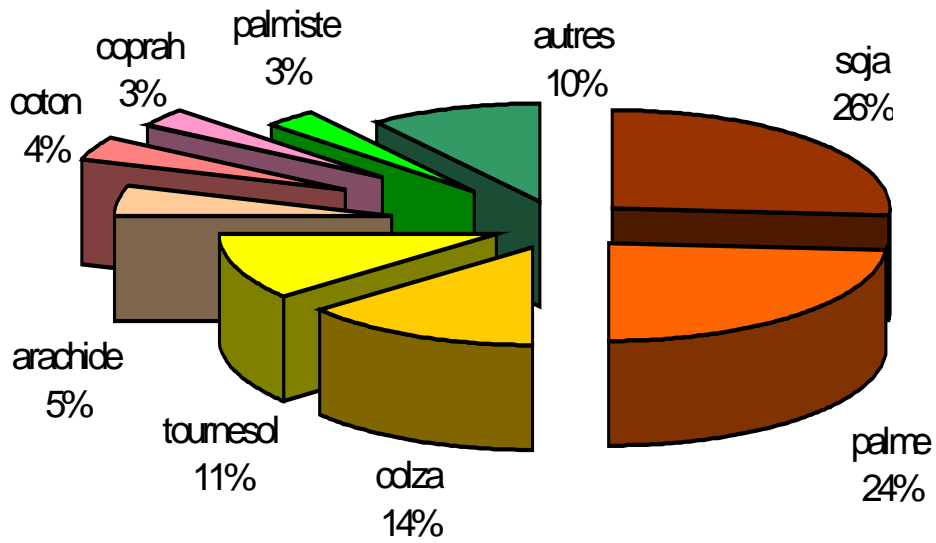


Fig. I-4 : Répartition de la production mondiale des principales huiles végétales en 2000.

b) *Exportations et importations.*

▪ L'huile de palme :

en 1999, les *exportations* portent sur 13,7 Mt (soit 64,0 % de la production mondiale). Les pays concernés sont essentiellement la Malaisie (8,6 Mt soit 63 % des exportations), l'Indonésie (3,3 Mt soit 24,1 %) et les Pays-Bas (0,42 Mt).

Les *importations* portent aussi sur un fort tonnage de l'ordre de 12,9 Mt et se répartissent principalement dans l'Union Européenne (2,7 Mt dont les Pays-Bas (712 000 t), le Royaume-Uni (463 000 t) et l'Allemagne (412 000 t) soit 21 % des exportations mondiales), et la Chine Populaire (1,35 Mt).

▪ L'huile de palmiste :

En 1999, les *exportations* portent sur 1,58 Mt (soit 58,5 % de la production mondiale). Les principaux pays exportateurs sont la Malaisie (0,83 Mt soit 52,5 % des exportations) et l'Indonésie (0,60 Mt soit 37,9 % des exportations).

Les importations portent sur un tonnage de 1,05 Mt. Les principaux pays importateurs sont l'Union Européenne à hauteur de 33 % des exportations (avec 385 000 t dont l'Allemagne (210 700 t), le Royaume-Uni (90 000 t) et les Pays-bas (69 000 t)), les USA (208 000 t soit 13,2 % des exportations) et le Japon (53 000 t).

▪ L'huile de coprah :

En 1999, les *exportations* constituent 38,9 % de la production (1,2 Mt). Les principaux pays exportateurs sont les Philippines (0,48 Mt soit 40 % des exportations), l'Indonésie (350 000 t soit 29,1 % des exportations) et les Pays-Bas (104 000 t).

Les *importations* de l'ordre de 1,52 Mt se répartissent principalement dans l'Union Européenne (774 000 t dont les Pays-Bas (228 000 t), l'Allemagne (197 600 t) et le Royaume-Uni (62 400 t) soit 64,5 % des exportations), les USA (335 000 t soit 27,9 % des exportations) et la Malaisie (157 000 t).

Remarques : Concernant l'huile d'olive, la consommation est surtout le fait de l'Union Européenne⁽³¹⁾ à hauteur de 71% et porte sur 1,5 Mt. Elle est aussi le premier exportateur (203 000 t dans les années 90 soit 54% du total des exportations).

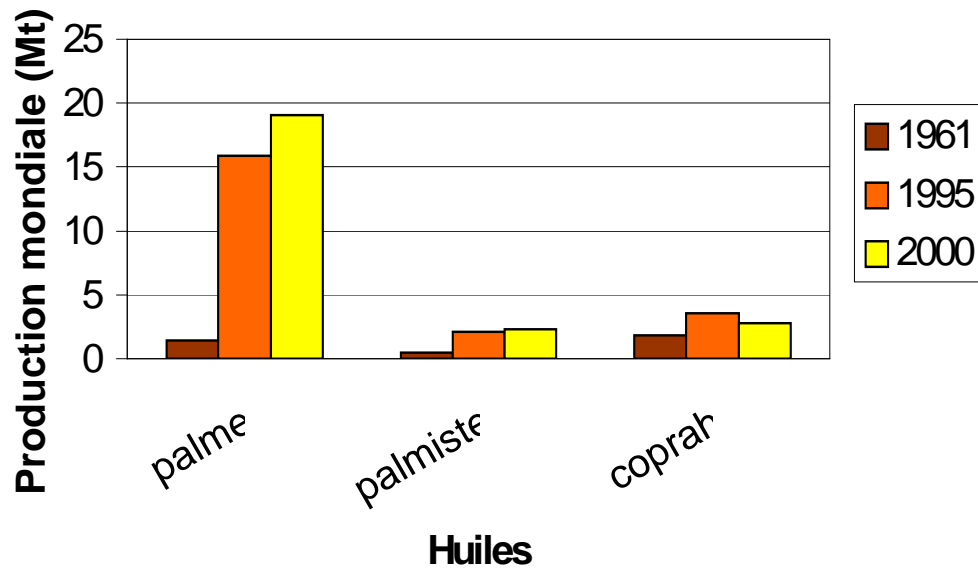


Fig. I-5. : Evolution de la production mondiale des huiles de palme, palmiste et coprah.

I-2-2. SPECIFICITE DE LA ZONE LATINO-AMERICAINE.

a) *Productions et échanges internationaux.*

La production latino-américaine d'huiles et de matières grasses végétales suit le même schéma mondial. Elle a plus que doublé depuis 1981 et se chiffre en 2000 à 12,9 Mt soit 14,4 % de la production mondiale. Les huiles les plus représentées sont par ordre d'importance les huiles de soja (60 %), de tournesol (19 %), de palme (10,2 %) et de colza (2,9 %). Seuls seront indiqués ici les échanges des huiles de palme, palmiste et coprah.

- L'huile de palme :

contre 65 400 t en 1961 et 1,31 Mt aujourd'hui, la production latino-américaine d'huile de palme suit la même progression que la production mondiale et en représente 6,1 %. Ce sont la Colombie (39,4 %), l'Equateur (20,4 %) et le Honduras (9,5 %) qui se partagent principalement la production d'huile de palme dans la zone.

En 1999, les *exportations* portent sur 300 000 t, ce qui ne représente que 23 % de la production latino-américaine. Les principaux pays exportateurs sont la Colombie (90 000 t), le Costa Rica (81 000 t) et l'Equateur (63 600 t).

Les *importations* portent sur 260 000 t et se répartissent principalement au Mexique (38,5 %), le Salvador (14,4 %) et le Nicaragua (10,9 %).

- L'huile de palmiste :

sa production directement liée à la production d'huile de palme suit la même tendance quoique légèrement à la stagnation. Elle serait en 2000 de 190 500 t soit 7 % de la production mondiale. Ce sont le Brésil (89 000 t), la Colombie (41 060 t) et le Guatemala (15 160 t) qui en sont les principaux pays producteurs.

En 1999, les *exportations* portent sur le faible tonnage de 29 900 t soit 15,7 % de la production latino-américaine d'huile de palmiste et sont l'œuvre principalement de la Colombie (13 000 t), de l'Equateur (6750 t), et du Costa Rica (6500 t).

Les *importations* de l'ordre de 70 900 t se répartissent principalement au Mexique (430 000 t), au Brésil (18 560 t), et en Argentine (3900 t).

▪ L'huile de coprah :

avec une production de 125 300 t en 2000 (4,0 % de la production mondiale) contre 210 000 t en 1961, la production latino-américaine d'huile sur le même schéma mondial est en déclin. Le Mexique (88 000 t), le Venezuela (6950 t) et la Jamaïque (4800 t) sont les principaux pays producteurs.

En 1999, les *exportations* portent également sur un faible tonnage (3700 t soit 2,9 % de la production) et sont le fait des pays suivants : la Dominique (1300 t) et la République Dominicaine (1105 t).

Les *importations* de l'ordre de 10 850 t sont l'œuvre principalement de l'Argentine (3750 t) et de la Jamaïque (2400 t).

On remarquera pour les 3 huiles, le faible tonnage destiné aux exportations comparé aux quantités réellement produites. Il s'explique par le fait que les pays producteurs optent préférentiellement pour l'autoconsommation au détriment de la politique du «tout export».

La production d'huile d'olive pour la zone latino-américaine se chiffre à 8 360 t. L'Argentine en est le principal producteur (7000 t) et exportateur (6720 t). Les importations qui se répartissent principalement au Brésil (23 000 t), au Mexique (2 900 t) et au Venezuela(1500 t), portent sur 36 500 t en 1999.

Il est très difficile d'avoir des données économiques chiffrées concernant les productions d'huiles obtenues à partir de palmiers endémiques amazoniens. Ces productions demeurent artisanales et ne s'insèrent pas dans une production de masse plutôt réservée au soja et au tournesol (tout au plus, le cas échéant, au sein de petites unités d'extraction) et certaines ne servent qu'à alimenter un marché très localisé⁽³²⁾.

b) *Bilan des avancées agronomiques concernant les productions d'huiles de palmiers endémiques.*

Grâce à une recherche bibliographique et une collaboration avec des agronomes traitant du sujet, le bilan qui peut être dressé est le suivant :

Il apparaît qu'aujourd'hui, 3 espèces de palmiers endémiques amazoniens font l'objet d'une domestication plus ou moins poussée. Il s'agit par ordre d'importance de l'*Elaeis oleifera*, du *Bactris gasipaes* et de l'*Euterpe oleracea*.

Non pas que les autres espèces ne présentent pas d'intérêt mais leur exploitation ne peut être à nouveau envisagée à l'heure actuelle par manque de financement permettant la réalisation de nouveaux programmes de recherche et par défaut de compétitivité face aux huiles de palme et de coprah qui assurent une production stable et à des prix nettement plus attractifs.

▪ *Elaeis oleifera Cortes* ^(17,33) :

L'espèce, plus intéressante que sa vicariante africaine *Elaeis guineensis* de par sa composition en acides gras (surtout polyinsaturés) et de par sa résistance aux maladies, est déjà l'objet d'une intensive domestication permettant une production à grande échelle.

Du point de vue de la recherche génétique, elle est encore en cours quoique très avancée au même titre que l'*E. Guineensis*.

▪ ***Bactris gasipaes H.B.K.*** ^(18,33,35,36) :

La domestication de l'espèce se caractérise surtout par l'intensive culture au sein de grandes exploitations (18 000 ha plantés surtout au Brésil) et une transformation au sein de nombreuses industries développées (plus de 150). Le cœur de palmier ("palmito") demeurant le produit final principal. Cette intensification de la production s'explique par le fait qu'il faut faire face à une demande interne en cœur de palmier 6 à 8 fois supérieure à l'exportation et par le fait qu'il faut contrer l'extraction sauvage du cœur de palmier de l'espèce *Euterpe oleracea*. Elle est notamment développée au Brésil, Costa Rica, Colombie, Pérou, Equateur et Venezuela.

La production d'huile reste encore faible et sert à alimenter le marché local.

Du point de vue de la recherche génétique (récente car depuis 1973), la variabilité n'est pas encore bien connue et seulement la génétique ayant rapport à la qualité du fruit et à l'absence d'épines sur les stipes est déchiffrée.

Une collaboration entre les différents centres de recherche de la zone latino-américaine existe.

▪ ***Euterpe oleracea Mart.*** ^(33,37) :

Tout comme l'espèce précédente, l'intérêt est surtout porté à l'industrie du cœur de palmier cependant l'extraction demeure encore sauvage et destructrice du stipe. La production d'huile reste encore artisanale.

▪ ***Orbignya phalerata Mart.*** ^(33,37) :

Concernant cette espèce, il est difficile de quantifier sa valeur économique tant la production, si elle ne sert pas à alimenter la population indigène, est réalisée au sein de petites unités très localisées.

Même si le marché potentiel existe (surtout au Brésil), les industriels boudent encore cette huile et lui préfèrent les huiles de coco et de palme plus compétitives.

Du point de vue connaissance génétique, elle est quasi inexistante.

▪ *Astrocaryum vulgare Mart.* ^(33,38):

C'est un palmier à grand potentiel. On voue un intérêt principalement à ses fruits. La production d'huile est encore artisanale et sert à l'autoconsommation.

▪ *Jessenia bataua Mart.* ^(33,34) :

Même si on s'y est intéressé depuis plus de 15 ans, l'espèce ne fait pas vraiment l'objet de projets de recherche génétique et comme précédemment la production est marginale et nourrit la population locale.

▪ *Acrocomia lasiospatha Wall* ^(33,39,40) :

A l'heure actuelle, il n'existe pas d'exploitation à grande échelle de l'espèce et la recherche génétique est toujours au point mort.

▪ *Mauritia flexuosa L.f.* ^(33,41) :

Bien qu'étant un palmier intéressant, cette espèce comme les autres manque aujourd'hui de fonds afin de lancer un programme de recherche.

De l'étude bibliographique menée au sein de ce premier chapitre, il ressort qu'en dehors des huiles de palme, la plus connue et la plus importante en terme de production, de palmiste et de coprah, des huiles d'autres espèces de palmiers particulièrement endémiques à la zone latino-américaine mériteraient une attention particulière car elles sont intéressantes du point de vue de leur rendement, de leur composition en acides gras et de leur teneur en matières insaponifiables. Aujourd'hui, seulement 3 espèces de palmiers font déjà l'objet d'une domestication avancée (*Elaeis oleifera*, *Euterpe oleracea* et *Bactris gasipaes*) et pas toujours en raison de la qualité de leurs huiles.

C'est pourquoi, pour à nouveau mettre en exergue l'importance des huiles dans le cadre d'une domestication de quelques palmiers amazoniens, nous avons effectué une caractérisation des huiles de 8 espèces de palmiers moyennant l'étude de leur fraction glycéridique et de leur matière insaponifiable.

***CHAPITRE II : ETUDE PHYTOCHIMIQUE DES
HUILES DE PULPE***

De l'étude bibliographique précédente, il semble que certains palmiers endémiques à la zone tropicale latino-américaine soient dignes d'intérêt, que ce soit en raison de leurs potentiels agronomique et alimentaire, ou de leurs vertus en médecine traditionnelle ; le choix particulier porté sur 8 espèces de palmiers tient compte à la fois de leur localisation géographique et de leur potentiel alimentaire ou traditionnel. De ces espèces, deux types d'huiles peuvent être extraits suivant qu'il s'agit du mésocarpe ou de l'amande. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons principalement à la caractérisation et à la détermination des différents composés des huiles de pulpe.

II-1. ECHANTILLONNAGE.

II-1-1. PRESENTATION DES SITES DE RECOLTE.

L'échantillonnage a été effectué en GUYANE (Fig. II-1), département français d'Outre-mer de 90 000 km², situé sur le continent sud-américain entre 2° et 5° de latitude Nord. Le climat y est équatorial avec une température moyenne annuelle d'environ 26°C et des cumuls pluviométriques dépassant les 3000 mm par an. La forêt tropicale humide constitue la principale végétation (98% du territoire) ; les 2% restants étant constitués de mangroves, savanes et marais (littoral), et d'« inselbergs » ou savanes roches (intérieur). Les 8 sites ainsi que les données concernant la date de récolte et le milieu dans lequel évolue l'espèce ont été répertoriés et sont présentés dans le tableau II-1.

II-1-2. CONDITIONS DE RECOLTE.

Le choix des dates de récolte a été majoritairement déterminé en fonction de la période de fructification de chacune des espèces retenues. Le rendement en huile et l'acidification de l'huile produite dépendent directement, en plus des caractéristiques intrinsèques de la variété impliquée, des conditions de récolte : degré de maturité des fruits, fraîcheur du régime, présence ou absence des fruits détachés, propreté des régimes, brutalité des manutentions,...

Ainsi, la récolte a été effectuée sur des fruits mûrs, cueillis directement sur l'arbre et le stockage réalisé à l'abri de l'air, de l'humidité, de la lumière et à basse température (sacs hermétiques placés dans des glacières) afin d'inhiber les processus d'activité enzymatique responsables des phénomènes de dégradation biochimique des triglycérides par les lipases, et les phénomènes d'oxydation. La conservation des fruits, du lieu de récolte jusqu'au laboratoire, a été réalisée à -18°C . A l'échelle industrielle, ces activités enzymatiques sont stoppées, juste après la récolte, grâce à une stérilisation des régimes. Cette dernière s'opère à vapeur saturée entre 2,5 et 3 bars pendant un temps de maintien en température de l'ordre de 25 à 45 mn.

ESPECES	LIEU	DATE DE RECOLTE	MILIEU VEGETATIF
<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	« Savanes MATITI » (KOUROU)	Mai 99	Savanes, végétation basse
<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	« Corossony » (SINNAMARY)	Mai 99	Savanes côtières
<i>BACTRIS GASIPAES</i>	REGINA	Avril 99	Zone cultivée
<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	« Organabo » (MANA)	Mai 99	Forêt marécageuse
<i>EUTERPE OLERACEA</i>	Fleuve Approuague (REGINA)	Novembre 98	Berges marécageuses
<i>JESSENIA BATAUA</i>	« Organabo » (MANA)	Novembre 98	Forêt secondaire
<i>MAXIMILANA MARIPA</i>	MONTJOLY	Avril 99	Lisière de forêt
<i>OENOCARPUS BACABA</i>	REMIRE	Novembre 98	Forêt secondaire

Tableau II-1 : Présentation des sites de récolte.

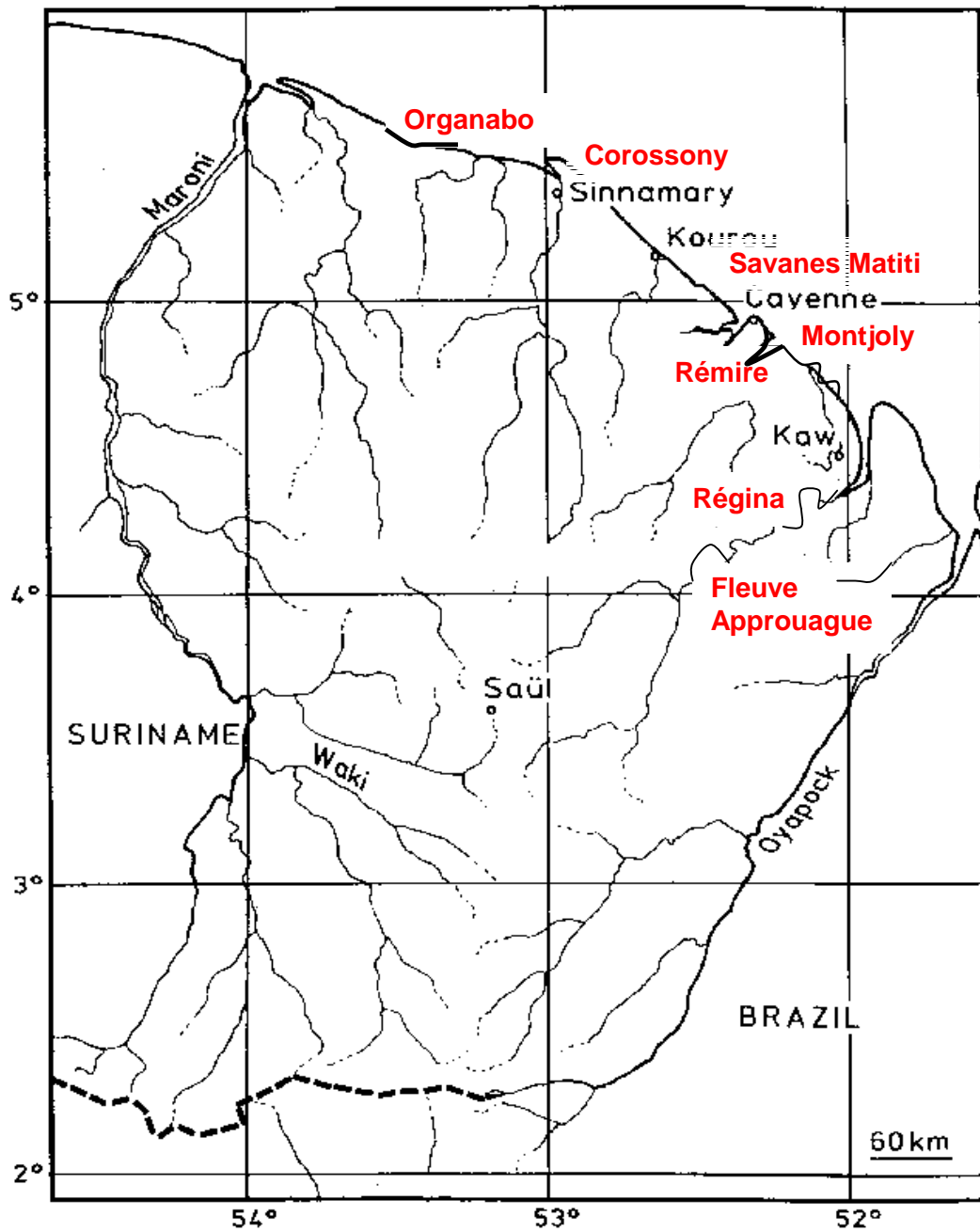


Fig. II-1 : Localisation des sites de récolte.

II-1-3. TENEUR EN PULPE ET AMANDE DES FRUITS DE PALMIERS.

Pour chacune des espèces récoltées, le poids moyen du fruit sec, la répartition pulpe/amande et le taux d'humidité moyen ont été déterminés. Pour la détermination de la teneur en pulpe par rapport au fruit, étant donnée la difficile séparation de l'épicarpe du mésocarpe, nous avons donc pris en compte le poids de l'épicarpe dans le calcul du pourcentage de « pulpe ».

Certaines espèces telles que l'*Euterpe oleracea*, l'*Oenocarpus bacaba* présentent une amande difficilement visible voire extractible. Le fruit de l'espèce *Jessenia bataua*, lui, présente un embryon au sein de son endocarpe. Le fruit de l'espèce *Bactris gasipaes* que nous avons présenté sous deux formes dans le tableau II-2 a une particularité. Suivant les écotypes, il peut ou non posséder un noyau (en général 5% de l'ensemble des fruits) d'où les différentes pesées réalisées pour la même espèce. Dans le cas de l'espèce *Maximiliana maripa*, le poids de la pulpe ne tient compte que de la partie charnue et blanchâtre du mésocarpe et non de la partie fibreuse du mésocarpe et de la cupule. La moyenne des pesées pour chaque espèce conduit aux résultats présentés dans le tableau II-2.

Les fruits les plus gros sont l'*Astrocaryum vulgare* et le *Maximiliana maripa* puisqu'ils pèsent approximativement 20 g alors que les fruits les plus petits (*Euterpe oleracea* et *Oenocarpus bacaba*) pèsent respectivement 1 g et 2 g.

L'espèce *Bactris gasipaes* présente le fruit le plus charnu puisque la pulpe représente de 81 à 100 % du fruit. Ensuite vient l'*Acrocomia lasiospatha* (55%). Les espèces ayant les teneurs en pulpe les plus petites sont l'*Euterpe oleracea* (18,7%) et le *Maximiliana maripa* (13,8%). L'espèce *Astrocaryum vulgare* présente, de loin, l'amande la plus grosse (4 g) ; et ce sont les espèces *Astrocaryum vulgare* (20%) et *Elaeis oleifera* (19%) qui présentent des ratios amande/fruit parmi les plus importants.

D'une façon générale, les fruits des espèces retenues présentent un taux d'humidité assez élevé puisque la teneur en eau oscille entre 37 et 73% suivant les espèces.

ESPECES	ACROCOMIA LASIOSPATHA	ASTROCARYUM VULGARE	BACTRIS GASIPAES		ELAEIS OLEIFERA	EUTERPE OLERACEA	JESSENIA BATAUA	MAXIMILIANA MARIPA	OENOCARPUS BACABA
			(1)	(2)					
Poids moyen du fruit (g)	12,6 ± 0,2	20,1 ± 2,3	6,7 ± 0,8	3,1 ± 0,7	3,9 ± 0,4	1,0 ± 0,1	7,1 ± 0,5	20,1 ± 3,4	2,0 ± 0,1
Masse pulpe (g)	6,9 ± 0,5	8,1 ± 0,4	6,7 ± 0,8	2,5 ± 0,7	1,0 ± 0,2	0,2 ± 0,1	2,6 ± 0,3	2,7 ± 0,4	0,8 ± 0,1
Masse amande (g)	1,0 ± 0,1	4,0 ± 0,8	-	0,3 ± 0,1	0,8 ± 0,1	-	-	1,7 ± 0,6	-
Masse noyau (g)	5,7 ± 0,4	12,0 ± 2,1	-	0,6 ± 0,1	2,9 ± 0,3	0,8 ± 0,1	4,5 ± 0,3	11,6 ± 2,4	1,2 ± 0,1
Taux d'humidité moyen du fruit (%)	54 ± 1	38 ± 10	45 ± 1	73 ± 5	40 ± 2	44 ± 6	39 ± 6	47 ± 1	37 ± 5

(1) sans noyau

(2) avec noyau

Tableau II-2 : Teneur et composition des fruits de palmiers étudiés.

II-2. EXTRACTION ET CARACTERISATION DES HUILES DE PULPE.

II-2-1. COMPOSITION DES HUILES VEGETALES : RAPPEL.

Les corps gras d'origine végétale sont essentiellement des glycérides (98-99 %). Une fraction quantitativement mineure, appelée fraction insaponifiable, est également présente dans ces corps gras. D'autres composés n'appartenant pas à ces deux catégories peuvent y être présents dans de faibles proportions : les phospholipides, les cériques, les chlorophylles et les produits d'altération, issus de la dégradation des triglycérides durant le stockage.

a) Les glycérides.

Les glycérides (Fig. II-2) sont des esters formés à partir d'acides gras (C_{12} à C_{22}) et de glycérol. Les graisses et les huiles ne sont pas des glycérides simples. Elles contiennent un certain nombre d'acides gras différents ou non, distribués plus ou moins au hasard parmi les différentes molécules de glycérides. Ce qui leur confère des propriétés physiques, une réactivité chimique et un comportement physiologique bien spécifiques.

La fraction glycéridique des corps gras d'origine végétale renferme en majeure partie des triglycérides (les acides gras estérifiant le glycérol pouvant être de diverses natures : chaîne hydrocarbonée (R), plus ou moins longue, plus ou moins insaturée), mais des mono et diglycérides, ainsi que des acides gras (Fig. II-3), y sont présents en faibles quantités.

b) Les phospholipides.

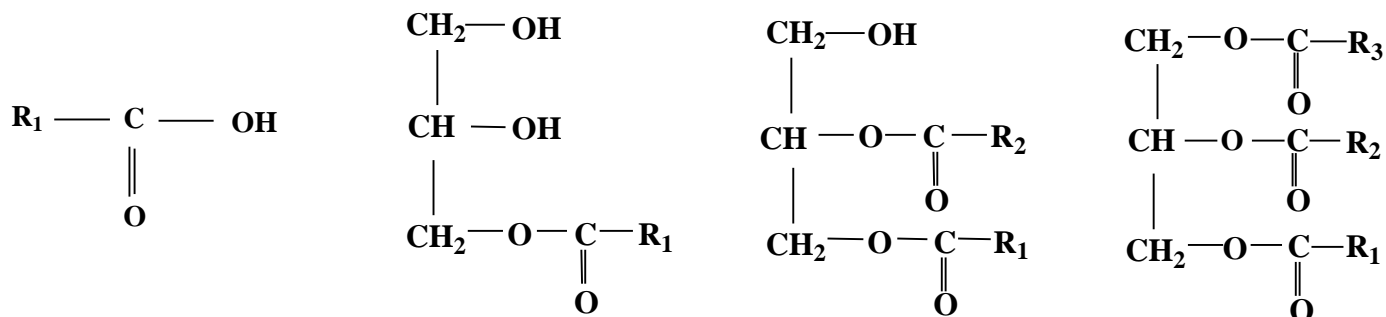
Les phospholipides (phosphatides), présents dans les corps gras végétaux bruts (jusqu'à 2% de certaines huiles), sont essentiellement des phosphoglycérides (c'est à dire des dérivés du phosphoryl 3 glycérol), des sphingolipides (dérivés de la phytosphingosine) et des phospholipides comportant en outre des motifs glucidiques (glucolipides).

c) Les cérides.

Les cérides sont des esters d'acides gras et de mono (éventuellement di) alcools de masse moléculaire suffisamment élevée pour que ces alcools soient insolubles dans l'eau. Aussi, parmi eux, on compte : les cires naturelles (esters d'acides gras et mono alcools aliphatiques), les stérides (esters de stérols, de méthyl-stérols ou d'alcools triterpéniques), les caroténocérides (esters d'acides gras et d'hydroxycaroténoïdes ou xanthophylles),...

d) La fraction insaponifiable

Elle représente 0,2 à 2% d'un lipide non raffiné. Ses constituants chimiques sont extrêmement variés en nature et en proportions. Les principaux sont des hydrocarbures divers, des composés terpéniques (alcools triterpéniques, 4-méthylstérols, stérols,...), des alcools gras, des vitamines liposolubles (vitamines A, D, E (tocophérols et tocotriénols)) et des constituants extrêmement divers.



Acide gras

Monoglycéride

Diglycéride

Triglycéride

R : chaîne hydrocarbonée

Fig. II-2 : Quelques constituants de la fraction glycéridique.

- **Acide oléique** C_{18:1} :
CH₃ - (CH₂)₇ - CH = CH - (CH₂)₇ - COOH
- **Acide linoléique** C_{18:2} :
CH₃ - (CH₂)₄ - CH = CH - CH₂ - CH = CH - (CH₂)₇ - COOH
- **Acide linoléique** C_{18:3} :
CH₃ - CH₂ - CH = CH - CH₂ - CH = CH - CH₂ - CH = CH - (CH₂)₇ - COOH

Fig. II-3 : Quelques exemples d'acides gras insaturés (doubles liaisons cis).

II-2-2. DETERMINATION DES CONDITIONS D'EXTRACTION.

A l'échelle industrielle, les différentes étapes succédant à la récolte sont :

- la *stérilisation* (inhibition des processus de dégradation des huiles par catalyse enzymatique).
- l'*égrappage* (opération par laquelle on sépare, par chocs répétitifs, les fruits de la rafle).
- le *malaxage* (préparation des fruits à l'opération de pressage par réchauffement à la température la plus proche de 100°C)
- l'*extraction*
- et le *raffinage* qui comprend principalement : la neutralisation (élimination des acides gras libres par entraînement à la vapeur ou neutralisation à la soude), la décoloration (élimination des pigments colorés par adsorption) et la désodorisation (élimination des substances volatiles responsables de l'odeur et du goût et des produits de dégradation à haute température).

L'opération d'extraction peut se réaliser suivant différents procédés : soit mécanique soit chimique. Industriellement, c'est le procédé par pressage au sein de presses continues à vis qui est le plus universellement utilisé car il est simple, continu et économique même s'il offre un moindre rendement et ne limite pas la présence d'impuretés (débris cellulaires, lécithines,...). L'autre méthode d'extraction fait, elle, appel à un solvant organique apolaire ou polaire. D'un point de vue qualitatif et quantitatif, elle est à préférer car, même si elle s'avère plus onéreuse que les procédés mécaniques, elle est plus avantageuse et conduit à une huile de bonne qualité, critère important dans le cas d'une caractérisation de la matière lipidique extraite. Sachant que les lipides sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans les solvants peu ou pas polaires, il a fallu choisir un solvant sélectif vis à vis des huiles désirées, comme l'hexane, le cyclohexane, l'éther de pétrole ou les solvants aromatiques (benzène, toluène,...). L'éther de pétrole, mal défini au sens chimique et conduisant à des résultats moins reproductibles, a été écarté ; de même pour les solvants aromatiques en raison de la haute toxicité de leur noyau benzénique. L'extraction à l'hexane étant la plus utilisée, car normalisée (norme AFNOR NF V 03-905⁽⁴²⁾), c'est celle-ci qui a été choisie.

A l'échelle du laboratoire, les pulpes des fruits ont été broyées afin de permettre l'éclatement des cellules oléifères puis placées dans la cartouche d'extraction en cellulose. Les extractions des huiles ont été réalisées à l'aide d'hexane, utilisant la méthode au Soxhlet. Après filtration et évaporation du solvant, les huiles ont été conservées au réfrigérateur à +4°C pour des manipulations ultérieures. Pour chacune des espèces étudiées, différents temps d'extraction, de 1 heure à 4 heures, ont été testés afin de déterminer les conditions optimales d'extraction, d'une part en terme de rendement, et d'autre part en terme de qualité des huiles. Pour chacune des espèces, les résultats obtenus, sont présentés dans le tableau II-3.

Les espèces *Euterpe oleracea* et *Acrocomia lasiospatha* présentent les plus faibles rendements en huile par rapport à la pulpe (de 8 à 9%). Alors que les espèces *Oenocarpus bacaba* et *Bactris gasipaes* sont les plus intéressantes puisqu'elles permettent d'obtenir un rendement de l'ordre de 30%.

A titre de comparaison⁽³³⁾, le mésocarpe du palme (*Elaeis guineensis*) a une teneur en huile comprise entre 40 et 60 % ; celle du mésocarpe de l'olive se situe entre 15 et 40 %. On peut conclure que les rendements obtenus pour les espèces étudiées restent tout à fait conformes à ceux obtenus pour ce type de corps gras végétaux. De plus, des écarts plus ou moins significatifs par rapport aux résultats obtenus dans la littérature⁽¹¹⁻²⁴⁾ montrent bien que le rendement en huile dépend aussi des caractères physiologiques intrinsèques à la variété.

Le rendement en huile n'évoluant peu ou pas entre 2 et 4 heures d'extraction, ce résultat permet de considérer que la totalité de l'huile est extraite au bout de 2 heures, temps d'extraction qui sera retenu pour la suite de l'étude. Dans le cas particulier de l'espèce *Bactris gasipaes* où le rendement augmente de 10 % entre 1 et 4 heures d'extraction, on ne peut pas expliquer cette hausse uniquement par une extraction plus importante de matières glycéridiques.

L'aspect qualitatif des huiles obtenues, incorporant les critères de couleur et d'odorat, est présenté dans le tableau II-4.

Remarque : Des essais complémentaires impliquant des extractions réalisées avec le cyclohexane plutôt que l'hexane (très peu recommandé en raison de la nocivité de l'un de ses isomères (n-hexane)(ANNEXE)) nous a permis de conclure à l'équivalence des deux solvants en terme d'extraction. Le cyclohexane sera utilisé dans la suite de l'étude.

ESPECES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>EUTERPE OLERACEA</i>	<i>JESSENIA BATAUA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>
Rendement*								
Temps d'extraction:								
1 h	7,8	14,0	22,8	9,2	7,8	10,6	14,2	27,6
2 h	8,3	14,4	27,5	11,1	9,4	10,5	13,6	28,4
3 h	9,3	14,4	28,6	11,2	9,2	10,8	13,6	28,9
4 h	8,9	16,5	31,2	13,3	8,9	10,6	13,6	29,0

* moyenne de 3 essais (% par rapport à la matière sèche ; $\Delta \pm 0.9\%$)

Tableau II-3 : Rendement d'extraction à l'hexane des huiles de pulpe.

ESPECES	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>EUTERPE OLERACEA</i>	<i>JESSENIA BATAUA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>
Couleur	Jaune orangé à orange rouge	Vert foncé	Jaune ocre	Vert foncé	Orange	Orange	Rouge orangé	Jaune verdâtre
Odeur	Très agréable	Pas d'odeur particulière	Agréable	Agréable	Agréable	Désagréable	Très agréable	Pas d'odeur particulière

Tableau II-4 : Aspect qualitatif des huiles extraites de pulpe.

II-2-3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES.

Les caractéristiques physico-chimiques des huiles étudiées, en particulier, la masse volumique, le point de fusion, les indices de réfraction, d'acide, de peroxyde ainsi que la teneur en matières insaponifiables ont été déterminés selon des méthodes normalisées par l'AFNOR ⁽⁴²⁾.

a) Masse volumique.

La masse volumique d'une huile (ou « densité ») désigne le quotient de la masse de l'huile par son volume. Elle s'exprime en g par ml. Sa mesure est intéressante, à titre indicatif sur le plan commercial, pour se représenter en poids un volume d'huile transportée en vrac. Les huiles étudiées ayant des points de fusion entre 20°C et 30°C ; la détermination de la masse volumique a été effectuée à la température de référence de 40°C. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau II-5. Pour 6 des 8 espèces étudiées, les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur ; la masse volumique de ces huiles étant comprises entre 0,91 et 0,94. L'*Elaeis oleifera* est l'espèce qui présente le résultat le plus proche de l'huile de palme, ce qui est logique car étant sa vicariante africaine. L'espèce *Euterpe oleracea*, elle, fournit une huile d'une densité plus élevée que les autres huiles, puisque légèrement supérieure à 1. En plus des caractéristiques intrinsèques à chaque variété, la présence de matières étrangères due à une extraction prolongée pourrait expliquer les densités plus élevées observées par rapport à celles des huiles plus traditionnelles.

b) Indices de réfraction

L'indice de réfraction est particulièrement utile car il renseigne sur l'état de dégradation d'une huile. En effet, la présence d'acides gras libres abaisse fortement l'indice de réfraction. Etant donnés les points de fusion élevés des huiles entre 25°C et 40°C⁽¹³⁾, les indices de réfraction ont été aussi mesurés à la température de 40°C.°

Les résultats sont regroupés dans le tableau II-5. Les indices de réfraction mesurés pour ces huiles de pulpe présentent de grandes similitudes (indices compris entre 1,451 et 1,459). Ils sont d'ailleurs tout à fait comparables à ceux de l'huile de palme (1,449-1,456)⁽⁴³⁾.

c) Indice d'acide.

L'indice d'acide (I.A.) correspond à la teneur en acides gras libres contenus dans l'huile. Cette caractéristique rend compte de l'état de dégradation d'une huile dans la mesure où les acides gras libres sont des produits de dégradation et plus particulièrement d'hydrolyse des triglycérides, constituants majoritaires de l'huile. C'est la quantité de KOH en milligrammes nécessaire pour neutraliser l'acidité contenue dans 1 g de corps gras. La détermination de cet indice a été réalisée sur la base de 3 essais pour chaque espèce suivant la norme AFNOR NF T 60-204 ⁽⁴²⁾ et les résultats obtenus sont donnés dans le tableau II-5.

On peut noter qu'avec les précautions prises pour le transport et le stockage, la formation d'acides gras libres est négligeable puisque l'I.A. est d'environ 5 pour 6 des 8 espèces retenues et que ces indices sont en parfait accord avec ceux obtenus pour certaines espèces dans la littérature ^(13,15,16). Cependant, les valeurs plus élevées relevées pour les espèces *Elaeis oleifera* et *Bactris gasipaes* témoignent bien de l'instabilité des huiles et sont sans doute dues à une dégradation résultant des mauvaises conditions de notre échantillonnage.

Des essais supplémentaires ont été menés sur 2 espèces (*Astrocaryum vulgare* et *Bactris gasipaes*) pour confirmer cette hypothèse. En effet, en effectuant la cueillette des fruits en les maintenant sur la rafle d'origine, on obtient de meilleurs résultats car on évite toute contamination microbienne et par conséquent toute dégradation ultérieure. Les indices d'acide alors relevés sont inférieurs et sont respectivement égaux à 3,3 et 22,4 au lieu de 4,2 et 49.

d) Indice de peroxyde.

On entend par indice de peroxyde d'un corps gras, le nombre de microgrammes d'oxygène actif contenu dans un gramme de produit capable d'oxyder l'iodure de potassium avec libération d'iode. Sa détermination opérée suivant la norme AFNOR NF T 60-220 ⁽⁴²⁾ reflète l'état d'oxydation de l'huile. Cet indice permet de prévoir une détérioration ultérieure des qualités organoleptiques de l'huile mais ne renseigne absolument pas sur le passé oxydatif de l'huile.

Industriellement, c'est par le raffinage (désodorisation) que sont exclus les composés volatils ou non, responsables des mauvaises saveurs d'une huile et c'est pourquoi un corps gras fraîchement raffiné, en général, a un indice de peroxyde inférieur à 1 meq/kg d'huile. Mais il n'est pas rare de trouver des huiles ayant des indices supérieurs à 10 meq/kg et qui ne présentent pas de défauts sensoriels.

La détermination de l'indice de peroxyde a été réalisée sur la base de 3 essais par espèce et le tableau II-5 regroupe les résultats obtenus. Dans notre cas, les indices de peroxyde mesurés sur des huiles brutes sont faibles puisque presque tous inférieurs à 10 meq/kg d'huile ; ce qui traduit un état non avancé d'oxydation des huiles. L'exception est faite pour les espèces *Oenocarpus*, *Euterpe* et *Acrocomia* qui présentent des valeurs plus élevées. De mauvaises conditions de stockage permettant une dégradation oxydante des triglycérides et les structures particulièrement fines de certains mésocarpes des fruits pourraient expliquer ces différences de mesures.

e) Teneur en matières insaponifiables : détermination et optimisation.

On entend par matières insaponifiables d'un corps gras, l'ensemble des produits présents après saponification de celui-ci par un hydroxyde alcalin, extraction par un solvant spécifique et élimination de ce dernier. Cet ensemble est formé par des constituants naturels extraits de matières grasses tels les stérols, les tocophérols, les alcools aliphatiques supérieurs, les pigments et les hydrocarbures naturels. Les conditions d'obtention des matières insaponifiables et leur dosage, réalisé selon la norme AFNOR NF T 60-205⁽⁴²⁾, sont donnés en partie expérimentale..

La teneur en matières insaponifiables (T.I.) a été déterminée en effectuant la moyenne de 3 mesures pour chaque espèce. On a aussi étudié l'évolution de cet indice en fonction des durées d'extraction employées pour chaque huile. Les résultats sont conciliés dans le tableau II-5.

Les teneurs en matières insaponifiables déterminées sont relativement communes à celles concernant l'huile de palme (teneur comprise entre 0,5 et 1,2 %) et celles relevées dans la littérature^(12-16,20) pour ce type d'espèces végétales (de l'ordre de 0,5 à 4 %). De façon générale, on n'observe pas de baisse significative de la teneur en matières insaponifiables pour des temps d'extraction allant de 1 h à 4 h. Le cas échéant, notamment pour les espèces *Astrocaryum vulgare* et *Oenocarpus bacaba*, la baisse très importante enregistrée au fur et à mesure que la durée d'extraction augmente peut s'expliquer soit par une dégradation partielle des composés insaponifiables, soit par une augmentation des composés non glycéridiques extraits (pigments, chlorophylle, ...). Cette seconde hypothèse semble la plus probable, dans la mesure où la baisse de la teneur en insaponifiables est effective dès la seconde heure d'extraction, durée relativement faible pour engendrer une dégradation.

ESPECES								
Indices physico-chimiques	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>EUTERPE OLERACEA</i>	<i>JESSENIA BATAUA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>
Masse volumique⁽¹⁾	0,94	0,94	0,94	0,91	1,03	0,96	0,93	0,93
Indices de réfraction⁽²⁾	1,459	1,457	1,456	1,455	1,451	1,459	1,451	1,457
Indice d'acide⁽³⁾	5	4,2	49	20	6,6	2,4	5	5,5
Indice de peroxyde⁽⁴⁾	19,8	4,4	5,2	2,6	30,3	7,4	4,1	14,9
T.I.⁽⁵⁾ :								
1 h	1,7	1,5	0,6	1,2	4,0	1,4	1,2	0,8
2 h	1,7	0,9	0,5	1,0	3,6	1,4	0,9	0,5
3 h	1,7	0,7	0,4	1,0	2,6	1,4	1,0	0,5
4 h	1,8	0,3	0,4	1,4	2,5	1,3	1,0	0,2

(1) exprimée en g/ml ; moyenne de 4 déterminations ($\Delta = \pm 0,02$)

(2) moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,001$)

(3) exprimé en mg KOH/g d'huile ; moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,3$)

(4) exprimé en méqO₂/kg d'huile ; moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,05$)

(5) teneur en insaponifiables (% par rapport à la matière lipidique extraite) ; moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,1$)

Tableau II-5 : Indices physico-chimiques des huiles de pulpe des 8 espèces de palmiers retenues.

II-2-4. COMPOSITION EN ACIDES GRAS.

L'analyse est réalisée après dérivation des acides gras en esters méthyliques correspondants. En effet, la transestérification par le méthanol permet d'obtenir ces dérivés méthyliques après saponification des glycérides du corps gras, puis estérification des acides gras libérés, par le méthanol en présence de bore. Le protocole de cette technique opérée selon la norme AFNOR NF T 60-233⁽⁴²⁾ et les conditions d'analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG) sur colonne capillaire DB-5-MS sont précisés dans la partie expérimentale. Les compositions en acides gras de chacune des huiles sont rassemblées dans le tableau II-6.

En analysant les compositions des huiles de pulpe extraites, celle de l'espèce *Maximiliana maripa* se distingue des autres.

a) L'espèce *Maximiliana maripa*.

Par comparaison avec les autres huiles, les acides gras saturés y sont présents en forte proportion puisqu'ils représentent 52% du total des acides (principalement les acides gras à chaîne moyenne C₁₂, C₁₄ et l'acide palmitique C₁₆). Le principal acide gras insaturé est l'acide oléique (environ 40% de l'ensemble des acides gras). L'acide linoléique (à teneur de 6%) est le seul acide gras polyinsaturé présent.

b) Autres espèces.

Ces huiles, de par leur composition en acides gras, ne peuvent être en aucun cas considérées comme lauriques comme les huiles de coprah et palmiste, ou voisines de l'huile de palme africaine⁽¹⁰⁾. Leur composition se rapprocherait plus de celle de l'huile d'olive. En effet, ces huiles de pulpe possèdent toutes un fort pourcentage d'acides gras insaturés (entre 65% et 80% des acides gras présents) où l'acide oléique est prépondérant (entre 58% et 75%); notamment dans le cas de l'espèce *Jessenia bataua* qui présente le taux le plus élevé en acide oléique (74%).

L'acide palmitique est ensuite le plus représenté des acides gras saturés puisqu'il compose les huiles entre 17 et 32 %.

Les pourcentages en acides gras polyinsaturés, plus particulièrement en C_{18:2} et C_{18:3}, sont relativement faibles (entre 3 et 6 %) sauf pour les espèces *Euterpe oleracea* et *Oenocarpus bacaba* où ils avoisinent respectivement 13 % et 9 %.

Les résultats obtenus sont en accord avec la littérature^(10-17,19,20,22-24). A partir des compositions en acides gras définies précédemment, plusieurs voies de valorisation des huiles de pulpe sont possibles :

- Si on considère l'usage alimentaire direct : les acides gras saturés favorisant les accidents cardio-vasculaires à cause de leur effet hypercholestérolémiant et les problèmes liés au vieillissement, la présence d'acides gras mono et poly-insaturés en grande quantité, dans un régime alimentaire, est intéressante. D'autre part, plusieurs pathologies digestives et hépatobiliaires, et l'ostéoporose peuvent être prévenues ou diminuées par la consommation de quantités suffisantes de graisses insaturées⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾.
- Du point de vue non-alimentaire, dans le domaine de la lipochimie⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾, plusieurs valorisations peuvent être envisagées :
 - dans la savonnerie : une certaine quantité de chaînes poly-insaturées est indispensable dans la structure de base des savons liquides.
 - dans l'industrie des tensio-actifs : la demande est croissante concernant la création pour la détergence de tensio-actifs sur base d'acides gras insaturés, notamment à partir du "tournesol oléique"⁽⁵¹⁾.

- dans l'industrie des lubrifiants industriels : les acides gras mono-insaturés sont très appréciés en raison de leur fluidité importante, leur oxydabilité plus faible et leur grande stabilité.
- et dans la cosmétologie : les acides gras insaturés constituent la base de nouvelles molécules ⁽⁵²⁾.

ESPECES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>EUTERPE OLERACEA</i>	<i>JESSENIA BATAUA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>
Acides gras								
% Acide gras saturés* :								
C _{12:0}	-	-	-	-	0,9	-	13,0	0,9
C _{14:0}	Tr	-	-	Tr	Tr	-	18,7	3
C _{16:0}	19,3	25,3	31,3	22,0	18,9	19,4	18,6	17,2
C _{18:0}	5,3	1,6	3,4	3,9	0,7	0,6	1,8	2,1
C _{20:0}	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Total acides gras saturés	24,6	26,9	34,7	25,9	20,5	20,0	52,1	28,4
% Acides gras insaturés :								
C _{16:1}	1,4	0,4	2,9	Tr	2,4	1,7	Tr	2,4
C _{18:1}	70	67,1	58,6	70,2	64,0	74,3	41,5	60,2
C _{18:2}	2,5	3,1	3,1	2,5	10,1	4,0	5,8	6,0
C _{18:3}	Tr	2,5	Tr	0,5	3	Tr	Tr	3,0
Total acides gras insaturés	73,9	73,1	64,6	73,2	79,5	80,0	47,3	71,6

* % par rapport aux acides gras dosés. Moyenne de 2 essais pour 2 estérifications différentes ($\Delta = \pm 1 \%$) ; Tr : traces (< 0,5 %)

Tableau II-6 : Composition en acides gras des huiles de pulpe.

II-3. ETUDE DE LA FRACTION INSAPONIFIABLE DES HUILES DE PULPE.

La fraction insaponifiable ou « insaponifiable » d'un corps gras donné comprend l'ensemble de ses constituants qui, après hydrolyse basique (saponification), sont très peu solubles dans l'eau et solubles dans les « solvants des graisses » tels que l'éther diéthylique, hydrocarbures aliphatiques, solvants chlorés, hydrocarbures aromatiques.

Elle représente environ de 0,2 à 2% d'un lipide non raffiné, la moyenne se situant aux environs de 1%, bien que l'on rencontre des proportions pouvant aller exceptionnellement jusqu'à 10%.

Les constituants chimiques de l'insaponifiable peuvent être extrêmement variés en nature et en proportions. Ce sont des hydrocarbures divers (hydrocarbures aliphatiques saturés et insaturés, triterpéniques, ou tétraterpéniques, ...), des composés terpéniques (alcools triterpéniques, 4 méthyl-stérois et des stérois,...), des alcools gras, des vitamines liposolubles et des constituants extrêmement divers rencontrés en faible quantité.

Ils confèrent souvent aux corps gras certaines propriétés pharmacologiques et cosmétologiques spécifiques et rentrent dans la composition de laits démaquillants, de soins restructurants et de crèmes nutritives contre le vieillissement. Certains produits incorporent des insaponifiables totaux en cosmétologie ⁽⁵²⁻⁵⁵⁾. Ces composés insaponifiables sont aussi bien recommandés dans l'alimentation ^(56,57) qu'en médecine, pour leurs activités anti-cancéreuses ^(58,59) et/ou anti-inflammatoires ^(60,61).

II-3-1. IDENTIFICATION SOMMAIRE DES CONSTITUANTS DE L'INSAPONIFIABLE.

L'isolement de l'insaponifiable des huiles est réalisé suivant la norme AFNOR NF T 60-205 ⁽⁴²⁾ et les différentes classes de constituants de cet insaponifiable sont séparées par chromatographie sur couche mince (CCM) car cette méthode s'avère la plus efficace pour séparer des constituants de polarités différentes. Le protocole est donné en partie expérimentale.

De façon générale, suivant les différents R_f (Tableau II-7), on observe pour chacune des espèces étudiées la présence de stérols, d'alcools triterpéniques, de tocophérols, d'hydrocarbures et de caroténoïdes. Cependant, la CCM étant trop sommaire, elle est souvent complétée par une analyse par CPG ou par HPLC (chromatographie liquide à haute performance) couplée ou non à la spectrométrie de masse (SM) des constituants à doser.

R_f	Composés
0,12	Stérols
0,25	Méthyl-stérols
0,38	Alcools triterpéniques
0,40	Tocophérols, tocotriénols
0,68	α - tocophérol
0,85	Hydrocarbures, caroténoïdes

Tableau II-7 : R_f des différents constituants de l'insaponifiable.

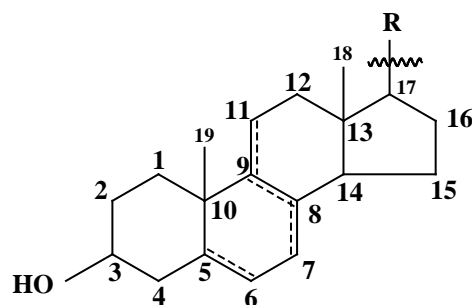
II-3-2. ETUDE DES STEROLS.

Les stérols (Fig. II-4) sont des composés tétracycliques comportant le plus souvent 27, 28 ou 29 atomes de carbone. Le noyau tétracyclique possède le plus souvent une double liaison fréquemment en 5, mais que l'on peut rencontrer en 7, beaucoup plus rarement en 8(9), en 8(14) ou en 9(11). Les groupes méthyle 18 et 19, la fonction alcool en 3 et la chaîne latérale en 17 sont en configuration β . La chaîne latérale qui peut être saturée ou comporter une ou deux doubles liaisons possède 8, 9 ou 10 atomes de carbone. Les stérols représentent en général une part notable de l'insaponifiable : de 30 à 60%. La détermination de la composition stérolique d'une huile végétale constitue un critère important d'identification de son origine botanique : généralement, des plantes appartenant à une même famille botanique présentent la même composition qualitative pour les stérols. Par contre, l'espèce, la race sont différenciées par des compositions quantitatives différentes.

Afin d'étudier les différents stérols composant les huiles extraites de pulpe, il a fallu préalablement procéder à plusieurs opérations :

1/ un fractionnement de l'insaponifiable par CCM préparative, selon la norme AFNOR NF T 60-232 ⁽⁴²⁾. Le principe est le même que celui décrit au § II-3-1 sauf que le fractionnement a été opéré sur plaque de silice à support de verre. La bande correspondant aux stérols a été isolée et les stérols à l'aide dans le chloroforme.

2/ Etant donnée la relative polarité des stérols, pour s'assurer de leur plus grande stabilité, leur dérivation en triméthylsilyléther a été nécessaire. L'analyse des composés obtenus a été réalisée par chromatographie CPG couplée à un spectromètre de masse. Les conditions opératoires sont données en partie expérimentale.



Nom	Δ	R
Cholestanol	-	a
Ergostanol (24R)	-	e
Ergostanol (24S)	-	e
Stigmastanol (24R)	-	h
Cholestérol	5	a
Campesterol (24R)	5	e
Sitostérol (24R)	5	h
Cholesta-5,22-dièn-3 β -ol	5	b
Brassicatérol (24S)	5	d
Stigmastérol (24S)	5	i
Desmostérol	5	c
Ergosta-5, 24(28)-dièn-3 β -ol	5	f
Isofucostérol[24(28)Z]	5	j
Fucostérol[24(28)E]	5	j
Codistérol (24S)	5	g
Stigmasta-5, 25-dièn-3 β -ol	5	k
Stigmasta-5, 25-trièn-3 β -ol	5	l
Lathostérol	7	a
Ergosta 7, 22-dièn-3 β -ol	7	e
Schottérol (24R)	7	h
Ergosta-7, 22-dièn-3 β -ol	7	d
Spinastérol (24S)	7	i
Epistérol	7	f
Isoavénastérol [24(28)E]	7	j
Avénastérol [24(28)Z]	7	j
Stigmasta-7, 25-dièn-3 β -ol	7	k
Stigmasta-7, 22, 25-trièn-3 β -ol	7	l
Zymostérol	8	c
Fécostérol	8	f
Stigmasta-8, 22-dièn-3 β -ol	8	i
Stigmasta-8, 25-dièn-3 β -ol	8	k
Stigmasta-9(11)-èn-3 β -ol	9(11)	h
7- Déhydrocholestérol	5,7	a
Ergostérol (24S)	5,7	d

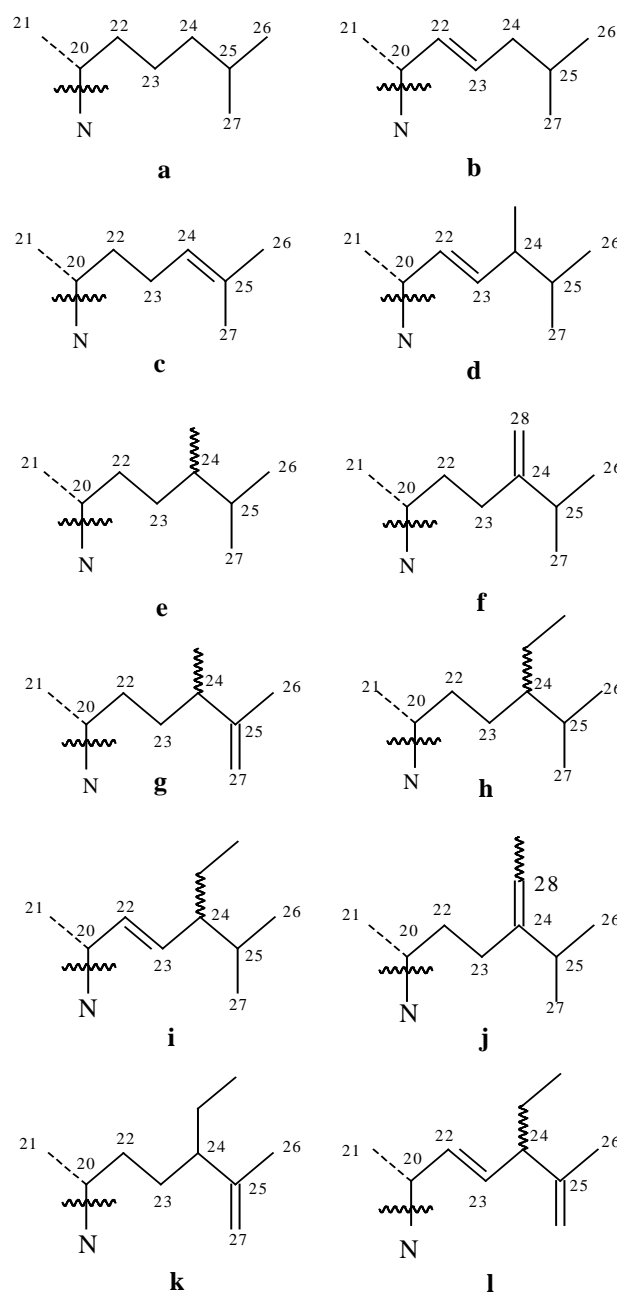


Fig. II-4 : Les différentes structures stéroliques.

Etant donnée la faible teneur en stérols, le dépôt sur plaque de silice s'est avéré parfois insuffisant pour des analyses qualitatives et quantitatives et la silylation a dû être effectuée directement sur l'insaponifiable total pour permettre l'analyse d'un maximum de composés minoritaires qui n'auraient pas été visibles après fractionnement par CCM. Les résultats des analyses qualitative et quantitative sont conciliés dans le tableau II-8.

a) Identification des stérols.

L'analyse CPG/SM des différentes fractions stéroliques, relatives aux 8 huiles de pulpe étudiées, semble montrer la présence de 5 pics chromatographiques différents aux temps de rétention qui sont les suivants dans les conditions opératoires utilisées : $TR_1=27,77$ mn, $TR_2=31,89$ mn, $TR_3=32,69$ mn, $TR_4=34,29$ mn et $TR_5=34,80$ mn.

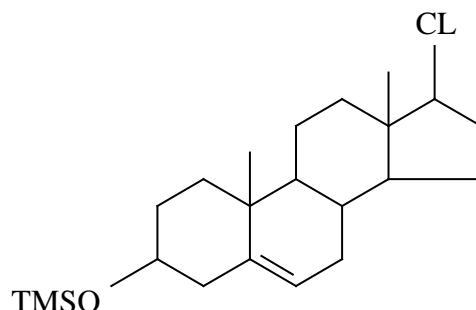
L'observation conjointe des spectres de masse relatifs à ces 5 pics fait apparaître la présence de fragments caractéristiques :

- à $m/z = 73$ le fragment correspondant à la perte du groupement Me_3Si^+
- à $m/z = 90$ celui correspondant à la perte du groupement TMSOH.
- à $m/z = 129$ et $m/z = [M^+ - 129]$
- à $m/z = 255$.

La présence simultanée de ces 3 derniers ions fragments est caractéristique, pour les dérivés silylés, de composés à noyau stérolique avec une insaturation en 5-6 du cycle A. Ainsi ces 5 pics sont des stérols :

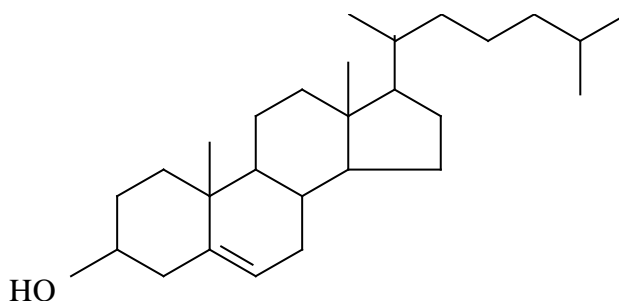
- le stérol St_1 , sous forme de triméthylsilyléther, présente une masse moléculaire M^+ à $m/z = 458$ de formule brute $C_{27}H_{45}OSiMe_3$.
- le stérol St_2 ($m/z = 472$; $C_{31}H_{56}OSiMe_3$)
- le stérol St_3 ($m/z = 484$; $C_{29}H_{47}OSiMe_3$)
- le stérol St_4 ($m/z = 486$; $C_{29}H_{49}OSiMe_3$)
- et le stérol St_5 ($m/z = 484$; $C_{29}H_{47}OSiMe_3$).

Ils se présentent tous avec la structure suivante :



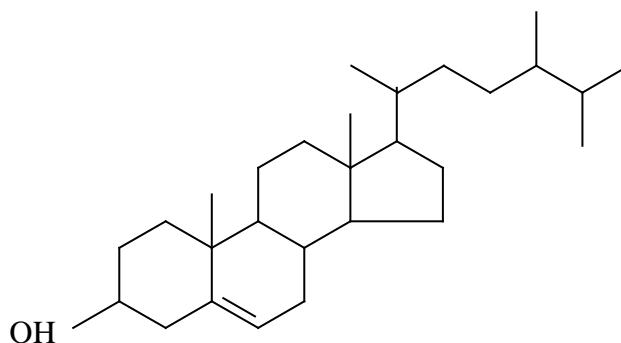
Où CL représente la chaîne latérale saturée ou insaturée avec 8, 9 ou 10 atomes de carbone.

- Le stérol St_1 présente une masse moléculaire à $m/z = 458$ ($C_{27}H_{45}OsiMe_3$). Les pics $[M^+ - 15]^+$ à $m/z = 443$ et $[M^+ - 90]^+$ à $m/z = 368$ correspondant respectivement à la perte d'un groupement méthyle et du groupement TMSOH sont observés. Il est aussi noté la présence à $m/z = 353$ du pic correspondant à la perte des deux derniers groupements. Les pics à $m/z = 129$, $m/z = 255$ et $m/z = 329$ $[M^+ - 129]^+$ confirment la nature stérolique du noyau avec une insaturation en 5-6 du cycle A et la présence d'une chaîne latérale saturée de masse moléculaire égale à 113 et de formule brute C_8H_{17} . Le pic à $m/z = 345$, quoique peu intense, confirme bien la formule de la chaîne latérale. Le composé St_1 est donc le *cholestérol*. Le pic peu intense à $m/z = 213$ traduit le clivage du cycle D en C13-C17 et C14-C15.



Cholestérol

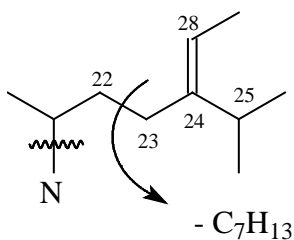
- Le stérol St_2 présente un pic moléculaire à $m/z = 472$. Les pics à $m/z = 457 [M^+ - CH_3]^+$, à $m/z = 382 [M^+ - TMSOH]^+$ et à $m/z = 367 [M^+ - TMSOH - CH_3]^+$ sont observés. Les pics intenses à $m/z = 129$ et à $m/z = 343 [M^+ - 129]^+$ renseignent sur la nature stérolique du noyau en précisant l'insaturation en 5-6 du cycle A et permettent le calcul de la masse de la chaîne latérale à 127 et de formule brute C_9H_{19} . Le composé St_2 est le *campestérol*.



Campestérol

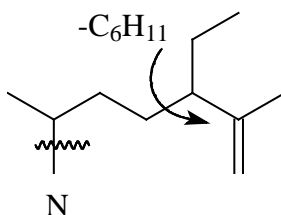
- Le stérol St_3 , de masse moléculaire 484, présente les fragments caractéristiques dus aux pertes des groupements TMSOH et méthyle : $m/z = 469 [M^+ - 15]^+$, $m/z = 394 [M^+ - 90]^+$ et $m/z = 380 [M^+ - 90 - 15]^+$. Les pics à $m/z = 129$, $m/z = 255$ et $m/z = 355 [M^+ - 129]^+$ précisent que St_3 est insaturé en 5-6. La masse moléculaire de la chaîne latérale, égale à $CL = (M - 255 - 90) = 139$ et de formule brute $C_{10}H_{19}$ révèle la présence d'une insaturation en C22, C24 ou C25.

Si l'insaturation était présente en 24(28), elle donnerait lieu au clivage allylique opéré en C22-C23 et à la formation d'un fragment $[C_7H_{14}]^+$ qui se réarrange suivant MacLafferty.

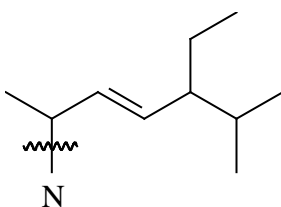


$[M^+ - [C_7H_{14}]]^{+\bullet}$ à $m/z = 386$ n'est pas observé donc l'insaturation n'est pas localisée en C24.

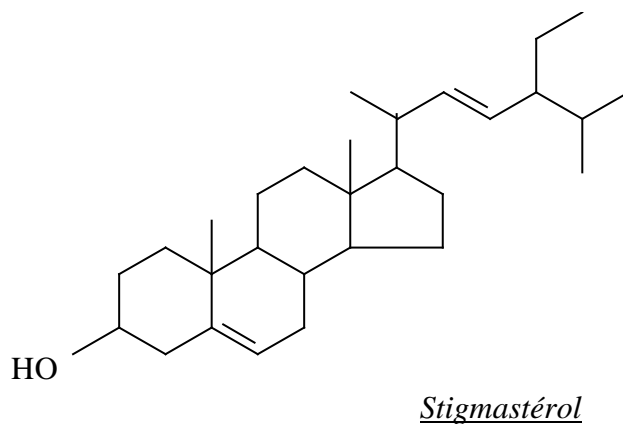
Si l'insaturation était localisée en C25, le clivage allylique engendré conduirait à la formation de l'ion fragment $[C_6H_{11}]^{+\bullet}$.



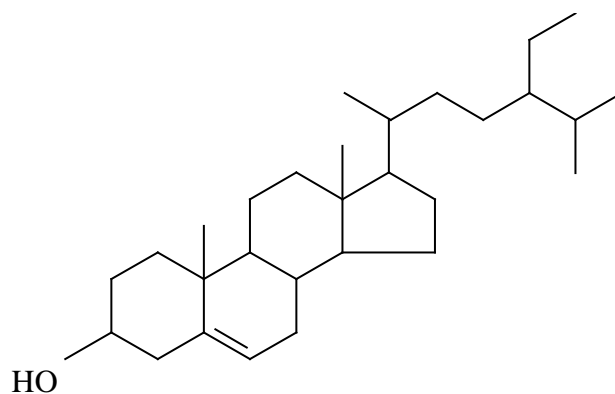
$[M^+ - [C_6H_{11}]]^{+\bullet}$ à $m/z = 401$ n'est pas observé donc l'insaturation n'est pas en C25. Ainsi elle se trouve en C22 et la formule développée de la chaîne latérale est la suivante :



St₃ est donc le *stigmastérol*.



- Le stérol St₄ présente une masse moléculaire égale à 486. Les pertes relatives aux groupements méthyle et TMSOH sont aussi observées. La présence des fragments à $m/z=129$ et à $m/z=358 [M^+ - 129]^+$ permettent de conclure que St₄ est bien un stérol avec une insaturation en 5-6 et une chaîne latérale saturée de masse égale à 141 $[M^+ - 255 - 90]^+$ et de formule brute C₁₀H₂₁.



Donc St₄ est le *sitostérol*.

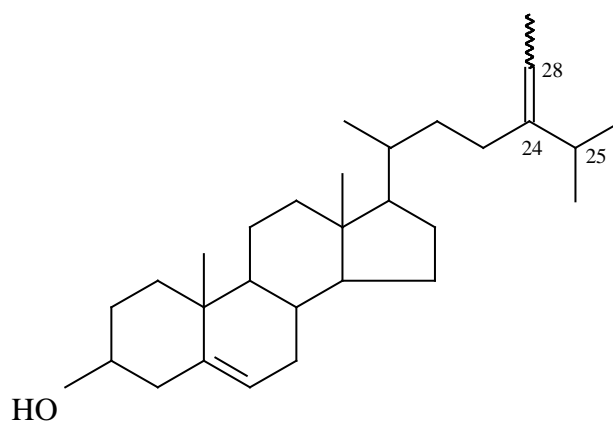
- Le stérol St₅ présente une masse moléculaire égale à 484. Les pertes des fragments CH₃ et TMSOH nous donnent les pics à m/z= 469, à m/z= 394 et à m/z= 379. On note la présence du fragment à m/z= 371 correspondant au clivage C20-C22.

Les pics à m/z= 129 et à m/z =355 [M⁺ - 129]^{+•} sont observés et confirment que St₅ est bien un stérol et présente une insaturation intracyclique en 5-6.

La chaîne latérale présente une masse égale à [M⁺ - 255 - 90]^{+•} et le pic [M⁺ - 139]^{+•} à m/z = 345 est bien observé. La chaîne latérale a donc pour formule brute C₁₀H₁₉ et présente une insaturation en C22, C24 ou C25.

Contrairement au stérol St₃, le pic à m/z= 386, correspondant à la perte du fragment [C₇H₁₄]^{+•} est présent et renseigne sur la position de la double liaison, alors située en 24(28).

St₅ a donc la structure suivante :



Où suivant la configuration du CH₃ en C28, deux possibilités se présentent :

- si la configuration de la double liaison est Z : St₅ est l'*isofucostérol* (ou Δ^5 -*avénastérol*).
- Si la configuration est E : St₅ est le *fucostérol*.

Une étude RMN ^1H s'impose et c'est la valeur du déplacement chimique du proton H25 qui déterminera la nature de la configuration de la double liaison (si elle est de l'ordre de 2,8 alors on a une configuration Z sinon elle serait de 2,3 pour une configuration E).

b) Conclusions et applications.

La détermination qualitative des espèces à partir des spectres de masse est confortée par les interprétations spectrales effectuées dans le cadre des autres espèces végétales ⁽⁶²⁻⁶⁵⁾ .

De ces analyses, il ressort que 5 stérols majoritaires se présentent communément dans toutes les huiles étudiées, ce qui est normal car les espèces appartiennent à la même famille botanique : le cholestérol, le campestérol, le stigmastérol, le sitostérol et un cinquième stérol dont la détermination serait à confirmer par RMN ^1H ($\Delta 5$ -avénastérol ou fucostérol).

Dans toutes les espèces d'huiles de pulpe étudiées, le sitostérol est le stérol prédominant (entre 40% et 85% de l'ensemble des stérols présents) et dans le cas de certaines espèces (*Jessenia bataua*, *Euterpe oleracea* et *Astrocaryum vulgare*), la présence d'un $\Delta 5$ stérol (avénastérol ou fucostérol) est à noter dans une grande proportion (entre 18% et 38% de l'ensemble des stérols). Le cholestérol est un stérol majoritairement présent à l'état de traces pour l'ensemble des espèces étudiées, excepté dans le cas de l'espèce *Euterpe oleracea* où il représente 17% de l'ensemble des stérols. Il semblerait que ces résultats soient en accord avec ceux relevés dans la littérature.

Les espèces étudiées présentent des teneurs faibles en stérols (entre 500 et 1900 mg/kg d'huile brute) et les stérols représentent entre 6% et 16% de l'insaponifiable total. Cependant, à partir des résultats obtenus, plusieurs voies de valorisations sont possibles :

- En *cancérologie* : certains stérols présenteraient des activités anti-cancéreuses et permettraient une inhibition des cancers du colon, du rectum et du poumon ⁽⁶⁷⁻⁶⁹⁾.
- Du *point de vue alimentaire* : une supplémentation en phytostérols aurait un effet hypocholestérolémiant et limiterait ainsi le risque de maladies cardiovasculaires ⁽⁷⁰⁻⁷⁴⁾.
Un renforcement de l'auto-immunité a été également démontré ⁽⁷⁵⁾.

- Et en *cosmétologie* : du fait de leur nature hydrophobe, il faut éthyler les stérols afin de les incorporer dans de nombreux produits cosmétiques. Aussi, les stérols interviennent dans de nombreux produits présentant des activités anti-inflammatoires, ou réparatrices de dommages cutanés et dans des shampooings⁽⁷⁷⁾.

ESPECES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>EUTERPE OLERACEA</i>	<i>JESSENIA BATAUA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>
Sterols (ppm)*								
STEROLS :								
Cholestérol	Traces	Traces	Traces	Traces	305 - 321	4 - 6	12 - 14	Traces
Campestérol	84 - 110	60 - 80	44 - 59	70 - 93	13 - 15	18 - 19	29 - 36	5 - 6
Stigmastérol	73 - 97	46 - 62	18 - 25	153 - 203	43 - 46	153 - 203	23 - 25	29 - 33
Sitostérol	784 - 1040	766 - 1014	564 - 748	960 - 1272	898 - 908	411 - 545	450 - 482	408 - 415
X1	85 - 111	196 - 260	58 - 77	136 - 180	551 - 555	373 - 491	56 - 59	57 - 108
Total stérols	1026 - 1358	1068 - 1416	684 - 909	1319 - 1748	1810 - 1845	959 - 1264	570 - 616	499 - 562

* moyenne de 3 déterminations.

X1 : Δ 5 avénastérol ou fucostérol

Tableau II-8 : Teneur en stérols des huiles de pulpe retenues.

II-3-3. ETUDE DES TOCOPHEROLS.

Les huiles et les corps gras, au contact de l'oxygène, sont susceptibles de dégradations oxydatives. Ce phénomène se déroule spontanément en 2 étapes : les chaînes grasses insaturées fixent l'oxygène de l'air en formant des peroxydes, puis ceux-ci instables, évoluent en formant des produits d'oxydation, de dégradation et de polymérisation. Ils sont alors indésirables aussi bien en raison de leurs effets physiologiques néfastes qu'à cause des modifications de saveur et d'odeur des huiles qu'ils entraînent.

Les antioxydants sont donc des molécules oxydables qui, en agissant comme donneurs d'hydrogène vis-à-vis d'un radical hydroperoxyde, interrompent la réaction en chaîne de formation des peroxydes⁽⁷⁸⁾. Ils sont pour la plupart synthétiques (hydroquinone, pyrogallol, acide gallique et gallate,...) et sont rajoutés aux huiles dans l'industrie alimentaire. Mais ils peuvent être présents à l'état naturel dans les huiles végétales (vitamine E, polyphénols de l'olivier et du chêne, sésamol, flavonoïdes, certaines huiles essentielles,...).

Les huiles peuvent renfermer une quantité plus ou moins importante de vitamines liposolubles. Plus particulièrement, la vitamine E, présente dans tous les lipides naturels sous différentes formes moléculaires, est constituée des tocophérols et des tocotriénols (Fig. II-5). C'est l'anti-oxydant majeur des milieux lipidiques (huiles, membranes biologiques et lipoprotéines). Les tocophérols et tocotriénols sont des composés aromatiques possédant un noyau chromanol (l'atome de carbone 6 porte un groupement hydroxyle) substitué par une chaîne à 3 unités isopenténique condensées. Cette chaîne peut être saturée dans le cas des tocophérols et triinsaturée dans celui des tocotriénols ; les autres substituants définissant les vitamines α , β , γ ou δ .

Les tocotriénols sont rarement rencontrés dans les huiles de pulpe, excepté dans le cas de l'huile de palme. Les tocophérols, plus présents, quoiqu'en fraction mineure, sont intéressants en raison de leurs pouvoirs anti-oxydant et aussi vitaminique principalement attribuable à l' α tocophérol (vitamine E). Cette vitamine, dont les propriétés biologiques sont nombreuses, est utilisée dans plusieurs domaines notamment en cosmétologie⁽⁷⁸⁻⁸⁰⁾, et dans plusieurs domaines relevant de la médecine : cardiologie^(81,82), dans des anti-inflammatoires⁽⁸³⁻⁸⁵⁾, en cancérologie⁽⁸⁶⁻⁹⁰⁾ et en gériatrie⁽⁹¹⁻⁹³⁾.

Parmi les différentes méthodes d'analyse des tocophérols et des tocotriénols, la chromatographie liquide à haute performance (CLHP) sur phase normale⁽⁹⁴⁾ a été retenue. L'analyse est réalisée directement sur l'insaponifiable des huiles de pulpe, utilisant une colonne de silice pure comme phase stationnaire et un mélange hexane/isopropanol (99,5 / 0,5) comme phase mobile. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau II-10 et les conditions opératoires regroupées en partie expérimentale. Le dosage a été effectué par étalonnage interne.

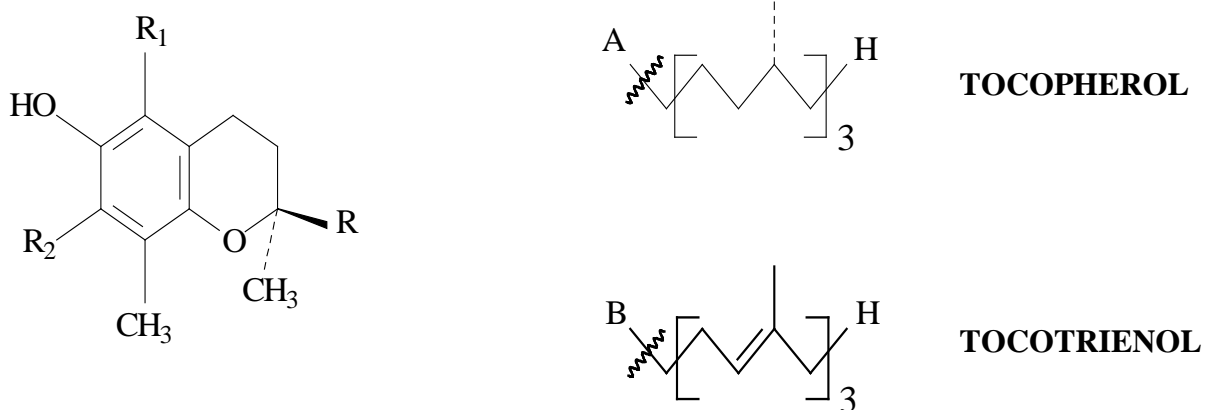
Des composés étrangers aux tocophérols, présents dans l'insaponifiable de certaines huiles de pulpe, interfèrent avec les composés recherchés d'où une interprétation approximative de certains spectres, notamment pour les espèces *Acrocomia lasiospatha* et *Bactris gasipaes*.

Les tocophérols, principalement l' α -tocophérol (entre 46% et 100%), sont les composés principaux. Les tocotriénols se retrouvent dans les huiles de pulpe des espèces *Euterpe oleracea*, *Elaeis oleifera* et *Maximiliana maripa* (respectivement à hauteur de 36.5%, 26.2% et 54%). On peut aussi noter la présence de δ -tocotriénol, plutôt rare dans les huiles végétales⁽⁹⁵⁻⁹⁸⁾, dans les deux dernières huiles de pulpe. Le δ -tocophérol, l'anti-oxydant le plus efficace, est absent de toutes les huiles de pulpe retenues.

Les huiles de pulpe ont des teneurs et des compositions beaucoup plus proches de celles de l'huile d'olive alors qu'on pourrait les penser plus proches de celles de l'huile de palme. A titre de comparaison, l'analyse réalisée dans les conditions opératoires identiques sur l'insaponifiable de l'huile d'olive brute a donné une teneur en tocophérols totaux égale à 51-60 mg/kg d'huile brute où l' α -tocophérol est prépondérant. D'une façon générale, les huiles de pulpe étudiées montrent des teneurs en tocophérols totaux très bas en comparaison avec ceux relevés dans la littérature pour les autres huiles végétales⁽⁹⁵⁻⁹⁸⁾ dont les teneurs sont comprises entre 200 et 1200 mg/kg d'huile brute. Ils représentent entre 0,1 et 2% de l'insaponifiable total dans le cas des huiles étudiées. Plusieurs facteurs peuvent en être la cause :

- Les modes d'obtention : le protocole utilisé, quoique normalisé, pour aboutir a peut être conduit à une détérioration partielle des tocophérols.
- le degré de maturité et les conditions de stockage sont peut-être à mettre en cause.
- Ou la nature intrinsèque de nos huiles.

D'autres antioxydants naturels (composés phénoliques) peuvent renforcer considérablement la stabilité d'oxydation des huiles^(99,100) et il aurait été intéressant , comme pour l'huile d'olive, de les doser⁽¹⁰¹⁾ qualitativement et quantitativement pour savoir s'ils sont à l'origine des indices de peroxydes relevés assez bas pour les huiles de pulpe étudiées. Ces dosages n'ont pu être effectués pour des raisons de contraintes de temps et de matières lipidiques disponibles.



	TOCOPHEROLS (R = A)	TOCOTRIENOLS (R = B)
$R_1 = R_2 = \text{CH}_3$	α	α
$R_1 = \text{CH}_3$ $R_2 = \text{H}$	β	β
$R_1 = \text{H}$ $R_2 = \text{CH}_3$	γ	γ
$R_1 = R_2 = \text{H}$	δ	δ

Fig. II-5 : Structure des tocophérols et tocotriénols.

ESPÈCES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>EUTERPE OLERACEA</i>	<i>JESSENIA BATAUA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>
	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile
Tocophérols * (T)								
α T	8-10	41-45	10-12	30-32	72-79	85-111	73-112	8-10
β T	4-5	-	-	-	8-9	-	22-28	-
γ T	5-6	-	1-2	-	-	-	-	-
δ T	-	-	-	-	-	-	-	-
Total tocophérols	17-21	41-45	11-14	30-32	80-88	85-111	95-140	8-10
Tocotriénols (T3)*								
α T3	-	-	-	15-16	-	-	16-56	-
β T3	-	-	-	0-1	28-31	-	10-14	-
γ T3	-	-	-	16-18	-	-	10-12	-
δ T3	-	-	-	2-3	-	-	2-16	-
Total tocotriénols	-	-	-	33-38	28-31	-	38-98	-
Total	17-21	41-45	11-14	63-70	108-119	85-111	133-238	8-10

*réalisés à partir de 3 déterminations

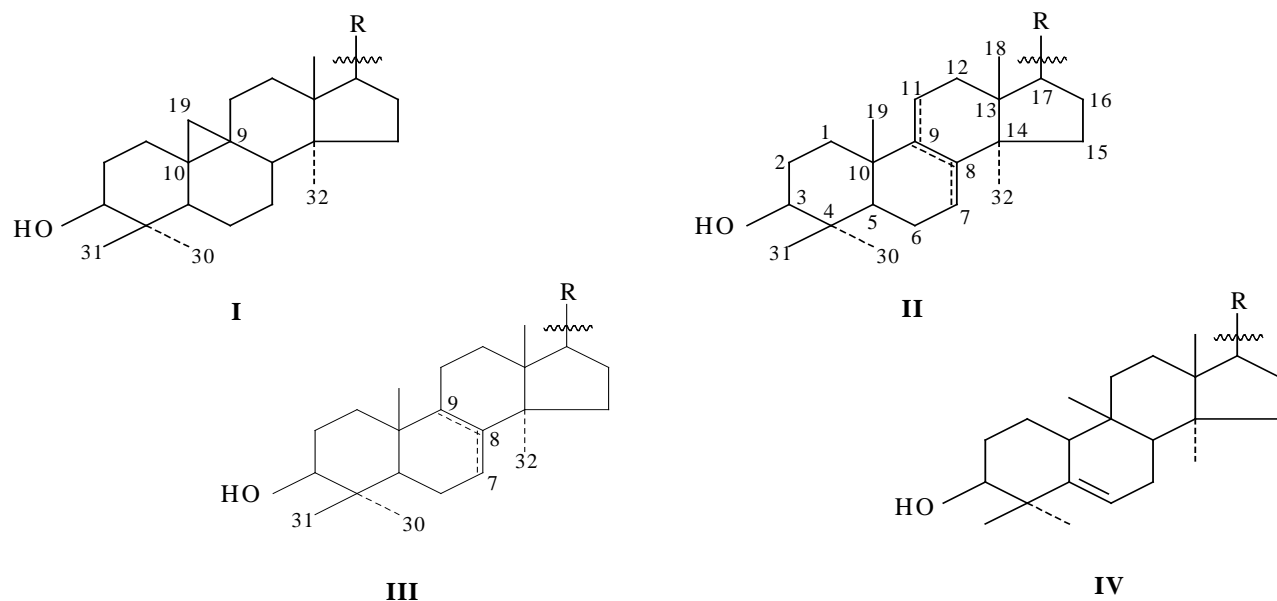
Tableau II-9 : Teneurs en tocophérols et tocotriénols des huiles de pulpe retenues.

II-3-4. ETUDE DES ALCOOLS TRITERPENIQUES.

Les alcools triterpéniques sont des composés provenant de la polycyclisation, selon divers modes, du squalène, hydrocarbure à 30 atomes de carbone. Ainsi, on distingue les alcools triterpéniques comportant 3 cycles hexagonaux et un cycle pentagonal (Fig. II-6) et les alcools triterpéniques pentacycliques (Fig. II-7 et Fig. II-8) spécifiques des végétaux (comportant 4 cycles hexagonaux et un cycle pentagonal ou hexagonal). Dans le règne végétal, les alcools triterpéniques les plus rencontrés sont le cycloarténol, le 24-méthylèncycloartanol, les α et β amyriines et l'érythrodiol.

Les alcools triterpéniques sont très intéressants, principalement en raison de leur activité anti-inflammatoire^(74, 102-110). Mais ils sont aussi utilisés en raison de leur activité cytostatique sur les cellules cancéreuses⁽¹¹¹⁻¹¹²⁾, ou en vertu de leurs propriétés en urologie⁽¹¹³⁻¹¹⁴⁾, en neurologie⁽¹¹⁵⁾, en cosmétique⁽¹¹⁶⁾ ou encore pour leur action antibactérienne⁽¹¹⁷⁾.

Les conditions analytiques sont les mêmes que celles utilisées pour les analyses des stérols. L'identification des différents alcools triterpéniques a été effectuée pour quatre des huiles de pulpe retenues : *Astrocaryum vulgare*, *Bactris gasipaes*, *Maximiliana maripa* et *Oenocarpus bacaba*. Les structures des molécules présentes ont été déterminées à partir de l'analyse des spectres de masse obtenus et à partir de l'étude d'autres espèces végétales^(14,118-125). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau II-10.



Nom	TYPE	Δ
Cycloartanol	Ia	
Cycloarténol	Ib	
24-méthylèncycloartanol	Ic	
Cyclolaubranol	Id	
Cyclolaudénol	Ie	
24-méthylcycloartanol	If	
Dihydrolanostérol	IIa	8(9)
Lanostérol	IIb	8(9)
Lanosta-8, 25-dièn-3 β -ol	IIg	8(9)
24-méthylènelanostérol	IIc	8(9)
Parkéol	IIb	9(11)
Lanosta-9(11), 25-dièn-3 β -ol	IIg	9(11)
24-méthyllanost-9(11)-èn-3 β -ol	IIf	9(11)
24-méthylènelanost-9(11)-èn-3 β -ol	IIc	9(11)
Lanost-7-èn-3 β -ol	IIa	7(8)
Lanosta-7, 24-dièn-3 β -ol	IIb	7(8)
Lanosta-7, 25-dièn-3 β -ol	IIg	7(8)
Agnostérol	IIb	7(8),9(11)
Euphol (20R)	IIIa	8(9)
Eupha-8, 24-dièn-3 β -ol	IIIb	8(9)
Dihydrobutyrospermol (20R)	IIIa	7(8)
Butyrospermol (20R)	IIIb	7(8)
Tirucalla-8-èn-3 β -ol (20S)	IIIa	8(9)
Tirucalla-8, 24-dièn-3 β -ol (20S)	IIIb	8(9)
Tirucallol (20S)	IIIb	7(8)
Dihydrotirucallol (20S)	IIIa	7(8)
Cucurbita-5, 24 -dièn-3 β -ol	IVb	5(6)

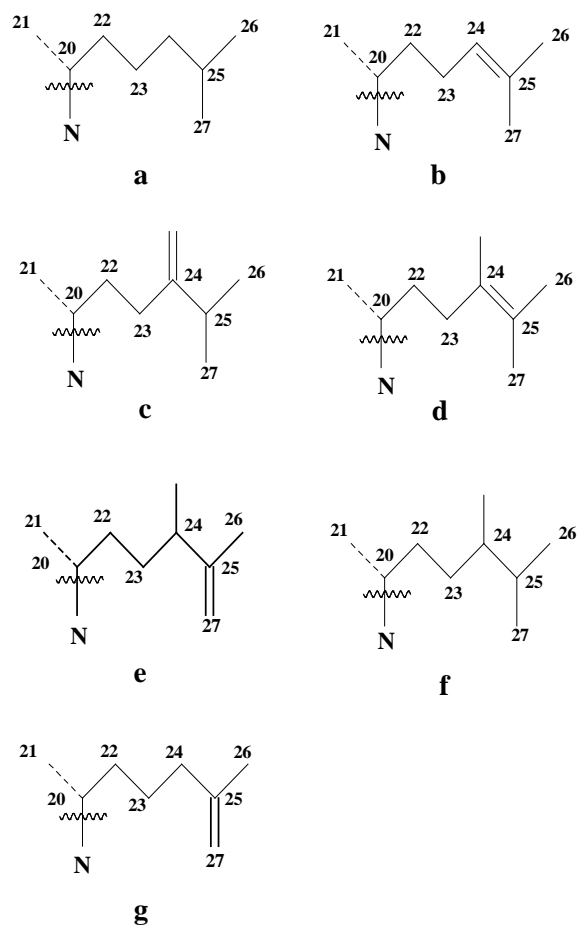
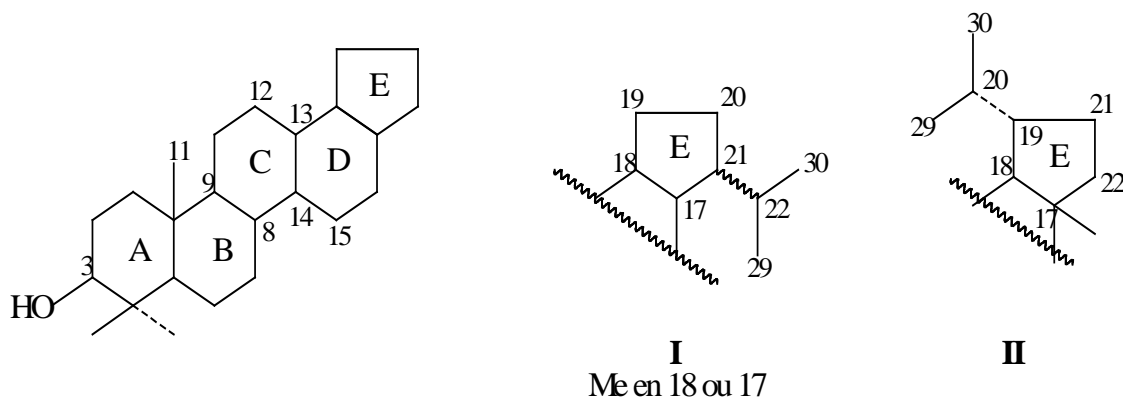
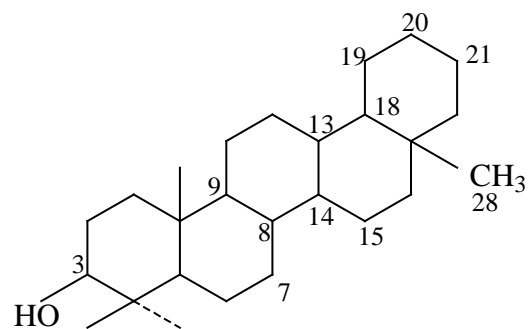


Fig. II-6 : Principaux alcools triterpéniques tétracycliques.



Nom	Type	iPr	Me26	Me27	Me28	Δ	Divers
Lupéol	II	19 α	8 β	14 α	17 β	20(30)	H18 α
Néolupéol	II	19 α	8 β	14 α	17 β	12(13)	H18 β
Tarolupéol	II	19 α	8 β	13 α	17 β	14(15)	H18 β
Hopéol B	I	21 α	8 β	14 α	18 α	22(29)	H17 β
Néomotiol	I	21 α	8 β	14 α	17 β	12(13)	H9 α
Morétéol	I	21 β	8 β	14 α	18 α	22(29)	H9 α , H13 β
Arborinol	I	21 β	14 α	13 β	17 β	9(11)	H18 α
Isoarborinol	I	21 β	14 α	13 β	17 β	9(11)	H18 α , OH3 α

Fig. II-7 : Principaux alcools triterpéniques pentacycliques (Noyau E à cinq éléments).



Me₂₆, Me₂₇ en 8,14 ou 13

Me₂₉ en 19 ou 20

Me₃₀ en 20

Nom	Me ₂₉	Me ₃₀	Me ₂₆	Me ₂₇	Δ	Divers
β-Amyrine	20α	20β	8β	14α	12(13)	H18β
γ-Amyrine	20α	20β	8β	14α	13(18)	
Taraxérol	20α	20β	8β	13α	14(15)	H18β
Oléa-11, 13(18)-dièn-3β-ol	20α	20β	8β	14α	11, 13(18)	H18β
Germanicol	20α	20β	8β	14α	18(19)	H13β
Erythrodiol	20α	20β	8β	14α	12(13)	H18β, OH ₂₈
Multiflorénol	20α	20β	14β	13α	7(8)	H18β
Isomultiflorénol	20α	20β	14β	13α	8(9)	H18β
Bauérérol	19β	20α	14β	13α	7(8)	H18β
α-Amyrine	19β	20α	8β	14α	12(13)	H18β
Ursa-9(11), 12-dièn-3β-ol	19β	20α	8β	14α	9(11), 12(13)	H18β
Uvaol	19β	20α	8β	14α	12(13)	H18β, OH ₂₈
ψ-Taraxastérol	19α	20β	8β	14α	20(21)	H13β, H18α
Taraxastérol	19α	20β	8β	14α	20(30)	H13β, H18α

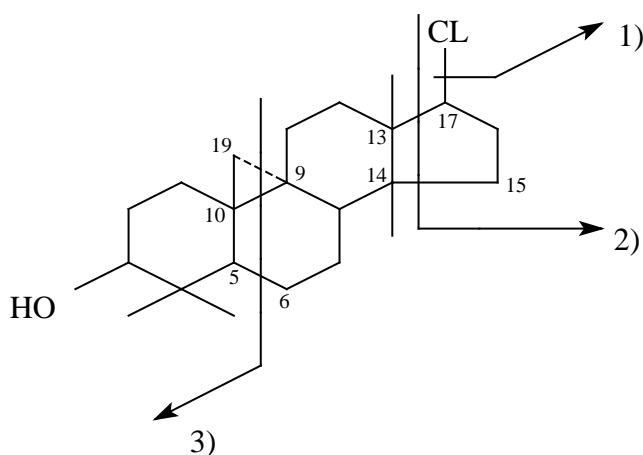
Fig. II-8 : Principaux alcools triterpéniques pentacycliques (Noyau E à 6 éléments).

Suivant que l'on soit en présence d'alcools triterpéniques tétracycliques ou pentacycliques, différents clivages de la molécule seront possibles :

◆ Cas des alcools triterpéniques tétracycliques :

Les alcools triterpéniques tétracycliques donnent lieu à des clivages bien spécifiques :

- 1) perte de la chaîne latérale et du groupement TMSOH donnant les ions fragments $[M^+ - CL]^{\bullet+}$, $[M^+ - CL - TMSOH]^{\bullet+}$. Si la chaîne latérale est insaturée, on observe aussi les ions fragments $[M^+ - CL - 2H]^{\bullet+}$, $[M^+ - CL - 2H - TMSOH]^{\bullet+}$.
- 2) clivage du cycle D par rupture des liaisons C14-C15 et C13-C17 accompagné du transfert du groupe méthyle en 14 qui se traduit par l'ion fragment à $m/z = [M^+ - CL - C_3H_5 - TMSOH - H]^{\bullet+}$ et $m/z=241 [M^+ - CL - C_3H_5 - TMSOH - CH_3]^{\bullet+}$.
- 3) Lorsque l'insaturation du noyau est présente sous la forme d'un noyau cyclopropanique en 9(19), le clivage correspondant à la rupture des liaisons C9-C19, C9-C10 et C5-C6 est observé avec transfert d'un atome d'hydrogène et l'ion $[M^+ - C_9H_{13} - H - TMSOH]^{\bullet+}$.



◆ Cas des alcools triterpéniques pentacycliques :

Les alcools triterpéniques pentacycliques donnent des clivages bien spécifiques suivant la nature de leur squelette (déterminant pour préciser la famille à laquelle ils appartiennent (hopane, lupane, multiflorane,...)), suivant la localisation de l'insaturation si présente et suivant la nature et la localisation de la substitution sur le cycle. Tous ces paramètres étant à définir, il est très complexe de déterminer de façon définitive la structure de ces alcools triterpéniques.

De plus, il peut s'avérer que les fragments résultant des clivages précédents (cas des alcools triterpéniques tétracycliques) donnent des signaux aussi forts que ceux spécifiques aux alcools triterpéniques pentacycliques. Mais le doute peut être levé par l'utilisation combinée d'autres méthodes spectroscopiques (UV, IR, RMN ^1H , RMN ^{13}C ,...).

Mais de façon générale, les alcools triterpéniques tétracycliques à cause de leur fragmentation au niveau de la chaîne latérale en C20, ne donnent pas des fragments aussi abondants que ceux résultant des clivages intracycliques, eux bien spécifiques aux alcools triterpéniques pentacycliques.

a) L'espèce *Astrocaryum vulgare*

L'insaponifiable de l'huile de pulpe de cette espèce se compose principalement de deux alcools triterpéniques :

- au temps de rétention de 35,30 mn : un alcool triterpénique de masse moléculaire égale à 498 (noté AT1).
- au temps de rétention de 36,40 mn : un alcool triterpénique de masse moléculaire égale à 498 (noté AT2).

- L'alcool triterpénique AT1 a une masse moléculaire égale à 498. De façon générale, l'absence de fragments caractéristiques des alcools triterpéniques tétracycliques à $m/z=241$, $m/z=255$ et $m/z=297$ et la présence de deux fragments importants à $m/z=241$ et $m/z=274$ laisse supposer que AT1 est un alcool triterpénique pentacyclique.

Les pics $[M^+-TMSOH]^+$ à $m/z=409$ et $[M^+-TMSOH-CH_3]^+$ à $m/z=394$ sont observés et ils correspondent à la perte du groupement TMSOH et d'un groupement méthyle. Il est également observé les fragments $[M^+-73]^+$ à $m/z=425$ correspondant à la perte du groupement Me_3Si^+ .

Deux hypothèses peuvent être émises concernant la nature de AT1 :

- 1^o hypothèse :

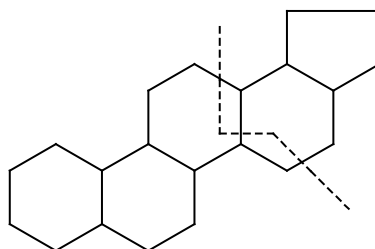
La présence d'un fragment important à $m/z=274$ est typique d'un alcool triterpénique pentacyclique avec une insaturation en Δ^5 ⁽¹²²⁾. De plus, la présence d'un pic à $m/z=229$ correspondant à $[274-iPr-2H]^+$ et du pic à $m/z=440$ $[M^+-43-CH_3]^+$ correspondant à la perte d'un groupement isopropyle laisserait supposer que AT1 est un alcool triterpénique insaturé en Δ^5 avec un groupement isopropyl situé sur le cycle E.

Les alcools triterpéniques qui donnent des fragments importants à $m/z=241$ sont ceux ayant pour squelette l'arborane, le fernane, le filicane ou l'adianane donc AT1 a des probabilités d'être insaturé en Δ^5 et d'avoir pour squelette l'une des familles citées.

Une étude complémentaire par RMN ¹H et/ou RMN ¹³C pourrait compléter l'étude afin de mieux définir la nature de AT1.

- 2^o hypothèse :

Le pic de base à $m/z=394$ correspondant au fragment $[M^+-CH_3-TMSOH]^+$ et le pic à $m/z=241$ correspondant au clivage :

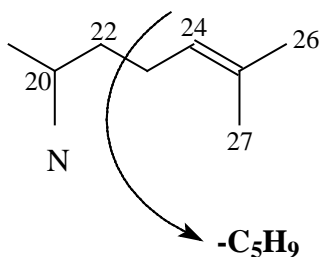


définirait AT1 comme étant un alcool triterpénique pentacyclique insaturé en $\Delta 7$, $\Delta 8$ ou $\Delta 9(11)$ ayant pour squelette l'arborane ou le fernane. Cependant la présence du pic intense à $m/z=274$ reste difficile à expliquer.

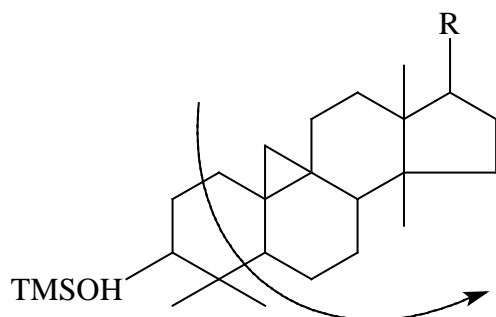
- AT2 présente les fragments spécifiques aux alcools triterpéniques tétracycliques : $m/z=297$ $[M^+-C_8H_{15}-TMSOH]^+\bullet$, $m/z = 255$ $[M^+ - C_8H_{15}- C_3H_5- TMSOH]^+\bullet$ et $m/z = 241$ $[M^+-C_8H_{15}-TMSOH - CH_3]^+\bullet$ ce qui détermine la nature monoinsaturée de la chaîne latérale : elle a pour masse 111 et C_8H_{15} pour formule brute. Les fragments correspondant à la perte des groupements TMSOH et/ou CH_3 donnent des pics à $m/z=484$ $[M^+-CH_3]^+\bullet$, $m/z= 408$ $[M^+-90]^+\bullet$ et $m/z=393$ $[M^+-CH_3-TMSOH]^+\bullet$.

Le clivage spécifique au cycle cyclopropanique 9(19) qui donne le fragment $[M^+-C_9H_{13}-H-TMSOH]^+\bullet$ à $m/z=286$ est observé dans les conditions opératoires utilisées donc AT2 appartient à la série du cycloartane.

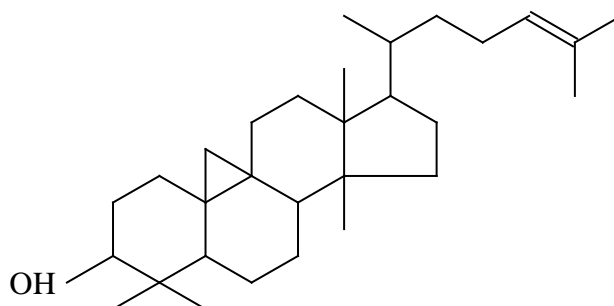
L'intensité relative du pic à $m/z=340$ correspondant à la perte du fragment C_5H_9 résultant de la coupure allylique en C24, détermine la position de la double liaison sur la chaîne latérale :



Ce pic correspond aussi au fragment résultant du clivage du cycle A :



AT2 est donc le *cycloarténol*.



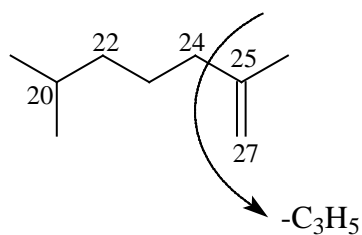
b) Les espèces *Bactris gasipaes* et *Maximiliana maripa*.

Dans les conditions opératoires utilisées, l'insaponifiable de l'huile de pulpe de ces deux espèces ne se compose que d'un seul alcool triterpénique. D'après les données de son spectre de masse, il s'agit du composé AT2, défini précédemment. Dans le cas de l'espèce *Bactris gasipaes*, il est présent dans de plus faible proportion comparativement à l'espèce *Maximiliana maripa*.

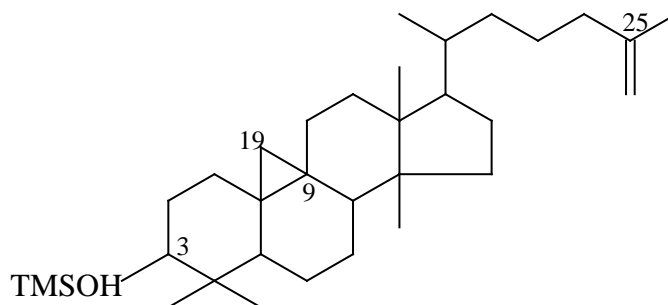
c) L'espèce *Oenocarpus bacaba*.

L'insaponifiable de l'huile de pulpe de cete espèce se compose principalement de quatre alcools triterpéniques aux temps de rétention suivants dans les conditions opératoires utilisées :

- à 33,00 mn : un alcool triterpénique de masse moléculaire M=498 notée AT3.
 - à 34,99 mn : un alcool triterpénique de masse M=514 notée AT4
 - à 36,01 mn : un alcool triterpénique de masse M=498 notée AT5
 - à 38,34 mn : un alcool triterpénique de masse M=498 notée AT6.
- Le composé AT3 a une masse moléculaire égale à m/z=498. Les pertes des fragments TMSOH et/ou CH₃ donnent les pics à m/z=393 [M⁺ - TMSOH-CH₃]^{+•} et à m/z=408 [M⁺ - TMSOH]^{+•}. La présence des pics à m/z=297 [M⁺-C₈H₁₅-TMSOH]^{+•}, m/z = 255 [M⁺ - C₈H₁₅- C₃H₅- TMSOH]^{+•} et m/z = 241 [M⁺-C₈H₁₅-TMSOH - CH₃]^{+•} prouve que AT4 est un alcool triterpénique tétracyclique dont la chaîne latérale monoinsaturée a une masse moléculaire de 111 et a pour formule C₈H₁₅.
La présence du pic à m/z=286 correspondant au fragment résultant du clivage du cycle cyclopropanique 9(19) détermine l'appartenance de AT4 à la série cycloartane.
La forte intensité du pic à m/z= 365 [M⁺-C₃H₅-2H]^{+•} correspondant à la perte du fragment C₃H₅ résultant du clivage vinylique de la double liaison en C25 détermine la position de la double liaison.



AT3 serait le *cyclo- 9(19)-lanost-25-en-3-ol*



- Le composé AT4 a une masse moléculaire égale à 514 (498+16) ce qui laisse supposer la présence d'un groupement OH supplémentaire dans la molécule comparativement aux alcools triterpéniques habituels. La présence de fragments de forte abondance à des masses relativement faibles (notamment à $m/z=109$, $m/z=189$, $m/z=205$ et $m/z=245$) laisse présager de la nature de AT4 : c'est un alcool triterpénique pentacyclique.

Les pertes successives des groupements TMSOH puis CH_3 donnent les fragments $[\text{M}^+ - \text{TMSOH}]^{+\bullet}$ et $[\text{M}^+ - \text{TMSOH} - \text{CH}_3]^{+\bullet}$ respectivement à $m/z=425$ et $m/z=409$.

La présence du pic à $m/z=381$ $[\text{M}^+ - \text{TMSOH} - \text{iPr}]^{+\bullet}$ correspondant à la perte d'un groupement iPr situé sur la chaîne latérale renseigne à la fois sur le squelette que pourrait avoir AT4 et sur la localisation du groupement OH. Ce dernier est situé sur le cycle et le squelette est substitué au niveau du cycle E par un groupement isopropyle. La présence des pics intenses à $m/z=189$, $m/z=205$ et $m/z=218$ correspondant à des clivages bien spécifiques⁽¹²⁰⁾ permet d'affirmer que AT4 est un alcool triterpénique ayant pour squelette le hopane, le lupane, le néohopane ou le néolupane.

La famille d'alcools triterpéniques pentacycliques impliquée et la localisation du groupement OH sur le cycle peuvent être déterminés en complétant l'étude par des analyses en RMN du proton ou du carbone 13.

- AT5 est un alcool triterpénique ayant pour masse moléculaire 498. Etant donnée la relative complexité du spectre de masse au niveau des régions de faibles masses, dues à la présence de pics intenses à $m/z=189$, $m/z=204$ et $m/z=218$, il y a lieu de penser que AT5 est un alcool triterpénique pentacyclique.

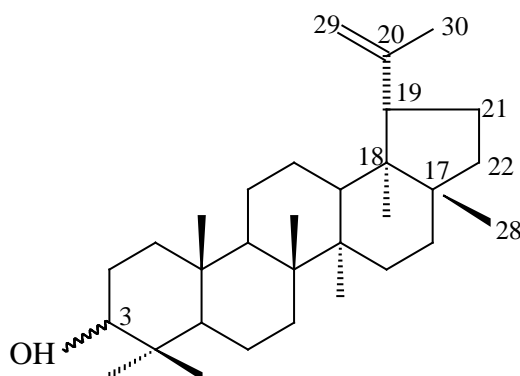
Les fragments correspondant aux pertes successives de CH_3 et de TMSOH donnent les pics à $m/z=484$ $[\text{M}^+ - \text{CH}_3]^{\bullet+}$, à $m/z=408$ $[\text{M}^+ - \text{TMSOH}]^{\bullet+}$ et à $m/z=393$ $[\text{M}^+ - \text{CH}_3 - \text{TMSOH}]^{\bullet+}$.

La présence d'un pic à $m/z=369$ $[\text{M}^+ - 41\text{-TMSOH}]^{\bullet+}$ correspondant à la perte d'un groupement isopropenyl laisse supposer la présence de ce groupement sur la chaîne latérale et l'appartenance de AT5 aux familles ayant pour squelette le lupane, le hopane, le néohopane ou le le néolupane⁽¹²⁰⁾.

La détermination de la conformation des différents groupements méthyles et la localisation de la double liaison au niveau de la chaîne latérale ne pourront être effectuées que par analyse en RMN du proton ou du carbone 13.

L'injection par surcharge en lupéol et la comparaison de son spectre de masse avec AT5 nous a permis d'identifier AT5 comme étant le lupéol.

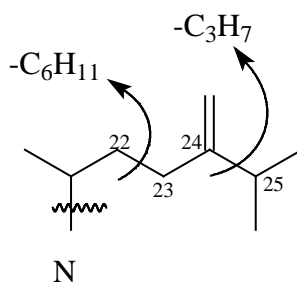
AT5 est le *lupéol*



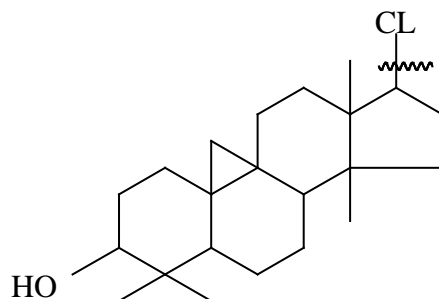
- L'analyse du spectre du composé AT6 nous donne un ion moléculaire ayant pour masse $m/z = 512$. Il correspond à un alcool triterpénique diinsaturé silylé ayant pour formule brute $C_{31}H_{51}OSiMe_3$. On observe les fragments habituels correspondant aux pertes des groupements méthyle et TMSOH : à $m/z = 497 [M^+ - 15]^+$, $m/z = 422 [M^+ - 90]^+$ et $m/z = 407 [M^+ - 90 - 15]^+$. L'observation simultanée des pics à $m/z = 241$, $m/z = 255$ et $m/z = 297$ donnent lieu à penser que 15 est un alcool triterpénique tétracyclique avec une chaîne latérale de masse 125 et de formule brute C_9H_{17} . Le clivage du cycle D par rupture des liaisons C14-C15 et C13-C17 accompagné du transfert du groupe méthyle en 14 qui se traduit par les ions fragments à $m/z = 255 [M^+ - 125 - C_3H_5 - 90 - H]^+$ et $m/z = 241 [M^+ - 125 - C_3H_5 - 90 - CH_3]^+$ est observé.

Le clivage correspondant à la rupture des liaisons C9-C19, C9-C10 et C5-C6 avec transfert d'un atome d'hydrogène et à la formation de l'ion $[M^+ - C_9H_{13} - H - TMSOH]^+ = 286$ est observé donc AT6 a une forte probabilité d'appartenir à la série du cycloartane.

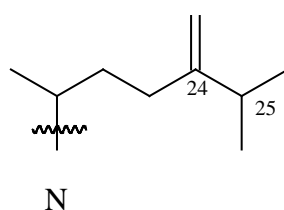
La présence des pics à $m/z = 339 [M^+ - C_6H_{11} - TMSOH]^+$ et à $m/z = 379 [M^+ - C_3H_7 - TMSOH]^+$, attribuables aux clivages allylique C22-C23 et vinylique C24-C25, établit la forte probabilité du groupe méthylène en 24-28.



Série cycloartane



Où la chaîne latérale serait :



Notre hypothèse serait confortée par une analyse RMN où l'on porterait attention à la valeur du déplacement chimique du proton H25 (Théoriquement, ce proton couplerait avec les 2 groupes méthyles 26 et 27 et résonnerait sous forme d'un heptuplet à 2,2 ppm, ce qui indiquerait qu'il est en α d'une double liaison) et à la présence et à la multiplicité du proton H3 et des protons cyclopropaniques.

D'une façon générale, pour les 4 huiles de pulpe étudiées, il convient de relever leur différence du point de vue de la composition qualitative et quantitative de leurs alcools triterpéniques. De plus, l'analyse par la méthode spectroscopique utilisée (CPG/SM en impact électronique) est limitée et il convient de faire usage d'autres méthodes analytiques qui seraient complémentaires à l'étude menée, notamment par le couplage CPG/SM en ionisation chimique, le couplage SM/SM et la RMN du proton et/ou du carbone 13.

ESPECES				
Alcools Triterpeniques (%)*	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>OENOCARPUS BACABA</i>
ALCOOLS TRITERPENIQUES :				
AT1	61,4	-	-	-
AT3	38,6	-	-	5,3
AT4	-	-	-	72,5
Lupéol	-	-	-	20,9
Cycloartenol	-	100	100	-
24-méthylèncycloartanol	-	-	-	1,3

* moyenne de 3 essais

Tableau II-10 : Composition en alcools triterpéniques des huiles de pulpe.

***CHAPITRE III : ETUDE PHYTOCHIMIQUE DES
HUILES D'AMANDE.***

Dans le chapitre précédent, nous nous sommes intéressés aux huiles extraites des pulpes de 8 espèces de palmiers amazoniens. Néanmoins, l'extraction d'huile à partir des amandes de certaines de ces mêmes espèces (les autres espèces présentant juste un embryon ou un endocarpe difficilement extractible) est tout à fait possible et les vertus de ces huiles en médecine traditionnelle (cf. chap. I-1-2) ont déjà été répertoriées. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes donc particulièrement intéressés aux huiles d'amandes des espèces *Astrocaryum vulgare*, *Maximiliana maripa*, *Elaeis oleifera*, *Acrocomia lasiospatha* et *Bactris gasipaes*. Ainsi, dans ce chapitre, nous effectuerons une caractérisation physico-chimique de ces huiles et une détermination de leur composition glycéridique et de leur insaponifiable.

III-1. ECHANTILLONNAGE.

Toutes les données faisant référence aux conditions de l'échantillonnage et à la teneur en amande des fruits sont explicitées au paragraphe II-1.

III-2. EXTRACTION ET CARACTERISATION DES HUILES D'AMANDES.

III-2-1. EXTRACTION.

La production d'huile d'amande est intimement liée à celle de l'huile de pulpe, c'est pourquoi il n'est pas rare de procéder aux deux types d'extraction au sein de la même installation en milieu industriel. Les différentes opérations nécessaires à l'obtention des huiles d'amandes y sont les suivantes :

- l'émottage des tourteaux issus de l'extraction des huiles de pulpe,
- la séparation des fibres et des noix,
- le séchage des noix dans des silos afin de bien décoller l'amande de la coque,
- le concassage des noix,
- la séparation des amandes du mélange concassé,
- la stérilisation et le séchage des amandes (inhibition des processus de dégradation),
- le concassage et le laminage des amandes,
- **l'extraction,**
- et le raffinage des huiles incluant les différentes étapes définies au chapitre II-2-2.

A l'échelle du laboratoire, comme pour les pulpes, les noix sont cassées, les amandes sont broyées et placées dans une cartouche en cellulose afin d'être extraites à l'aide d'hexane. Etant donné que l'on a estimé que la totalité de l'huile de pulpe était extraite au bout de 2 heures (cf. Chap. II-2-2), c'est cette durée qui a été retenue pour ces espèces. Les résultats obtenus figurent au tableau III-1.

L'espèce *Astrocaryum vulgare* présente le plus bas rendement en huile par rapport à l'amande (environ 10%), et c'est l'espèce *Maximilana maripa* qui s'avère la plus intéressante puisqu'elle permet d'avoir un rendement en huile de l'ordre de 30% par rapport à l'amande; les 3 espèces restantes présentant des résultats plus ou moins similaires (entre 16 et 17%). De façon générale, les rendements obtenus sont particulièrement bas en comparaison avec ceux relevés dans la littérature ^(11-13,15,19,20,126) (entre 30 et 70%) et pourraient être dus à la nature intrinsèque des échantillons.

Les principaux indices physico-chimiques sont alors déterminés selon des normes AFNOR⁽⁴²⁾.

ESPECES	ASTROCARYUM VULGARE	MAXIMILIANA MARIPA	ELAEIS OLEIFERA	BACTRIS GASIPAES	ACROCOMIA LASIOSPATHA
Rendement* (%)	9,7	31,3	16	16,4	17

* Moyenne de 3 essais (% par rapport à la matière sèche ; $\Delta = \pm 0,9 \%$)

Tableau III-1 : Rendement de l'extraction à l'hexane des huiles d'amande.

III-2-2. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES.

La caractérisation des huiles d'amandes est réalisée au travers de la détermination de la masse volumique, des indices de réfraction, d'acide et de peroxyde ainsi que de la teneur en insaponifiables.

a) Masse volumique.

La masse volumique, déterminée à la température de référence de 40 °C, est présentée dans le tableau III-2. On constate que toutes les masses volumiques sont du même ordre de grandeur (densités entre 0,86 et 0,96).

b) Indice de réfraction.

Les résultats regroupés dans le tableau III-2 révèlent une certaine similarité des indices de réfraction pour l'ensemble des huiles d'amandes étudiées (indices compris entre 1,435 et 1,453); des indices qui se rapprochent également de ceux relevés pour l'huile de palmiste⁽⁴³⁾ (entre 1,449 et 1,452). On notera que pour une même espèce, l'huile d'amande présente un indice de réfraction plus faible que celui de l'huile de pulpe.

c) Indice d'acide.

Les indices d'acide, présentés dans le tableau III-2, sont très bas et révèlent le parfait état des huiles extraites. La quantité d'acides gras libres est négligeable, excepté dans le cas de l'espèce *Bactris gasipaes* qui présente un indice supérieur aux autres espèces (indice égal à 12). Ceci est sans doute dû à l'hydrolyse enzymatique des triglycérides, conséquence de leur dégradation.

d) *Indice de peroxyde.*

Exceptée l'espèce *Acrocomia lasiospatha*, en comparaison avec les huiles de pulpe, chaque espèce présente des indices de peroxyde de ses huiles d'amandes plus élevés (Tableau III-2) . Cependant, ces indices demeurent faibles, excepté dans le cas de l'espèce *Bactris gasipaes* (indice de 68 meqO₂/kg d'huile) ; ce qui confirme bien l'hypothèse d'un état de dégradation avancé, déjà supposé à cause d'un indice d'acide élevé, qui pourrait conduire à une dégradation des quantités organoleptiques de cette huile.

e) *Teneur en matières insaponifiables.*

La teneur en matières insaponifiables a été déterminée selon la norme AFNOR NF T 60-205⁽⁴²⁾, en effectuant la moyenne de 3 essais pour chaque espèce ; les huiles utilisées ayant été obtenues après 2 heures d'extraction. Les résultats sont rassemblés au sein du tableau III-2. On a relevé des teneurs en insaponifiables relativement faibles (entre 0,5 et 0,8%) pour l'ensemble des huiles d'amandes. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles généralement relevées pour l'huile de palmiste⁽⁴³⁾ (teneur entre 0,2 et 0,8 %).

ESPECES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>
Indices physico-chimiques					
Masse volumique⁽¹⁾	0,94	0,86	0,90	0,96	0,93
Indices de réfraction⁽²⁾	1,451	1,435	1,451	1,453	1,449
Indice d'acide⁽³⁾	2,2	5,1	12,2	3,4	2,6
Indice de peroxyde⁽⁴⁾	8,2	9,0	68,6	6,6	4,0
T.I.⁽⁵⁾ :	0,7	0,7	0,8	0,5	0,6

(1) exprimée en g/ml ; moyenne de 4 déterminations ($\Delta = \pm 0,01$)

(2) moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,005$)

(3) exprimé en mg KOH/g d'huile ; moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,3$)

(4) exprimé en méqO₂/kg d'huile ; moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,1$)

(5) teneur en insaponifiables (% par rapport à la matière lipidique extraite) ; moyenne de 3 essais ($\Delta = \pm 0,1$)

Tableau III-2 : Indices physico-chimiques des huiles d'amande des 5 espèces retenues.

III-2-3. COMPOSITION EN ACIDES GRAS.

Après transestérification, suivant le même protocole que celui décrit au § II-2-4 et précisé en partie expérimentale, les huiles d'amandes des espèces retenues sont analysées par chromatographie en phase gazeuse (CPG) sur colonne capillaire DB-5-MS. Les compositions alors obtenues sont conciliées dans le tableau III-3.

Tout comme les huiles de coprah et de palmiste⁽¹⁰⁾, les huiles d'amandes étudiées méritent le terme d'huiles "lauriques". Elles présentent une composition en acides gras avec une grande prépondérance d'acides gras saturés (de 73 à 87 %). Notamment les acides laurique (entre 35 et 60% suivant les espèces) et myristique (entre 11 et 29%) y sont très représentés.

Les acides insaturés sont présents entre 13 et 27% suivant les espèces où l'acide oléique est prépondérant. Les espèces *Elaeis oleifera* et *Acrocomia lasiospatha* possèdent les plus grands taux d'acides gras insaturés (26,5 et 26,1%) pour respectivement 21,1 et 21,3% d'acide oléique.

Tout comme pour les huiles de pulpe, les teneurs en acides gras polyinsaturés sont relativement faibles (entre 2,4 et 5,4%). On peut préciser la présence d'acide linoléique pour l'huile d'amande de l'espèce *Acrocomia lasiospatha*.

Les compositions relevées sont en conformité avec celles relevées dans la littérature (10,11,12,,15,19,20,126). A partir des compositions relevées ci-dessus, les usages alimentaires et industriels peuvent être réalisés, même si les huiles dites "lauriques" ne font plus l'objet de grandes convoitises sur le marché des huiles:

- Du point de vue alimentaire⁽⁵⁰⁾, grâce à leur résistance au rancissement et au niveau élevé de leur point de fusion, les huiles d'amandes étudiées s'incorporent bien dans l'industrie alimentaire (margarines, émulsions, substituts du beurre de cacao).
- Du point de vue industriel^(48,49,50): plusieurs domaines de la lipochimie sont favorisés :
 - en *savonnerie*, les acides gras saturés confèrent aux huiles étudiées un pouvoir détergent et moussant très intéressants.
 - dans *l'industrie des tensioactifs* : les dérivés sont obtenus à partir des acides gras dont 90 % sont saturés.
 - dans *l'industrie des lubrifiants* : la stabilité et la faible oxydation des acides gras conviennent parfaitement pour la confection des huiles moteur.

ESPECES	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>
Acides gras					
% Acide gras saturés* :					
C _{6:0}	Tr	Tr	0,9	Tr	Tr
C _{8:0}	Tr	3,8	6,4	Tr	Tr
C _{10:0}	Tr	4	5,9	Tr	Tr
C _{12:0}	43,5	40,5	38,5	60,6	35,6
C _{14:0}	28,6	25,5	10,7	18,9	25,6
C _{16:0}	7,5	9	7,4	6	9,7
C _{18:0}	3,0	2,4	4,1	Tr	1,6
C _{20:0}	-	-	-	-	-
Total acides gras saturés	83,1	86,8	73,9	87,1	73,5
% Acides gras insaturés :					
C _{16:1}	-	Tr	Tr	-	-
C _{18:1}	13,6	10,8	21,3	12,9	21,1
C _{18:2}	3,3	2,4	2,9	Tr	5,4
C _{18:3}	-	-	1,9	-	-
Total acides gras insaturés	16,9	13,2	26,1	12,9	26,5

* % par rapport aux acides gras dosés. Moyenne de 2 essais pour 2 estérifications différentes

($\Delta = \pm 1\%$)

Tr : traces (< 0,5 %)

Tableau III-3 : Composition en acides gras des huiles d'amandes.

III-3. ETUDE DE LA FRACTION INSAPONIFIABLE DES HUILES D'AMANDES.

La notion d'insaponifiable, déjà définie au chapitre II-3, comprend principalement, dans le cadre des analyses effectuées, les composés suivants : stérols, tocophérols et tocotriénols (vitamine E).

III-3-1. ETUDE DES STEROLS.

La détermination analytique des stérols présents a été opérée suivant la méthode décrite au chapitre II-3-2. Les stérols présents dans les huiles d'amande sont les mêmes que ceux présents dans les huiles de pulpe. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau III-4 et les interprétations des spectres de masse relatives aux différents composés sont regroupés au Chapitre II-3-2.

Comme pour les huiles de pulpe, 5 stérols sont majoritaires : le cholestérol, le campestérol, le stigmastérol, le sitostérol et un $\Delta 5$ stérol dont la confirmation par RMN ^1H s'avère comme étant nécessaire. Le sitostérol est aussi le stérol majoritaire (entre 63% et 81,3% de l'ensemble des stérols). La présence notoire d'un $\Delta 5$ stérol est à préciser pour les espèces *Astrocaryum vulgare*, *Acrocomia lasiospatha* et *Bactris gasipaes* (entre 21% et 30% de l'ensemble).

Les teneurs en stérols sont plus élevées que celles relevées dans le cas des huiles de pulpe et les stérols représentent entre 25% et 45% de l'insaponifiable total. Les applications sont les mêmes que celles préconisées au chapitre II-3-2.

ESPECES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>
Sterols (ppm)*					
STEROLS :					
Cholestérol	Tr	Tr	5 – 7	Tr	44 – 50
Campestérol	108 – 130	84 - 87	59 – 61	62 – 70	63 – 79
Stigmastérol	63 – 65	35 – 40	35 – 37	159 – 174	93 – 99
Sitostérol	2480 – 2664	1353 – 1363	1468 – 1492	1352 – 1512	746 – 958
X1	732 - 860	638 – 648	434 – 440	95 – 103	142 – 170
Total stérols	3383 - 3719	2110 - 2138	2001 - 2037	1668 - 1859	1088 – 1356

* moyenne de 3 déterminations.

X1 : Δ^5 avénastérol ou fucostérol

Tableau III-4 : Teneur en stérols des huiles d'amande retenues.

III-3-2. ETUDE DES TOCOPHEROLS.

Les tocophérols et tocotriénols, définis au sens chimique au chapitre II-3-4, ont été dosés dans les huiles d'amandes retenues. Les résultats obtenus sont présents dans le tableau III-6. Les conditions opératoires sont définies en partie expérimentale. Le dosage a été effectué par la méthode d'étalonnage interne.

Pour 2 des espèces retenues (*Bactris gasipaes* et *Elaeis oleifera*), les spectres obtenus présentent des interférences en raison de la présence de nombreux composés étrangers, d'où l'approximation des résultats.

Du point de vue de la composition en tocophérols et tocotriénols des huiles étudiées, comme pour l'huile de coprah⁽⁴³⁾, les tocotriénols sont plus nombreux (entre 60 et 84% de l'ensemble), excepté pour l'espèce *Elaeis oleifera* où les tocophérols y sont plus présents (près de 70%). L' α -tocotriénol est prépondérant dans la majorité des cas.

Du point de vue de la teneur, exceptée l'espèce *Astrocaryum vulgare* qui présente une teneur beaucoup plus importante que les autres huiles (90-115 mg/kg d'huile brute, les résultats relevés sont extrêmement bas (entre 5 et 35 mg/kg d'huile brute) en comparaison avec les autres huiles végétales. Ces valeurs sont généralement observées pour l'huile de coco et de palmiste⁽⁹⁶⁻⁹⁸⁾ et représentent entre 0,1 et 1,6% de l'insaponifiable total.

Il aurait été intéressant de déterminer la teneur en composés phénoliques dans les huiles d'amandes étudiées afin de savoir si la stabilité d'oxydation des huiles, confirmée par des indices de peroxyde bas pour beaucoup d'espèces, est assurée par ces constituants⁽¹⁰¹⁾.

ESPÈCES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>
	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile	mg/kg d'huile
Tocophérols * (T)					
α T	6 - 7	7 - 16	2 - 3	2 - 3	2 - 3
β T	1 - 2	1 - 2	0 - 1	1 - 2	0 - 1
γ T	4 - 5	4 - 5	-	1 - 2	1 - 2
δ T	-	-	Tr	-	-
Total tocophérols	11 - 14	12 - 23	2 - 4	4 - 7	3 - 6
Tocotriénols (T3)*					
α T3	18 - 19	55 - 59	1 - 2	1 - 2	6 - 7
β T3	0 - 1	14 - 22	0 - 1	0 - 1	1 - 2
γ T3	0 - 1	6 - 7	2 - 3	0 - 1	2 - 3
δ T3	-	3 - 4	-	-	-
Total tocotriénols	18 - 21	78 - 92	3 - 6	1 - 4	9 - 12
Total	29 - 35	90 - 115	5 - 10	5 - 11	12 - 18

* réalisé à partir de 3 déterminations (Tr : <0,5 mg)

Tableau III-5 : Teneurs en tocophérols et tocotriénols des huiles d'amandes.

III-3-3. ETUDE DES ALCOOLS TRITERPENIQUES.

Pour les 5 huiles d'amandes retenues, les alcools triterpéniques ont été analysés suivant un protocole déjà défini au chapitre II-3-4 et précisé en partie expérimentale. Les résultats des interprétations spectrales et des dosages semi-quantitatifs effectués sont conciliés dans le tableau III-6.

Les huiles d'amandes des 5 espèces retenues présentent sommairement le même profil. Deux alcools triterpéniques tétracycliques se retrouvent dans les huiles étudiées aux temps de rétention qui sont les suivants dans les conditions opératoires utilisées :

- au temps de 36,50 mn : un alcool triterpénique de masse 498 : il s'agit du composé noté AT2, soit le *cycloarténol*.
- au temps de rétention égal à 38,52 mn : un alcool triterpénique de masse 498 : c'est le composé noté AT6 (cf. Chapitre II-3-4), soit le *24-méthylèncycloartanol*.

Seules les espèces *Acrocomia lasiospatha* et *Elaeis oleifera* ne possèdent que le cycloarténol comme alcool triterpénique.

ESPECES	<i>ACROCOMIA LASIOSPATHA</i>	<i>ASTROCARYUM VULGARE</i>	<i>BACTRIS GASIPAES</i>	<i>ELAEIS OLEIFERA</i>	<i>MAXIMILIANA MARIPA</i>
Alcools triterpeniques (%)*					
ALCOOLS TRITERPENIQUES :					
Cycloartenol	100	86	65,3	100	91,7
24-méthylèncycloartanol	-	14	34,8	-	8,3

* moyenne de 3 essais

Tableau III-6 : Composition en alcools triterpéniques des huiles d'amande.

CONCLUSION GENERALE

Suite à l'étude phytochimique des huiles extraites à partir de la pulpe ou de l'endocarpe des fruits retenus, une carte d'identité a pu être dressée pour chaque espèce :

Ainsi, il ressort de l'étude de la fraction glycéridique, les conclusions suivantes :

Les propriétés physico-chimiques des huiles étudiées présentent une grande similarité avec celles relevées pour l'huile de palme ou de palmiste. Les indices d'acide et de peroxyde assez bas témoignent de la parfaite stabilité des huiles extraites.

Du point de vue de la composition en acides gras, il ressort que les huiles de pulpe se composent principalement d'acide gras oléique qui leur confère les mêmes propriétés que celle de l'huile d'olive. Les huiles d'amandes sont plutôt composées d'acides gras à chaîne moyenne, principalement acides laurique et myristique, comme l'huile de coprah. Ces deux types de prédominance permettent plusieurs voies de valorisation : dans l'alimentaire direct et en lipochimie, notamment en savonnerie, dans l'industrie des tensioactifs, dans l'industrie des lubrifiants industriels et en cosmétologie.

De l'étude de la fraction insaponifiable, il ressort les conclusions suivantes :

De façon générale, les huiles de pulpe présentent une teneur en insaponifiable plus élevée que celle des huiles d'amandes (de 0,5% à 3,6% contre 0,5% à 0,6%). Mais ces teneurs restent tout à fait conformes à celles relevées pour ce type de végétal (palme, coprah et palmiste).

Pour ce qui est de la composition en stérols: suivant le type d'huiles, les stérols constituent une part plus ou moins importante de l'insaponifiable : entre 6% et 16% pour les huiles de pulpe et entre 25% et 45% pour les huiles d'amandes. Ce sont surtout le campestérol, le stigmastérol, le sitostérol et le Δ^5 -avénastérol qui sont présents. En dépit d'une teneur en stérols relativement faible, de nombreuses applications surtout dans le domaine alimentaire, médical voire cosmétologique peuvent être envisagées.

Pour ce qui est de l'étude des tocophérols : on notera la prépondérance de l' α -tocophérol dans les huiles de pulpe et celle des tocotriénols dans les huiles d'amandes. Les teneurs relevées sont basses, plus voisines de celle de l'huile d'olive que celle de l'huile de palme.

Concernant la nature des alcools triterpéniques présents dans les huiles étudiées, il ressort que les huiles de pulpe diffèrent beaucoup entre elles du point de vue qualitatif et quantitatif. La méthode spectroscopique utilisée n'a pas suffi dans cette étude à déterminer la nature exacte des molécules impliquées et il y a lieu de poursuivre l'analyse en faisant usage d'autres méthodes complémentaires (IR,UV,RMN du proton et du carbone). Cependant, les huiles d'amandes présentent toutes le même profil avec surtout le cycloarténol et le 24 méthylène cycloartanol comme alcools triterpéniques majoritaires.

Des caractérisations de la fraction glycéridique et de la fraction insaponifiable qui ont été menées, une sélection de quelques espèces de palmiers a pu être établie :

En premier lieu, l'espèce *Astrocaryum vulgare* (AWARA) s'avère être la plus intéressante de toutes. C'est un palmier très commun puisqu'il est situé en zone littorale et il est facile d'accès. Il est fortement impliqué dans les coutumes locales puisqu'il est à la base de mets culinaires. Son rendement en huile de pulpe de 10% et sa composition en acides gras principalement oléique (68%) permettent une exploitation immédiate dans l'alimentaire. Son utilisation en médecine traditionnelle en vertu de ses propriétés anti-inflammatoires conforterait son utilisation dans les industries pharmaceutique et/ou cosmétique en dépit d'une teneur en matières insaponifiables moyenne (1%).

L'espèce *Euterpe oleracea* (WASSAYE), déjà domestiquée en raison du cœur de palmier, est tout aussi digne d'intérêt. Bien qu'évoluant en zones inondées (berges de rivières) et qu'étant moins facile d'accès, son rendement en huile de pulpe (de l'ordre de 11%) et sa composition glycéridique essentiellement oléique (64%) lui permettent également une utilisation dans l'industrie alimentaire. Sa teneur en matières insaponifiables élevée (environ 3,7 %) la conforte dans des usages à des fins thérapeutiques.

Les espèces *Jessenia bataua* (PATAWA) et *Oenocarpus bacaba* (COMOU) ne font pas toujours l'objet de programmes de recherche génétique. Cependant, ce sont des palmiers communs, qui en plus de leur usage dans l'alimentation traditionnelle, mériteraient une exploitation. Les compositions en acides gras majoritairement oléiques (respectivement à hauteur de 75% et 60%) les placent en position de choix pour une utilisation dans le domaine alimentaire.

Les autres espèces présentent également un intérêt mais à un degré moindre, pour des raisons de contraintes de localisation, de décorticage, de rendement et de teneur en matières insaponifiables moins élevées.

PARTIE EXPERIMENTALE

A. APPAREILLAGE.

I. Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG).

I-1. Analyse et dosage des esters méthyliques.

Le chromatographe utilisé est du type Carlo Erba GC 6000 équipé d'un injecteur "cold on column", d'un détecteur à ionisation de flamme et d'une colonne capillaire en silice fondue DB-5MS. La longueur de la colonne est de 30 m et le diamètre intérieur de 0.32 mm, l'épaisseur du film étant de 0.25 μ m. L'appareil est couplé à un intégrateur Shimadzu chromapac CR 6-A.

Les conditions chromatographiques sont les suivantes :

- Hélium C : 40 kPa (gaz vecteur)
- Hydrogène U : 60 kPa
- Air : 60 kPa
- T°C du détecteur : 220°C
- Programmation du four : 80°C pendant 2 mn
80°C à 160°C à raison de 15°C/mn
160°C à 200°C à raison de 5°C/mn
isotherme à 200°C

I-2. Analyse quantitative des stérols.

L'analyse des stérols est opérée par CPG à l'aide de la même colonne que celle utilisée précédemment. Les conditions opératoires sont :

- Gaz vecteur : Helium C
- Gaz auxiliaires : Hydrogène U, air
- Programmation en température :
 - 80°C pendant 2 mn
 - 80°C à 200°C à 20°C/mn
 - 200°C à 280°C à 10°C/mn
 - 280°C isotherme

II. Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (CPG/SM).

L'analyse qualitative des stérols silylés par couplage CPG/SM par impact électronique a été effectuée au laboratoire du professeur J.Banoub (Université Memorial de Terre-Neuve, Canada). La confirmation des composés a été rendue possible par surcharge de témoins quand ceux-ci étaient disponibles.

III. Chromatographie Liquide à Haute Performance (HPLC).

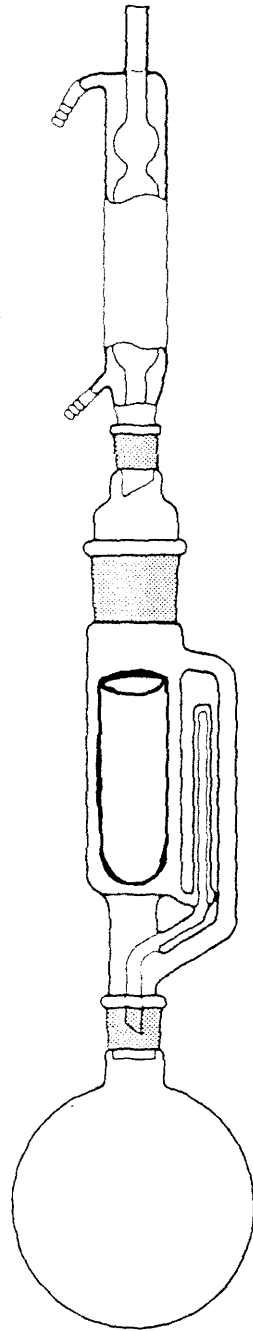
L'analyse des tocophérols a été effectuée sur l'appareil Perkin Elmer équipé d'une pompe isocratic LC Pump 250, d'un détecteur WATERS™ 486 Tunable Absorbance (la longueur d'excitation utilisée était de 292 nm) et d'une colonne de silice pure Spherisorb® 80Å. L'injection a été réalisée au moyen d'une boucle de 20µl Rheodyne 7725i. La phase mobile était composée d'hexane et d'isopropanol dans les proportions (99/1 v/v).

B. ANALYSES DES HUILES DE PULPE ET D'AMANDE.

I. Etude de la fraction glycéridique.

I-1. Extraction.

A l'échelle du laboratoire, c'est le procédé chimique par percolation qui a été choisi pour extraire les huiles de pulpe ou d'amande. La percolation consiste à faire passer lentement le solvant à travers une couche de substance pulvérisée, contenue dans une cartouche de cellulose épaisse et poreuse. L'extracteur de Soxhlet (cf. figure) est un appareil spécialement conçu pour l'extraction solide-liquide car il présente l'avantage d'accumuler le solvant condensé dans un réservoir à siphon, ce qui augmente la durée de contact entre le solvant et le produit à extraire. Quand le solvant atteint un certain niveau, il amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant la substance dissoute.



Extracteur de SOXHLET.

I-2. Détermination de la masse volumique.

La masse volumique a été déterminée selon la norme AFNOR NF T 60-214, à une température de 40°C, étant donnée le point de fusion relativement élevé des huiles puisque se situant entre 20°C et 30°C. Un volume équivalent à 250µl a été prélevé et pesé directement sur une balance de précision 10⁻⁴ g.

$$\rho = m / v$$

m : masse d'huile relevée (en g)

v : volume prélevé (ici 0.25 ml)

I-3. Détermination de l'indice de réfraction (Norme NF T 60-212).

La détermination de l'indice de réfraction a été effectuée grâce à un réfractomètre permettant l'estimation des indices de réfraction à 0.0002 près. La température de référence, étant donnée la nature de nos huiles, a été fixée à 40°C.

I-4. Dosage de l'acidité libre de l'huile brute.

Il est opéré suivant la norme AFNOR NF T 60-204. On dose l'acidité d'huile en solution dans un mélange éthanol/éther (50/50 v/v) par de la potasse à 0.1 N en présence de quelques gouttes de phénolphtaléine à 10g/l dans l'éthanol 95%. Le solvant doit être neutralisé juste avant l'emploi avec une solution d'hydroxyde de potassium 0.1 N.

L'indice d'acide est donné par la formule suivante :

$$I_A = (56.1 \times v) / E$$

v : volume de la solution éthanolique de KOH en ml de **solution N**.

E : masse de la prise d'essai en grammes.

I-5. Détermination de l'indice de peroxyde.

Elle est réalisée suivant la norme AFNOR NF T 60-220. On prélève entre 1.2 et 2 g d'huile. Cette quantité est dissoute dans 10 ml de chloroforme et on y ajoute 15 ml d'acide acétique puis 1 ml de solution d'iodure de potassium. On bouche le flacon afin de l'agiter pendant 1 mn puis on le laisse 5 mn à l'abri de la lumière. On rajoute 75 ml d'eau distillée. En agitant vigoureusement en présence d'indicateur d'iode, on titre l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium 0.002 N.

L'indice de peroxyde est exprimé suivant la relation:

$$I_{\text{meqO}_2/\text{kg d'huile}} = 1/8 \times 8000 \times (v - v_0) / E)$$

E : masse de la prise d'essai en gramme

v : volume de solution de thiosulfate de sodium exprimé en ml de **solution N**.

v₀ : volume de solution de thiosulfate de sodium pour l'essai à blanc.

I-6. Préparation des esters méthyliques.

Les esters méthyliques sont préparés suivant une méthode générale normalisée par l'AFNOR (norme NF T 60-233).

Entre 100 et 250 mg d'huile sont dilués dans 4 ml de solution méthanolique de KOH 0.5 N. On porte à ébullition à reflux pendant 5 à 10 mn puis on ajoute 5 ml de solution méthanolique de BF_3 (à 12 à 15% m/m) par le haut du réfrigérant. On poursuit l'ébullition pendant 2 mn et rajoute 5 ml d'heptane à nouveau par le haut du réfrigérant et on poursuit l'ébullition pendant 1 mn. On arrête le chauffage et on ajoute la solution saturée de NaCl. Après décantation, on transfère environ 1 ml de la couche supérieure dans un tube à essai auquel on ajoute du sulfate de sodium anhydre pour éliminer les traces d'eau. On procède à une dilution par 10 avant injection pour analyse par CPG.

I-7. Identification des esters méthyliques.

Les esters d'acides gras sont identifiés par comparaison des temps de rétention avec ceux d'étalons et confirmés par surcharge de témoins. Ces derniers sont les esters méthyliques des acides caproïque, caprylique, caprique, laurique, myristique, palmitique, palmitoléique, stéarique, oléique, linoléique, linoléinique et arachidique.

II- Etude de la fraction insaponifiable.

II-1. Obtention de l'insaponifiable et détermination de la teneur en matières insaponifiables.

Le protocole est normalisé (norme AFNOR NF t 60-205). 5 g d'huile sont chauffés à reflux dans 50 ml de potasse éthanolique 1 N pendant une heure. Après ajout de 50 ml d'eau distillée, la solution froide est extraite 3 fois par 50 ml d'hexane suivie d'un lavage avec un mélange eau distillée/ éthanol (90/10 v/v) jusqu'à PH neutre. La phase organique est ensuite séchée sur sulfate de sodium anhydre puis filtrée et évaporée à sec sous pression réduite. Le résidu ainsi obtenu est séché à 103°C puis dans un dessiccateur jusqu'à poids constant. Ce résidu constitue la fraction insaponifiable.

La teneur en matières insaponifiables est égale à :

$$\text{T.I.} : (m_1 / m_0) \times 100$$

m_1 : masse du résidu séché en gramme

m_0 : masse de la prise d'essai en g

II-2. Fractionnement de l'insaponifiable par Chromatographie sur Couche Mince (CCM).

Il a aussi fait l'objet d'une normalisation par l'AFNOR (norme AFNOR NF T 60-232). La fraction insaponifiable recueillie suivant le protocole précédent est diluée dans 0.5 ml de chloroforme et 200 μ l sont prélevés et déposés sur une plaque de silice 60 d'épaisseur 0.25 mm. La plaque est déposée dans une cuve contenant le mélange éluant : hexane/acétate d'éthyle (85/15 v/v).

Après migration du solvant sur une distance de 16-17 cm, la plaque est séchée à l'air libre. On découpe alors une bande verticale de largeur 2-3 cm à l'aide d'un couteau de verre et on révèle les bandes présentes sur cette plaque par pulvérisation d'un mélange éthanol/acide sulfurique (95/5 v/v) suivi d'un chauffage à 120°C jusqu'à apparition optimale des tâches. On obtient alors un profil CCM.

On localise alors par correspondance les différentes bandes présentes sur l'autre partie de la plaque. La migration effectuée par dépôts des différents étalons (stérol, alcool triterpénique, tocophérol et carotène) nous a permis de déterminer qualitativement la nature des bandes.

Ainsi pour chaque famille de constituants (stérol, méthyl-stérol, alcool triterpénique), on récupère la silice au niveau des tâches avec une microspatule. Elle est alors diluée dans 5 ml de chloroforme et portée à ébullition (chauffage à reflux) pendant 5 mn. Une fois la solution refroidie, elle est filtrée et le filtrat est récupéré. La silice déposée sur le filtre est à nouveau traitée par ébullition dans 5 ml de chloroforme. Ce traitement est opéré 3 fois.

Tous les filtrats correspondant à une même bande de silice grattée sont alors réunis et le solvant éliminé sous un léger courant d'azote. Les différentes fractions alors recueillies, étant donnée leur polarité, doivent faire l'objet d'une dérivation pour analyse par CPG ou CPG/SM.

II-3. Préparation des dérivés silylés correspondant à chaque classe de composés.

La silylation a été directement effectuée sur les fractions recueillies précédemment. Il a pu s'avérer que le dépôt opéré sur la plaque de silice n'ait pas été suffisant pour permettre une détermination qualitative optimale par CPG/SM. Ainsi cette silylation a dû se faire directement à partir de la matière insaponifiable sans passer par l'étape de fractionnement par CCM.

La fraction (ou la matière insaponifiable) est introduite dans un tube à essai dans lequel on introduit successivement 0.5 ml de pyridine (cf. ANNEXE), 0.1 ml d'hexaméthylidisilazane et 0.04 ml de triméthylchlorosilane. Après agitation du mélange suivie d'une centrifugation, c'est le surnageant, après éventuelle dilution, qui est injecté dans la colonne.

II-4. Dosage des tocophérols.

A cause de la fragilité des composés à analyser, le dosage des tocophérols par CPG (norme AFNOR NF T 60-239) a été délaissé. C'est l' HPLC qui a été retenue. Cette étude a été opérée directement à partir de l'insaponifiable, tant la teneur faible en tocophérols totaux dans certains cas, ne nous permettait pas une analyse de bonne qualité. Une colonne de silice pure Spherisorb® a été utilisée :

- Granulométrie 80Å.
- Longueur de la colonne : 25cm
- Diamètre de la colonne : 4.6 mm
- Epaisseur du film : 5µm
- Température de la colonne : T°C ambient
- Solvant : isopropanol dans hexane (99/1 v/v)
- Débit : 1 ml/mn
- Quantité injectée : 20 µl

La détection a été réalisée par UV. La longueur d'onde d'excitation étant de 292 nm. Les différents tocophérols et tocotriénols ont été identifiés par comparaison des temps de rétention avec ceux d'étalons et confirmés par surcharge des témoins. Ils sont ensuite dosés par étalonnage interne où suivant le cas, le δ -tocophérol ou le δ -tocotriénol, est utilisé comme étalon.

BIBLIOGRAPHIE

1. HENDERSON A., GALEANO G. et R. BERNAL - Field guide to the palms of the americas - *Princeton University Press, Princeton, New-Jersey* : 14-15 (1995)..
2. KAHN F. et J-J. DE GRANVILLE - Palms in Forest Ecosystems of Amazonia -*Ed° SPRINGER-VERLAG, Berlin* (1992).
3. BOGGAN J., FUNK V., KELLOF C., HOFF M., CREMERS G. et C. FEUILLET - Checklist of the plants of the Guianas (Guyana, Surinam, French Guiana) - *Georgetown, Guyana* : 54-57 (1997).
4. DE GRANVILLE J-J. - Les palmiers de la Guyane française - *Revue Bois et forêts des Tropiques*, **220** : 43-54 (1988).
5. DE GRANVILLE J-J. - La distribución de las palmas en Guyana francesa - *ACTA AMAZONICA*, **19** : 115-138 (1989).
6. CENTRE NATIONAL DES ARTS CULINAIRES (CNAC) – Guyane : Produits du terroir et recettes traditionnelles – *Albin Michel , Paris* : 207-222 (1999).
7. GRENAND P., MORETTI C. et H. JACQUEMIN – Pharmacopées traditionnelles en GUYANE – *Editions de l'ORSTOM, Collection Mémoires, Paris*, **108** : 330-336 (1987).
8. BALICK M.J. et S. GERSHOFF - Nutritional evaluation of the *Jessenia bataua* palm : source of high quality protein and oil from tropical america - *Economic Botany*, **35(3)** : 261-271 (1981).
9. BALICK M.J. - Systematics and economic botany of the *Oenocarpus Jessenia* (Palmae) complex - *The NY Botanical garden, NY, USA* (1986).
10. MARTIN G. et P-H. GUICHARD - A propos de 4 palmiers spontanés d'Amérique latine – *Oléagineux*, **34(8-9)** : 375-381 (1979).

11. BALICK M. J. – Palmas Neotropicales : nuevas fuentes de aceites comestibles – *Interciencia*, **7(1)** : 25-29 (1982).
12. SERRUYA H., BENTES M.H.S., SIMOES J.C., LOBATO J.E., MULLER A.H., ROCHA FILHO G.N., LUNA M.S. et A.C. ARRUDA – Propriedades físico-químicas e composição de ácidos graxos dos frutos de 3 palmáceas nativas da Região amazônica – *Resumos da 31 reunião anual de SBPC* : p. 394 (1979).
13. PESCE C. - Oil palms and other oilseeds of the Amazon - *Reference publications, INC, Michigan* : 28-90 (1985).
14. LUBRANO C., ROBIN J.R. et A. KHAIAT - Composition en acides gras, stérols et tocophérols d'huiles de pulpe de fruits de six espèces de palmiers de Guyane - *Oléagineux*, **49(2)** : 59-65 (1994).
15. SERRUYA H., BENTES M.H.S., SIMOES J.C., LOBATO J.E., MULLER A.H., ROCHA FILHO G.N., LUNA M.S. et A.C. ARRUDA – Análise dos óleos dos frutos de 3 palmáceas da região amazônica – *Anais da associação brasileira de química*, **31** : 93-96 (1979).
16. SERRUYA H., DA S.BENTES M.H. et M. MUCCINI – Análise do óleo extraído do Açai branco (EUTERPE OLERACEA Mart.) – *Resumo da 40° Reunião Anual de SBPC* : p.610 (1988).
17. OOI S.C., DA SILVA E.B., MULLER A.A. et J.C. NASCIMENTO - Oil palm genetic resources_ Native E.oleifera populations in Brazil offer promising sources - *Pesqui. Agropecu. Bras.*, **16** : 385-395 (1981).
18. ARCKOLL D.B. et J.P.L. AGUIAR - Peach palm (Bactris gasipaes H.B.K.), a new source of vegetable oil from the wet tropics - *J. Sci. Food Agric.*, **35** : 520-526 (1984).

19. HAMMOND E.G. et W.P. PAN - Fatty acid composition and glyceride structure of the mesocarp and kernel oils of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) - *Rev. Biol. Trop.*, **30(1)** : 91-93 (1982).
20. MAMBRIM M.C.T. et D. BARRERA-ARELLANO - Caracterización de aceites de frutos de palmeras de la región amazónica del Brasil - *Grasas y aceites*, **48(3)** : 154-158 (1997).
21. BERNAL R.G., GALEANO G. et A. HENDERSON - Notes on *Oenocarpus* (Palmae) in the colombian amazon - *Brittonia*, **43(3)** : 154-164 (1991).
22. PEDERSON H.B. et H. BALSLEV - Ecuadorian palms for agroforestry - *Aarhus University Press, Denmark* : 53-75, 89-102 (1991).
23. MEUNIER J. - Le "palmier à huile" américain *Elaeis melanococca* - *Oléagineux*, **30(2)** : 51-61 (1975).
24. BALICK M.J. - Une huile comestible de haute qualité en provenance des espèces *Jessenia* et *Oenocarpus* : un complexe de palmiers natifs de la vallée de l'Amazone - *Oléagineux*, **36(6)** : 319-326 (1981).
25. CAVALCANTE P.B. - Edible palm fruits of the Brazilian Amazon - *Principes*, **21(3)** : 91-102 (1977).
26. CAVALCANTE P.B. - Frutas Comestíveis da Amazonia II - *Publicações AVULSAS*, **27** : 31-43 (1974).
27. J.G. WESSELS BOER – Flora of Suriname : PALMAE – Ed° E.J. BRILL for Foundation VAN EEDENFONDS, Amsterdam, **5(1)** : 11-155 (1965).
28. FAO Statistical databases : Communication personnelle :: www.fao.org.

-
29. PROLEA : Communication personnelle : Statistiques des oléagineux et protéagineux (1988-1999) - *Prolea documentation*, Paris : 77-82 (1999).
30. VOITURIEZ T. - Risques et incertitudes sur le marché mondial des huiles de palme, palmiste et coprah - *OCL*, **7(2)** : 140-146 (2000).
31. LUCHETTI F. - Importance économique de l'huile d'olive dans le monde - *OCL*, **6(1)** : 41-44 (2000).
32. RODRIGUEZ A. - Prévisions de consommation d'huiles végétales en Amérique latine - *OCL*, **1(3)** : 204-205 (1994).
33. CORADIN L. et E. LLERAS – Overview of palm domestication in Latin America – *Advances in economic botany*, **6** : 175-189 (1988).
34. SCHULTES R.E. - Seje : an oil-rich palm for domestication - *Elaeis*, **1(2)** : 126-131 (1989).
35. CLEMENT C.R. et D.B. ARCKOLL – The pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K. Palmae) as an oil crop : potential and breeding strategy – *Oléagineux*, **46(7)** : 296-299 (1991).
36. CLEMENT C.R et R.M. MANSARDT – A review of the importance of spines for pejibaye heart-of-palm production – *Scientia horticulturae*, **83** : 11-23 (2000).
37. MUNIZ-MIRET N., VAMOS R., HIRAOKA M., MONTAGNINI F. et R. HENDELSON – The economic value of managing the acai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the floodplains of the Amazon estuary, Para, Brazil – *Forest ecology and management*, **87** : 163-173 (1996).

38. KAHN F. et F. MOUSSA – Economic importance of *Astrocaryum aculeatum* (Palmae) in central brazilian amazonia – *ACTA BOT. VENEZ.*, **22(1)**, 237-245 (1999).
39. LLERAS E. et L. CORADIN – La palma Macauba (*Acrocomia aculeata*) como fuente potencial de aceite combustible – *Palmeras poco utilizadas de América tropical*, **7** : 102-112 (1983).
40. LLERAS E. – *Acrocomia*, um gênero com grande potencial- *Useful palms of tropical America Newsletter*, **1** : 3-5 (1985).
41. PADOCH C. – Aguaje (*Mauritia Flexuosa* L.f.) in the economy of Iquitos, Perù – *Advances in economic botany*, **16** : 214-224 (1988).
42. ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION – Recueil de normes françaises des corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés – *AFNOR*, 3^o édition, Paris (1984).
43. HAMILTON R.J. et J.B. ROSSELL - Analisis of oils and fats - *Elsevier applied Science Publishers, England* : p. 36, p. 40 (1986).
44. JACOTOT B. - Intérêt nutritionnel de la consommation de l'huile d'olive - *OCL*, **4(5)** : 373-374 (1997).
45. EBONG P.E., OWU D.U. et E.U. ISONG - Influence of palm oil (*Elaeis guineensis*) on health - *Plant Foods for human nutrition*, **53** : 209-222 (1999).
46. DELPLANQUE B., JUSSELIN I., LEROY B. et C. MOTTA - Intérêt nutritionnel des huiles d'olive - *OCL*, **6(1)** : 86-93 (1999).
47. JACOTOT B. - Acides gras mono-insaturés alimentaires et lipoprotéines : intérêt du régime méditerranéen - *OCL*, **1(2)** : 97-98 (1994).

-
48. MORIN L., DRONNE Y. et V. REQUILLART - La demande non-alimentaire des huiles et des graisses - *OCL*, **1(3)** : 188-191 (1994).
49. ARKCOLL D. - Lauric oil resources - *Economic Botany*, **42(2)** : 195-205 (1988).
50. VOITURIEZ T. et M. DE NUCE DE LAMOTHE - L'avenir contrasté du marché des huiles lauriques- *OCL*,**4(5)** : 320-323 (1997).
51. SATGE DE CARO P. et A. GASET - Valorisation non alimentaire de l'huile de tournesol oléique : quelles opportunités? - *L'actualité chimique*, **12** : 3-7 (2000).
52. -PLATON J-F. - Les lipides en cosmétologie - *OCL*, **4(4)** : 275-281(1997).
53. KHAIAT A. - Utilisation pour le traitement des peaux mixtes d'une quantité efficace de substances actives - *Brevet déposé à l'INPI le 21.09.93 Référence FR 2710 264-B1 N° Enregistrement national : 93 11240.*
54. RANCUREL A. et F. LAIGNEAU – Compositions à base de fractions insaponifiables d'huiles de germe de blé et de sésame, et leurs utilisations notamment en cosmétologie et en qualité de complément alimentaire – *Brevet déposé le 25.06.92 Référence FR 292 783 – A1 N° Enregistrement national : 92 07830.*
55. MASSERA A.M. – Liposoma dell'insaponificabile di olio da olive. Determinazione quantitativa della quota liposomata – *Cosmetics*, **16 (93)** : 401-407 (1993).
56. ELMADFA I. – Physiological importance of unsaponifiable components in dietary fats – *Fat Sci. Technol.*, **97(3)** : 85-90 (1995).
57. MOHAMED H.M.A. et I.I. AWATIF – The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant – *Food chemistry*, **62(3)** : 269-276 (1998).

58. SAENZ M.T., GARCIA M.D., AHUMADA M.C. et V.RUIZ – Cytostatic activity of some compounds from the unsaponifiable fraction obtained from virgin olive oil – *Il pharmaco*, **53** : 448-449 (1998).
59. KHAYYAL M.T. et M.A. EL-GHAZALY – The possible « chondroprotective effect of the unsaponifiable constituents of avocado and soya in vivo- *Drugs Exptl. Clin. Res.*, **24(1)** : 41-50 (1998).
60. FILTEAU S.M., LIETZ G., MULOKOZI G., BILOTTA S., HENRY J.K. et A.M. TOMKINS - Milk cytokines and subclinical breast inflammation in tanzanian women : effects of dietary red palm oil or sunflower oil supplementation - *Immunology*, **97** : 595-600 (1999).
61. KUT C., GROULT N., BONNEFOIX M., GUILLOU B., GODEAU G. et B. PELLAT – Influence of unsaponifiable of avocado and soy bean oil on the activities and secretion of matrix metalloproteinases and their inhibitors on gingival fibroblasts in culture – *Journal of investigative dermatology*, **112(1)** : p.27 (1999).
62. BETTACH N., BANOUB J. et M. DELMAS - Etude comparative des graines de crucifères du genre *Lepidium*, *Eruca*, *Diplotaxis* et *Sinapsis*. II. Caractérisation des stérols - *OCL*, **4(2)** : 152-155 (1997).
63. BETTACH N. - Etude phytochimique de graines de crucifères originaires du Maroc – *Thèse de doctorat de l'INP Toulouse* : 48-75 (1997).
64. COCALLEMEN S. - Les lipides de *Solanum Melongena* (L.) – *Thèse de doctorat de l'INP Toulouse* : 48-101 (1989).
65. BUSSON-BREYSSE J., FARINES M. et J. SOULIER - Identification des principaux 4 α -methylsterols par spectrométries de masse et de RMN du proton - *Revue française des corps gras*, **38° année(9-10)** : 321-328 (1991).

66. GOMES DA SILVA W. et E. FEDELI - Il patata, una fonte di olio vegetale per l'alimentazione : nuove alternative - *La rivista italiana delle sostanze grasse*, **72** : 303-306 (1995).
67. MENDILAHARSU M., DE STEFANI E., DENEOPELLEGRINI H., CARZOGLIO J. et A. RONCO – Phytosterols and risk of lung cancer : a case-control study in Uruguay – *Lung cancer*, **21** : 37-45 (1998).
68. AWAD A.B., VON HOLTZ R.L., CONE J.P., FINK S. et Y.C. CHEN - β sitosterol inhibits the growth of HT-29 human colon cancer cells by activating the sphingomyelin cycle – *Anticancer research*, **18** : 471-479 (1998).
69. NORMEN L., BRANTS H., VOORIPS L., ANDERSSON H., VAN DEN BRANDT P.A. et R.A. GOLDBOHM – Plant sterol intake and colorectal cancer risk in the Netherlands cohort study – *American Journal of epidemiology*, **149** (11) : p. 402 (1999).
70. JONES P. J.H., NTANIOS F.Y., RAEINI-SARJAZ M. et C.A. VANSTONE – Cholesterol-lowering efficacy of a sitostanol-containing mixture with a prudent diet in hyperlipidemic men – *Am. J. Clin. Nutr.*, **69** : 1144-1150 (1999).
71. FARQUHAR J.W. – Plant sterols : their biological effects in humans – *Handbook of lipids in human nutrition*, CRC Press Inc., USA : 101-105 (1996).
72. PLAT J., KERCKHOFFS A.J.M. et R. MENSINK – Therapeutic potential of plant sterols and stanols – *Current opinion in Lipidology*, **11** : 571-576 (2000).
73. AMBROSOVA Z., VOZAR I., CIERNIK M., SVEC P. et J. KYSELOVIC – Effect of a phytosterol mixture diet on the plasma level of fatty acids in hypercholesterolaemic rats (PHHC) – *Pharmazie*, **54**(4) : 312-313 (1999).

74. VISSERS M.N., ZOCC P.L., MEISER G.W. et M.B. KATAN – Effect of plant sterols from rice bran oil and triterpenes alcohols from sheanut oil on serum lipoprotein concentrations in humans – *Am. J. Clin. Nutr.*, **72** : 1510-1515 (2000).
75. BOUIC P. J-D. et J.H. LAMPRECHT - Plant sterols and sterolins : a review of their immune-modulating properties - *Altern. Med. Rev.*, **4(3)** : 170-177 (1999).
76. YASUKAWA K., AKIHISA T., KANNO H., KAMINAGA T., IZUMIDA M., SAKOH T., TAMURA T. et M. TAKIDO - Inhibitory effects of sterols isolated from *chlorella vulgaris* on 12-O-Tetradecanoylphorbol-13-acetate-induced inflammation and tumour promotion in mouse skin - *Biol. Pharm. Bull.*, **19(4)** : 573-576 (1996).
77. WACHTER R., SALKA B. et A.MAGNET – Phytosterols- active substances of vegetable origin in cosmetics – *Cosmetics and toiletries magazine*, **110** : 72-82 (1995).
78. MARTINI M.C. et M. SEILLER - Actifs et additifs en cosmétologie- *Technique et documentation, Lavoisier, Paris* : 211-234 (1992).
79. KIM Y.D. et B.J. HA – Polyethoxylliertes Vitamin E und Verfahren zu dessen Herstellung – *Brevet allemand déposé le 27.03.92 Référence DE 42 10112 A1 N° enregistrement national P 42 10 112.3.*
80. WACHTER R., TESTMANN H., STRUVE A., SANDER A. et B. ANDERSEN – Kosmetische und/oder pharmazeutische zubereitungen – *Brevet allemand déposé le 22.07.94 Référence DE 44 26 148 A1 N° enregistrement national P 4426 148.9.*
81. LEGER C.L. - La vitamine E : état actuel des connaissances, rôle dans la prévention cardiovasculaire, biodisponibilité - *OCL*, **7(3)** : 258-265 (2000).
82. JANERO D.R. - Therapeutic potential of vitamin E against myocardial ischemic-reperfusion injury- *Free radical biology and Medicine*, **10** : 315-324 (1991).

83. AL-MOUTAIRY A.R. - Effect of vitamin E and selenium on hypothermic restraint stress and chemically-induced ulcers - *Digestive diseases and sciences*, **41(6)** : 1165-1171 (1996).
84. SATO K., KANAZAWA A., OTA N., NAKAMURA T. et K. FUJIMOTO - Dietary supplementation of catechins and alpha-tocopherol accelates the healing of trinitrobenzene sulfonic acid-induced ulcerative colitis in rats - *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **44** : 769-778 (1998).
85. EDMONDS S.E., WINYARD P.G., GUO R., KIDD B., MERRY P., LANGRISH-SMITH A., HANSEN C., RAMM S. et D.R. BLAKE - Putative analgesic activity of repeated oral doses of vitamin E in the treatment of rheumatoid arthritis - Results of a prospective placebo controlled double blind trial - *Annals of the rheumatic diseases*, **56** : 649-655 (1997).
86. AMBROSONE C.B., MARSHALL J.R., VENA J.E., LAUGHLIN R., GRAHAM S., NEMOTO T. et J.L. FREUDENHEIM - Interaction of family history of breast cancer and dietary antioxydants with breast cancer risk (New York, USA) - *Cancer causes and control*, **6** : 407-415 (1995).
87. BOSTICK R.M., POTTER J.D., MCKENZIE D.R., SELLERS T.A., KUSHI L.H., STEINMETZ K.A. et A.R. FOLSOM - Reduced risk of colon cancer with high intake of vitamin E : the Iowah women's health study - *Cancer research*, **53** : 4230-4237 (1993).
88. WANG W. et C.M. HIGUCHI - Induction of NAD(P)H : quinone reductase by vitamins A, E and C in colo205 colon cancer cells - *Cancer letters*, **98** : 63-69 (1995).
89. STONE W.L. et A.M. PAPAS - Tocopherols and the etiology of colon cancer - *Journal of the National cancer Institute*, **89 (14)** : 1006-1014 (1997).
90. GRIMBLE R.F. - Effect of antioxidative vitamins on immune function with clinical applications - *International J. Vit. Nutr. Res.*, **67** : 312-320 (1997).

91. PESKIND E.R. - Pharmacologic approaches to cognitive deficits in Alzheimer's disease - *J. Clin. Psychiatry*, **59(9)** : 22-27 (1998).
92. KNOPMAN D.S. - Current pharmacotherapies for Alzheimer's disease - *Geriatrics*, **53(1)** : 31-34 (1998).
93. HELLENBRAND W., BOEING H., ROBRA B-P., SEIDLER A., VIEREGGE P., NISCHAN P., JOERG J., OERTEL W.H., SCHNEIDER E. et G. ULM - Diet and Parkinson's disease II : a possible role for the past intake of specific nutrients- Results from a self-administered food frequency questionnaire in a case control study - *Neurology*, **47** : 644-650 (1996).
94. TAN B. et L. BRZUSKIEWICZ - Separation of tocopherol and tocotrienol isomers using normal and reverse phase liquid chromatography - *Analytical biochemistry*, **180** : 368-373 (1989).
95. SHUKLA V.K.S. et O.H.JENSEN - Fatty acid composition and tocopherol content of Amazonian palm oils - *Journal of Food Lipids*, **3** : 149-154 (1996).
96. CARPENTER A.P. – Determination of tocopherols in vegetable oils - *Journal of Am. Oil Chem. Soc.* , **56** : 668-671 (1979).
97. ROSSEL J.B., KING B. et M.J. DOWNES – Composition of oil fats – *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **62(2)** : 221-230 (1983).
98. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY – Introduction to fats and oils technology – *American Oil Chemists' Society, Phoenix, USA* : p.23 (1988).
99. KIRITSAKIS A.K. – Olive oil – *American Oil Chemists' Society, USA* : 39-41 (1990).
100. LEGER C.L. – Co-produits de l'huilerie d'olive : les composés phénoliques et leurs propriétés biologiques – *OCL*, **6(1)** : 60-63 (1999).

101. FORCADELL M.L., COMAS M., MIQUEL X. et M.C. DE LA TORRE –
Détermination du tyrosol et de l'hydroxy-tyrosol dans les huiles vierges d'ole- *Revue Française des Corps Gras*, **12** : 547-549 (1987).
102. AHUMADA C., SAENZ T., GARCIA D., DE LA PUERTA R., FERNANDEZ A. et E. MARTINEZ - The effects of a triterpene fraction isolated from *Crataegus monogyna* Jacq. on different acute inflammation models in rats and mice-Leucocyte migration and phospholipase A₂ inhibition- *J. Pharm. Pharmacol.*, **49** : 329-331 (1997).
103. GEETHA T. et P. VARALAKSHMI - Effect of lupeol linoleate on lysosomal enzymes and collagen in adjuvant -induced arthritis in rats - *Molecular and cellular biochemistry*, **201** : 83-87 (1999).
104. AKIHISA T., YASUKAWA K., KIMURA Y., TAKASE S-I., YAMANOUCHI S. et T. TAMURA - Triterpene alcohols from camelia and sanqua oils and their anti-inflammatory effects- *Chem. Pharm. Bull.*, **45(12)** : 2016-2023 (1997°).
105. AKIHISA T., YASUKAWA K., KIMURA Y., YAMANOUCHI S. et T. TAMURA - Sasanquol, A3,4-seco- triterpene alcohol sasanqua oil, and its anti-inflammatory effect - *Phytochemistry*, **48(2)** : 301-305 (1998).
106. GEETHA T., VARALAKSMMI P. et R.M. LATHA - Effect of triterpenes from *Crataeva Nurvala* stem bark on lipid peroxidation in adjuvant induced arthritis in rats- *Pharmacological Research*, **37(3)** : 191-195 (1998).
107. AKIHISA T., YASUKAWA K., YAMAURA M., UKIYA M., KIMURA Y., SHIMIZU N. et K. ARAI – Triterpene alcohol and sterol ferulates from rice bran and their anti-inflammatory effects – *J. Agric. Food Chem.*, **48** : 2313-2319 (2000).
108. KWEIFIO-OKAI G., DE MUNK F., RUMBLE B.A., MACRIDES T.A. et M. CROPLEY - Antiarthritic mechanisms of amyirin triterpenes - *Research communications in molecular pathology and pharmacology*, **88 (1)** : 45-55 (1994).

109. KWEIFIO-OKAI G., DE MUNK F., MACRIDES T.A., SMITH P. et B.A. RUMBLE - Antiarthritic mechanisms of lupeol triterpenes - *Drug development research*, **36** : 20-24 (1995).
110. KWEIFIO-OKAI G. et T.A. MACRIDES - Antilipoxygenase activity of amyirin triterpenes - *Research communication in chemical pathology and pharmacology*, **78(3)** : 367-376 (1992).
111. SMITH-KIELLAND I., DORNISH J.M., MALTERUDK E., HVISTENDAHL G., ROMMING Chr., BOCKMAN O.C., KOLSAKER P., STENSTROM Y. et A. NORDAL - Cytotoxic triterpenoids from the leaves of *Euphorbia pulcherrima*- *Planta medica*, **62** : 322-325 (1996).
112. SMITH-KIELLAND I. - Pharmaceutical mixture - *Brevet norvégien* déposé le 19.03.93- Référence AGIK 31/56, 31/575 - Numéro international PCT / NO93100046.
113. ANAND R., PATNAIK G.K., KULSHRESHTHA D.K. et B.N. DHAWAN - Antiuro lithiatic activity of lupeol, the active constituent isolated from *Crateva nurvala* - *Phytotherapy research*, **8** : 417-421 (1994).
114. SUNITHAS S., NAGARAJ M. et P. VARALAKSHMI - Effect of lupeol, a pentacyclic triterpene from *Cratavea nurvala*, on nephrotoxicity induced by cadmium in rats - *Medical science research*, **27** : 535-540 (1999).
115. ISOBE T., IMAI Y., SAITO M., MURATA S., NAGAO T. et C. TSURUMI - Preparation of cycloartenols and their use as brain function improvers - *Brevet japonais* déposé le 17.09.93 (JP 05239088A2).
116. HAYASHI K. et H. HAYASHI - Hair growth stimulants containing alpha-amyirin triterpenes or extracts of *Centella* sp. Or *Prunelle* sp. - *Brevet japonais* enregistré le 13.01.95 (JP 07010722A2).

117. AYUSO GONZALEZ M.J., REYES RUIZ M. et M.V. TORO SAINZ - Estudio de la actividad antimicrobiana de compuestos triterpenicos aislados de Erica andevalensis Cabezudo-Ribera - *An. Real Acad. Farm.*, **57** : 419-423 (1991).
118. MAGLIOZZI M. et M. FARINES - Identification des alcools triterpéniques tétracycliques par spectrométrie de masse et de RMN du proton - *OCL*, **3(6)** : 443-447 (1996).
119. NTSOURANKOUA H. et J. ARTAUD - Dosage et identification des alcools triterpéniques dans les huiles de bourrache, cassis et onagre - *OCL*, **4(2)** : 147-151 (1997).
120. SHIOJIMA K., ARAI Y., MASUDA K., TAKASE Y., AGETA T. et H. AGETA - Mass spectra of pentacyclic triterpenoids - *Chem. Pharm. Bull.*, **40(7)** : 1683-1690 (1992).
121. BUDZIKIEWICKZ H., WILSON J.M. et C. DJERASSI - Mass spectrometry in structural and stereochemical problems. Pentacyclic triterpenes. - *J. Am. Chem. Soc.*, **85** : 3688-99 (1963).
122. OGUNKOYA L ; - Application of mass spectrometry in structural problems in triterpenes - *Phytochemistry*, **20** : 121-126 (1981).
123. AUDIER H.E., BEUGELMANS R. et B.C. DAS - Mass spectrometry of tetracyclic triterpenes_ Part II : The lanostane group : influence of the 9 :19 - cyclopropae ring - *Tetrahedron Letters*, **36** : 4341-4347 (1966).
124. TABACCHI R., TSOUPIRAS G. et P. ALLEMAND - Identification of triterpenes from lichens by tandem mass spectrometry (MS-MS) - *Bibliotheca Lichenologica*, **57** : 429-442 (1995).

125. MACARI P.A.T., GASTMANS J.P., RODRIGUEZ G.V. et V.P. EMERENCIANO – An expert system for structure elucidation of triterpenes – *Spectroscopy*, **12** : 139-166 (1994/1995).
126. OMON OBOH F. et R. A. ODERINDE - Fatty acid and glyceride composition of *Astrocaryum vulgare* kernel fat - *J. Sci. Food Agric.*, **48** : 29-36 (1989).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1: Famille des Arécacées en Guyane française.....	15
Tableau I-2 : Liste des palmiers indigènes de Guyane française.	16
Tableau I-3 : Tableau récapitulatif des usages faits de quelques espèces de palmiers par la population locale.....	18
Tableau I-4 : Tableau récapitulatif des usages faits de quelques espèces de palmiers par la population locale.....	19
Tableau I-5 : Périodes de fructification générale de quelques palmiers amazoniens.....	33
Tableau II-1 : Présentation des sites de récolte.	47
Tableau II-2 : Teneur et composition des fruits de palmiers étudiés.	50
Tableau II-3 : Rendement d'extraction à l'hexane des huiles de pulpe.	57
Tableau II-4 : Aspect qualitatif des huiles extraites de pulpe.	58
Tableau II-5 : Indices physico-chimiques des huiles de pulpe des 8 espèces de palmiers retenues.....	63
Tableau II-6 : Composition en acides gras des huiles de pulpe.	66
Tableau II-7 : Rf des différents constituants de l'insaponifiable.	69
Tableau II-8 : Teneur en stérols des huiles de pulpe retenues.	82
Tableau II-9 : Teneurs en tocophérols et tocotriénols des huiles de pulpe retenues.....	85
Tableau II-10 : Composition en alcools triterpéniques des huiles de pulpe.....	100
Tableau III-1 : Rendement de l'extraction à l'hexane des huiles d'amande.	104
Tableau III-2 : Indices physico-chimiques des huiles d'amande des 5 espèces retenues.....	107
Tableau III-3 : Composition en acides gras des huiles d'amandes.	110
Tableau III-4 : Teneur en stérols des huiles d'amande retenues.....	112
Tableau III-5 : Teneurs en tocophérols et tocotriénols des huiles d'amandes.....	114
Tableau III-6 : Composition en alcools triterpéniques des huiles d'amande.....	116

LISTE DES FIGURES

Fig. I-1 : Zone géographique du bassin amazonien et du plateau des Guyanes.....	13
Fig. I-2. : Les différents types de feuilles.....	23
Fig I-3 : Schéma coupe d'un fruit.	27
Fig. I-4 : Répartition de la production mondiale des principales huiles végétales en 2000.....	36
Fig. I-5. : Evolution de la production mondiale des huiles de palme, palmiste et coprah.	38
Fig. II-1 : Localisation des sites de récolte.....	48
Fig. II-2 : Quelques constituants de la fraction glycéridique.	53
Fig. II-3 : Quelques exemples d'acides gras insaturés (doubles liaisons cis).	53
Fig. II-4 : Les différentes structures stéroliques.....	71
Fig. II-5 : Structure des tocophérols et tocotriénols.	84
Fig. II-6 : Principaux alcools triterpéniques tétracycliques.....	87
Fig. II-7 : Principaux alcools triterpéniques pentacycliques (Noyau E à cinq éléments).	88
Fig. II-8 : Principaux alcools triterpéniques pentacycliques (Noyau E à 6 éléments).	89

ANNEXES

ANNEXE 1 : ETUDE BOTANIQUE SOMMAIRE DE L'ORDRE DES PALMIERS.

GLOSSAIRE

A.

Acaule : dont la tige n'est pas apparente.

Adventives : se dit de racines croissant latéralement sur une tige ou des rameaux croissant sur une racine.

Albumen : tissu riche en réserves nutritives, qui avoisine la plantule chez certaines graines.

Apex : pointe, sommet d'un organe végétal.

B.

Baies monospermes : fruits sans noyau ne contenant qu'une seule graine ou noyau.

C.

Cupule : organe écailleux soutenant ou enveloppant les fruits des arbres.

D.

Dioïque : se dit des plantes qui ont des fleurs mâles et femelles sur des pieds séparés.

Drupe : fruit charnu ayant un noyau (abricot, cerise).

E.

Endocarpe : partie la plus interne du fruit.

Epicarpe : pellicule, peau qui recouvre un fruit.

G.

Glabre : dépourvu de poils.

I.

Inerme : qui n'a ni aiguillon, ni épines.

L.

Limbe : partie principale, élargie et étalée de la feuille.

M.

Mésocarpe : zone médiane d'un fruit, entre l'épicarpe et le noyau ou les graines, charnue et sucrée chez les fruits comestibles.

Monoïque : se dit d'une plante à fleurs unisexuées mais où chaque pied porte des fleurs mâles et des fleurs femelles.

P.

Penné : dont les nervures sont disposées de part et d'autre d'un pétiole commun, comme les barbes d'une plume.

Péricarpe : partie du fruit qui entoure et protège la graine. L'épicarpe + le mésocarpe + endocarpe = péricarpe.

Pétiole : partie rétrécie reliant le limbe d'une feuille à l'autre.

Phénologie : Etude de l'influence des climats sur les phénomènes biologiques saisonniers végétaux et animaux.

Pneumatophore : organe respiratoire chez les végétaux vivant dans l'eau.

R.

Rachis : partie centrale de l'épi.

S.

Spadice : réunion de fleurs groupées en épis. Inflorescence constituée par un épi enveloppé dans une bractée qu'on rencontre chez les palmiers et les arums.

Stigmate : partie supérieure du pistil, qui reçoit le pollen.

Stipe : tronc non ramifié, recouvert par les cicatrices des feuilles.